



Jilid XIV, Nomor 1, Juni 2026

ISSN 2354-7251 (print)
ISSN 2549-7383 (online)

Jurnal Pertanian Terpadu

Jpt.

**Diterbitkan Oleh:
Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur**

Terakreditasi Nasional Peringkat 3

Keputusan Direktur Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi,
Sains, dan Teknologi Nomor 10/C/C3/DT.05.00/2025

Jpt.	Jilid XIV	Nomor 1	Hal. 1-178	Sangatta	ISSN 2354-7251 (print) ISSN 2549-7383(online)
------	--------------	------------	---------------	----------	--

TIM DEWAN REDAKSI

Jpt. Jurnal Pertanian Terpadu

Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

Jilid XIII, Nomor 1, Juni 2025

Terakreditasi Nasional Peringkat 3

Surat Keputusan Direktur Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Nomor 10/C/C3/DT.05.00/2025 tentang Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2025 tanggal 21 Maret 2025

Editor in Chief	:	Dr. Suharlina, S.Pt., M.Si
Editor	:	Prof. Dr. Ir. Endang Sulistyowati, M.Sc Dr. Ir. Rahmi Dianita, S.Pt., M.Sc. IPM. Hendrix Yulis Setiawan, STP., M.Si., Ph.D Istikomah, SP., MP. Ana Fitria, S.Pt., M.Si
Technical Editor	:	Dhani Aryanto, S.TP., MP Joko Krisbiyantoro, S.TP., MP. Benny Kurniawan, S.TP., M.Si

(Double blind peer review)

Didukung Oleh :

Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia, Komisariat Daerah Samarinda

Terindeks oleh:



Diperiksa Menggunakan :



Jpt. Jurnal Pertanian Terpadu

Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

Jilid XIII, Nomor 1, Juni 2025

Terakreditasi Nasional Peringkat 3

Surat Keputusan Direktur Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Nomor 10/C/C3/DT.05.00/2025 tentang Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2025 tanggal 21 Maret 2025

DAFTAR ISI

Formulasi Edible Film dari Semi Refined Carrageenan Kappaphycus alvarezii dengan Pengemulsi CMC. Andika Hidayat, Christine Dyta Nugraeni, Happy Bunga Nasyirahul Sajidah, Dena Pramita Dewi, Gazali Salim, Reni Tri Cahyani	1-10
Pengaruh Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok (<i>Citrus reticulata</i>) Terhadap Karakteristik Fisikokimia Selai Lembaran Kulit Pisang Kepok (<i>Musa paradisiaca</i>). Suparno Suparno, Evi Faridawaty, Wijantri Kusumadati, Theresia Novita Sari, Devi Fatmawati, Arief Rahman	11-22
Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi Dalam Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim Di Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo. Bena Azizah, Mirza Andrian Syah, Mubarakah Mubarakah	23-32
Aplikasi Mikrobial Simbiotik Dalam Meningkatkan Keberhasilan Aklimatisasi Planlet Anggrek. Heny Alpandari, Winda Widyastuti, Luki Nurlaili ..	33-44
Peran Modal Sosial Pada Kelompok Wanita Tani (KWT) Tunas Subur Di Desa Salimbatu Kabupaten Bulungan. Nia Kurniasih Suryana, Zulhafandi Zulhafandi	45-54
Keanekaragaman, Dominansi, dan Distribusi Lebah Tanpa Sengat (<i>Meliponini</i>) Pada Berbagai Tipe Habitat Di Desa Karang Hilir, Kabupaten Kutai Timur. Arbain Arbain, Mufti Perwira Putra, Veronika Murtinah	55-64
Bioekologi Potensi Pemanfaatan Cendawan <i>Beauveria bassiana</i> di Lahan Pertanaman Kacang Panjang dan Bawang Merah dalam Mengendalikan Hama Terinventarisasi. Dimas Ganda Permana Putra, Zenita Afifah Fitriyani, Mega Darmi Novita, Sri Purwanti	65-76
Respon Pertumbuhan Miselium Jamur Tiram Kuning (<i>Pleurotus citrinopileatus</i>) Terhadap Berbagai Formulasi Media Baglog. Thomas Yoga Prasetya Susilo, Ruth Meike Jayanti	77-86
Pengembangan Komoditi Unggulan Pertanian dalam Perspektif Digital Marketing di Kecamatan Ganding. Anis Kurli, Rillia Aisyah Haris, Fauzi Helmi, Hidayat Hidayat, Deni Fardiansyah Putra	87-98
Analisis Indeks Kualitas Tanah pada Perkebunan Jeruk di Distrik Teluk Kimi Nabire, Papua Tengah. Ishak Musaad, Amin Mbusango	99-110
Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Gambir (<i>Uncaria gambir</i> Roxb.) di Kabupaten Lima Puluh Kota. Diana Putri, Ankardiansyah Pandu Pradana, Arifda Ayu Swastini Waruwu	111-120
Parameter Genetik, Analisis Lintas Komponen Agronomi dan Hasil untuk Seleksi Dini Gandum Tropis. Yuniel Melvanolo Zandrato, Theresa Dwi Kurnia, Grafen Febrich Panarai	121-134

Pertumbuhan Benih Bungli (<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Kurz) Melalui Diferensiasi Ukuran Biji. Agung Kurnia, Rahmi Dianita, Yun Alwi, Henny H, M Gilang Ramadhani, Wirat Prayoga	135-144
Pengaruh Kelas Lereng terhadap Karakteristik Kimia Tanah Ultisol dan Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Dian Triadiawarman, Veronika Murtinah, Amprin Amprin	145-156
Dekomposisi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms) Menggunakan Bioaktivator, Maggot, dan Vermikompos untuk Pertanian Organik Berkelanjutan. Encik Akhmad Syaifudin, Ni'matuljannah Akhsan, Suryana Suryana, Akmal Alisyahbana, Syah Fiqri Farizki	157-168
Komponen Utama Kesuburan Perairan Tambak Di Desa Pondong Baru Dengan Menggunakan Nilai Spektral Citra Drone. Ismail Fahmy Almadi, Muhammad Yusuf Ramadhan, Andi Nikhlani	169-178

Formulasi *Edible Film* dari *Semi Refined Carrageenan Kappaphycus alvarezii* dengan Pengemulsi CMC

Andika Hidayat¹, Christine Dyta Nugraeni^{1*}, Happy Bunga Nasyirahul Sajidah²,
Dena Pramita Dewi³, Gazali Salim⁴, Reni Tri Cahyani¹

¹ Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1, Tarakan - Kalimantan Utara 77115

² Program Studi Kimia, Fakultas Ilmu Komputer dan Sains, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Jend. Sudirman Km.4 No. 62, Kota Palembang - Sumatera Selatan 30129

³ Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1, Tarakan - Kalimantan Utara 77115

⁴ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1, Tarakan - Kalimantan Utara 77115

Email: chdyta@borneo.ac.id

Submit : 13-08-2025

Revisi : 20-04-2026

Diterima : 08-05-2026

ABSTRACT

Plastic waste is a serious environmental problem due to its non-biodegradable nature and its persistence in the environment for hundreds to thousands of years. Seaweed-based biopolymer edible films are considered a promising biodegradable packaging alternative to replace conventional plastics. This study aimed to characterize the physical properties of edible films formulated from semi-refined carrageenan (SRC) extracted from Kappaphycus alvarezii seaweed with the addition of carboxymethyl cellulose (CMC) as an emulsifier at concentrations of 0.1%, 0.3%, and 0.5% (b/v), while glycerin was used as a plasticizer. Physical characterization was conducted through tensile strength, elongation, solubility, moisture content, and thickness tests. The results showed that increasing CMC concentration progressively increased tensile strength (10.16–13.76 MPa), solubility (80.55–94.44%), and thickness (0.04–0.091 mm), whereas the highest elongation value was obtained at 0.3% CMC with 34.62%, and moisture content decreased as CMC concentration increased (21.78–26.73%). Evaluation based on the Japanese Industrial Standard (JIS) showed that all edible film formulations met the requirements for tensile strength (minimum 0.39 MPa) and thickness (maximum 0.25 mm). However, the elongation values (25.49–34.62%) did not meet the minimum JIS standard of 70%. Therefore, further optimization of the plasticizer formulation is required to improve the flexibility of the film for food packaging applications.

Keywords: Biodegradable packaging, Carrageenan, Edible film, Emulsifier, *Kappaphycus alvarezii*

ABSTRAK

Limbah plastik merupakan permasalahan lingkungan yang serius akibat sifatnya yang tidak dapat terurai secara biologis dan bertahan di lingkungan selama ratusan hingga ribuan tahun. *Edible film* yang berbahan dasar biopolimer dari rumput laut merupakan alternatif kemasan *biodegradable* yang menjanjikan sebagai pengganti plastik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sifat fisik edible film yang diformulasikan dari *semi refined carrageenan* (SRC) hasil ekstraksi rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) sebagai pengemulsi pada konsentrasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5% (b/v) serta gliserin sebagai *plasticizer*. Karakterisasi fisik dilakukan melalui pengujian kuat tarik, perpanjangan, kelarutan, kadar air, dan ketebalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC secara progresif meningkatkan kuat tarik (10,16–13,76 MPa), kelarutan (80,55–94,44%), dan ketebalan (0,04–0,091 mm), sedangkan perpanjangan mencapai nilai tertinggi pada CMC 0,3% sebesar 34,62% dan kadar air menurun seiring peningkatan konsentrasi CMC (21,78–26,73%).

Evaluasi terhadap *Japanese Industrial Standard* (JIS) menunjukkan bahwa *edible film* yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan kuat tarik (minimum 0,39 MPa) dan ketebalan (maksimum 0,25 mm) pada seluruh variasi konsentrasi CMC sedangkan nilai perpanjangan (25,49–34,62%) tidak memenuhi ambang batas minimum JIS sebesar 70%. Optimasi formulasi *plasticizer* lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas film sebagai bahan kemasan pangan.

Kata kunci: *Edible film*, *Kappaphycus alvarezii*, Karagenan, Kemasan *biodegradable*, Pengemulsi

1 Pendahuluan

Plastik merupakan material yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia modern, namun keberadaannya justru menimbulkan krisis lingkungan yang semakin mengkhawatirkan. Menurut laporan Jambeck Research Group pada 2015, Indonesia menempati peringkat kedua setelah China dalam kontribusi sampah plastik ke laut, dengan estimasi sekitar 3,2 juta ton sampah plastik per tahun, dan sekitar 640.000–1,29 juta ton berakhir di laut (Putra et al., 2024). Pada tahun 2024, total sampah plastik di Indonesia mencapai 307,37 juta ton (KLH, 2025). Plastik konvensional bersifat *non-biodegradable*, dimana mikroorganisme tidak mampu menguraikannya. Plastik konvensional membutuhkan waktu 100 hingga 1.000 tahun hingga dapat terdegradasi dengan sempurna (Admin DLH, 2021).

Berbagai langkah alternatif telah diterapkan untuk mengatasi peningkatan ancaman dari masalah limbah plastik. Ini mencakup penelusuran opsi pengganti plastik yang berasal dari sumber tanaman seperti selulosa, lignin, dan pati. Plastik yang dibuat dari bahan organik seperti karbohidrat dan pati akan lebih mudah terurai. Zat organik tersebut memiliki sifat terbarukan dan dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme, berbeda dengan plastik biasa yang kerap digunakan (Sari et al., 2021). Reaksi enzimatis mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dapat mempercepat proses penguraian dari plastik jenis organik. (Intandiana et al., 2019). Salah satu metode untuk menciptakan plastik yang berfungsi sebagai kemasan makanan yang aman dan dapat terurai adalah dengan menggunakan kemasan *edible film* (Ismaya et al., 2020).

Alga biasanya dimanfaatkan dalam bentuk serbuk kering dan dimanfaatkan menjadi *Edible film* yang dapat digunakan sebagai solusi untuk mengganti plastik sehingga dapat mengurangi masalah sampah plastik (Nugraeni et al., 2025). Karakteristik fisik yang dianalisis dan diperhatikan pada *edible film* adalah ketebalan, kadar air, kemampuan larut, transparansi, dan daya tembus uap air. Ciri-ciri fisik merupakan faktor penentu kualitas sebuah film yang dapat dikonsumsi, yang merupakan salah satu ciri khasnya. *Edible film* dengan kualitas tinggi harus memiliki karakteristik yang serupa dengan kemasan plastik bening.

Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa film atau pelapis yang bisa dimakan berfungsi sebagai bahan pelapis untuk mencegah kecoklatan, bahan antibakteri, pewarna,

rasa, nutrisi, dan bumbu (Distantina et al., 2018). Beberapa penelitian tentang pembuatan *edible film* dari alga yang telah dilaksanakan diantaranya untuk diterapkan pada burger ikan segar (Albertos et al., 2019), penggunaan alga coklat *Laminaria japonica* dan *Sargassum* dengan nanoselulosa dalam film nanokomposit (Doh & Whiteside, 2020), film yang terbuat dari *pulp Gac* (*Momordica cochinchinensis*) merupakan hasil sampingan dari produksi minyak Gac (Tran et al., 2020) dan *Kappaphycus alvarezii* (Sajidah et al., 2025).

Penelitian Simon et al., (2025), tentang pembuatan edible film dengan asam malat sebagai plastizicer masih memiliki kekurangan pada elongasi belum memenuhi kriteria baik (<50%) standar *Japanese Industrial Standard* (JIS). Azwar et al., (2022), menambahkan bahwa *Carboxy Methyl Cellulosa* (CMC) dapat dijadikan sebagai *emulsifier* karena mempunyai sifat gelasi yang dapat meningkatkan karakteristik mekanis *edible film*. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas fisik *edible film* dari *Semi Refined Carrageenan* (SRC) dengan penambahan pengemulsi CMC sebagai *plastizicer*.

2 Metodologi

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini meliputi rumput laut *Kappaphycus alvarezii* kering, KOH (*EMSURE*), gliserin (*EMSURE*), akuades (*Waterone*), kertas saring (*Whatman*), serta kertas pH indikator. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Oven (*Memmert*), desikator (*Valumfest*), *hot plate* (*IKA C-MAG HS4*), timbangan analitik (*AND GF-6100*), blender (*Panasonic*), *Tensile Strain Tester* (*Zwick Roell*), *dehidrator*, gelas beker (*Schott Duran*) dan peralatan gelas lainnya.

Pembuatan *Semi Refined Carageenan*

Proses pembuatan tepung SRC mengacu pada Andika (2023), dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 50 gram rumput laut kering direndam dalam larutan KOH 8% selama 2-3 jam. Perendaman atau pemasakan dilakukan dalam gelas piala pada suhu 80°C dengan rasio sampel dan pelarut 1:10 (b/v). Setelah proses pengolahan dengan KOH selesai, rumput laut diangkat dan dicuci. Pencucian diulang dengan menggunakan akuades hingga pH netral atau 7, kemudian rumput laut ditiriskan dan dipotong kecil menjadi ukuran 3 cm agar proses pengeringan lebih efisien. Pengeringan dilakukan dibawah sinar matahari sampai berat sampel stabil, kemudian sampel dihaluskan dengan blender dan disaring menggunakan ayakan.

Pembuatan *Edible Film*

Pembuatan *edible film* berbasis SRC mengacu pada Andika, (2023), dengan konsentrasi SRC yang digunakan yaitu 1,25%(b/v). Proses dimulai dengan mencampurkan 100 mL akuades dalam 1,25%(b/v) ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya campuran dipanaskan dan diaduk menggunakan *hot plate* dan stirrer hingga suhu mencapai 60°C

selama 45 menit, lalu ditambahkan gliserol sebanyak 0,5%(b/v) dan karboksimetil selulosa dengan konsentrasi 0,1; 0,3; dan 0,5% (b/v) dari volume larutan, kemudian dipanaskan kembali selama 10-15 menit. Larutan selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan silikon berbentuk lingkaran berdiameter 18 cm, lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 65°C selama 14 jam, setelah itu *edible film* dikeluarkan dari cetakan.

Uji Fisik *Edible Film*

Uji fisik *edible film* dilakukan dengan uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan menggunakan alat *tensile strength* (Anindito et al., 2012), uji kelarutan (Gontard et al., 1993), uji kadar air dengan menerapkan prosedur (AOAC, 2019), serta uji ketebalan (Akili et al., 2012).

3 Hasil dan Pembahasan

Kuat Tarik

Kekuatan tarik pada *edible film* sangat berpengaruh terhadap tingkat kekuatan bahan yang diuji, pengujian tarik dan perpanjangan dapat dilakukan untuk mengukur elastisitas plastik (Qotimah et al., 2020). *Edible film* merupakan lembaran tipis dengan sifat fleksibel, transparan, aman untuk dimakan, dan dapat berfungsi sebagai kemasan makanan. *Edible film* yang menggunakan *plasticizer* dapat dibuat dari karagenan, yakni hidrokoloid yang berasal dari rumput laut. Konsentrasi karagenan, kadar gliserol, serta suhu pemanasan dapat memengaruhi sifat fisik dari *edible film*. Kuat tarik merupakan salah satu sifat fisik yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari *edible film*. Hasil uji kuat tarik *edible film* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tarik *Edible Film*

<i>Edible Film</i> (% CMC)	Nilai rata-rata kuat tarik (Mpa)	JIS (<i>Japanese Industrial Standard</i>)
0,0	11,11 ± 3,87	Minimal 0,39 MPa
0,1	10,16 ± 2,36	
0,3	11,96 ± 4,64	
0,5	13,76 ± 1,87	

Uji kekuatan tarik *edible film* dari SRC dengan penambahan CMC sebesar 0,5% memperoleh hasil tertinggi sebesar 13,76 MPa, sedangkan 0,1% CMC mendapatkan nilai terendah sebesar 10,16 MPa (Tabel 1). Hasil tersebut telah sesuai dengan standar JIS dengan nilai 0,39 MPa. Hasil kuat tarik yang semakin tinggi tersebut dapat dihasilkan dari penambahan CMC. Konsentrasi CMC meningkatkan kuat tarik dimana rantai polimer yang saling mengikat untuk membentuk jaringan yang dapat memobilisasi air dan menciptakan struktur yang kaku dan kuat. CMC termasuk dalam polisakarida yang dapat menjadikan kemasan *edible film* semakin padat (Syahputra et al., 2022; Gozali et al., 2020). Penambahan CMC juga berhubungan dengan kemampuannya untuk membentuk ikatan silang rantai polimer yang bersifat kuat dan kaku (Suryadri et al., 2020).

Perpanjangan

Rasio perubahan panjang dari film dapat diketahui dengan menarik film hingga putus. Perubahan panjang ini untuk mengetahui sejauh mana film dapat memanjang atau biasa disebut perpanjangan atau elongasi. Nilai elongasi yang semakin besar, maka fleksibilitas *edible film* juga semakin besar. *Edible film* yang telah dipotong sesuai spesifikasi alat lalu dipasang pada pengait alat *Tensile Strain Tester* untuk mengukur penambahan panjang yang terjadi pada *film* tersebut. Ukuran pemanjangan *film* akan terdeteksi pada alat (Handayani & Nurzanah,2018).

Tabel 2. Hasil Perpanjangan <i>Edible Film</i>		
<i>Edible Film</i> (% CMC)	Nilai rata-rata Perpanjangan (%)	JIS (<i>Japanese Industrial Standard</i>)
0,0	11.11± 3.87	Minimal 70%
0,1	25.49± 9.54	
0,3	34.62± 4.17	
0,5	32.33± 6.51	

Edible film dengan penambahan CMC (0,3%), menunjukkan nilai perpanjangan tertinggi sebesar 34,62% sedangkan *edible film* dengan penambahan CMC (0,1%) memperoleh nilai perpanjangan terendah sebesar 25,49% (Tabel 2). Hasil uji kuat tarik perpanjangan menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi CMC yang ditambahkan hingga mencapai CMC (0,3%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa *edible film* tidak dapat mencapai JIS dengan nilai minimum 70%. CMC memiliki kadar kekuatan gel yang tinggi, sehingga penggunaan dalam jumlah besar akan meningkatkan kemampuan mengikat air yang lebih baik. Matriks gel yang terbentuk dapat meningkatkan persentase perpanjangan dari *edible film*. Film yang mempunyai nilai perpanjangan tinggi, maka fleksibilitasnya juga akan tinggi (tidak mudah sobek). Konsentrasi *plasticizer* ditambahkan untuk perbaikan dalam mengurangi kerapuhan dan meningkatkan kelenturan plastik polimer.

CMC yang bersifat mudah dalam menyerap air (hidrofilik) dapat mengakibatkan pembengkakan. Viskositas akan meningkat dan larutan akan stabil sehigga semua partikel akan terperangkap dalam sistem dan menghambat proses pengendapan hingga komponen penyusun *edible film* mengering menjadi *film* yang padat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CMC memengaruhi presentase pemanjangan *edible film*. Hal ini sejalan dengan penelitian Ningsih et al., (2019) dan Prasetyo et al., (2024)., yang menyebutkan bahwa bertambahnya konsentrasi CMC mengakibatkan bertambahnya pemanjangan pada *biodegradable film* karena adanya *gel strength* CMC.

Edible film yang dihasilkan tidak memenuhi standar JIS untuk parameter perpanjangan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Simon et al. (2025), yang juga melaporkan bahwa *edible film* dengan *plasticizer* asam malat menghasilkan nilai elongasi di bawah 50% dan tidak memenuhi kriteria JIS. Rendahnya nilai perpanjangan berkaitan

erat dengan sifat intrinsik CMC yang menghasilkan struktur matriks film yang lebih kaku dan padat. Penambahan CMC mengindikasikan adanya hubungan berbanding terbalik antara kekakuan struktural dan fleksibilitas film. Penelitian Wahyu et al., (2025), menyatakan bahwa penggunaan campuran gliserol dan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat meningkatkan kuat tarik, kelarutan dalam air, ketebalan, laju transmisi uap air, dan elongasi edible film. Namun pada konsentrasi tertentu, penambahan *plasticizer* dapat menurunkan nilai elongasi edible film. Edible film terbaik diperoleh dengan menggunakan *plasticizer* 10% (v/m pati) dan gelatin 6 g.

Kelarutan

Kelarutan air berfungsi untuk meramalkan ketahanan edible film terhadap pengaruh air. Intensitas interaksi antara zat pelarut dan zat terlarut juga menentukan kelarutan. Kelarutan edible film adalah aspek yang sangat krusial dalam bahan kemasan. CMC merupakan komponen yang mudah larut dalam air (Gozali et al., 2020).

Tabel 3. Hasil Kelarutan *Edible Film*

<i>Edible Film</i> (% CMC)	Nilai rata-rata Kelarutan (%)
0	80,55± 17.35
0,1	80,55± 4.81
0,3	91,66± 14.43
0,5	94,44± 9.62

Kelarutan edible film dari SRC yang ditambahkan 0,5% CMC menunjukkan nilai tertinggi 94,44%, sementara kelarutan edible film dari *semi refined carrageenan* dengan penambahan 0,1% CMC mencapai nilai terendah sebesar 80,55% (Tabel 3). CMC yang ditambahkan dalam konsentrasi besar, maka kelarutannya juga semakin besar. CMC juga memiliki sifat hidrokoloid yang menyebabkan presentase kelarutan akan semakin tinggi (Anggraini et al., 2016). Sejalan dengan pendapat Intariani et al., (2022), bahwa selain sebagai penstabil dan pengental suatu bahan, CMC juga dapat meningkatkan kelarutan.

Uji Kadar Air

Tingkat kelembapan edible film berperan vital terhadap kestabilan produk yang dilindunginya. Setiap bahan makanan termasuk edible film, untuk mengurangi kelembapan produk yang memengaruhi kerusakan dan masa simpan, kadar air yang dimilikinya diharapkan rendah.

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Air *Edible Film*

<i>Edible Film</i> (% CMC)	Nilai rata-rata Kadar Air (%)
0	26,73
0,1	27
0,3	24
0,5	21,78

Kandungan air dari edible film yang menggunakan SRC tanpa CMC (0,0%) menghasilkan kadar air tertinggi sebesar 26,73%, sedangkan edible film dengan CMC (0,5%) menunjukkan kadar air terendah sebesar 21,78% (Tabel 4). Hasil data kadar air

menunjukkan bahwa *edible film* tanpa CMC memiliki kadar air paling tinggi dibandingkan variasi lainnya. Kadar air terendah pada konsentrasi *edible film* dengan CMC terbesar dikarenakan CMC telah mengikat air tersebut (Masrullita et al., 2021). Tingkat kandungan air pada *edible film* dipengaruhi oleh bahan dasar yang digunakan dalam pembuatannya.

Uji Ketebalan

Uji ketebalan *edible film* merupakan faktor penting yang menentukan kelayakan sebagai kemasan produk pangan. Ketebalan mempengaruhi kekuatan tarik, kelarutan, dan elongasi. Standar ketebalan *edible film* menurut JIS adalah maksimum 0,25mm.

Tabel 5. Hasil Uji Ketebalan *Edible Film*

<i>Edible Film</i> (% CMC)	Nilai rata-rata Ketebalan (mm)	JIS (<i>Japanese Industrial Standard</i>)
0	0.04± 0.002	Minimal 0,25 mm
0,1	0.082± 0.006	
0,3	0.091± 0.012	
0,5	0.090± 0.023	

Ketebalan *edible film* berdasarkan pada variasi konsentrasi CMC diperoleh bahwa peningkatan konsentrasi CMC cenderung meningkatkan ketebalan tetapi pada konsentrasi CMC 0,5% mengalami penurunan. Peningkatan ketebalan ini terjadi akibat pengaruh CMC yang mempunyai peranan dalam kelarutan air. Molekul CMC dapat mengisi ruang kosong atau celah matriks pada *edible film* yang menyebabkan peningkatan ketebalan. *Edible film* yang kuat mempunyai struktur yang rapat sehingga menahan migrasi gas dengan peningkatan ketebalan. Sementara itu, kuat tariknya berkurang seiring dengan ketebalan yang berfungsi sebagai pembagi dari tegangan maksimum dalam rumus yang digunakan untuk menentukan kuat Tarik (Fera, 2018).

4 Kesimpulan

Edible film berbasis SRC *Kappaphycus alvarezii* dengan penambahan CMC pada konsentrasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5% menghasilkan karakteristik fisik dengan nilai kuat tarik berkisar antara 10,16–13,76 MPa, perpanjangan 25,49%–34,62%, kelarutan 80,55%–94,44%, kadar air 21,78%–27%, dan ketebalan 0,04–0,091 mm. Peningkatan konsentrasi CMC secara konsisten meningkatkan nilai kuat tarik dan kelarutan, serta berpengaruh terhadap ketebalan dan kadar air *edible film*. Berdasarkan JIS, *edible film* yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan untuk parameter kuat tarik (minimum 0,39 MPa) dan ketebalan (maksimum 0,25 mm) pada seluruh variasi konsentrasi CMC, namun belum memenuhi pada parameter perpanjangan yang mensyaratkan nilai minimum 70%, di mana nilai tertinggi yang diperoleh hanya mencapai 34,62% pada konsentrasi CMC 0,3%. Optimasi lebih lanjut terkait formulasi plasticizer masih diperlukan guna meningkatkan fleksibilitas *edible film* agar dapat memenuhi keseluruhan parameter standar JIS sebagai kemasan pangan yang layak.

Daftar Pustaka

- Admin DLH. (2021). *Dampak Plastik Terhadap Lingkungan*. Dinas Lingkungan Hidup Kab Buleleng. <https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/85-dampak-plastik-terhadap-lingkungan>
- Akili, M. S., Ahmad, U., & Suyatma, N. E. (2012). Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 16(1), 39–46.
- Albertos, I., Martin-Diana, A. B., Burón, M., & Rico, D. (2019). Development of functional bio-based seaweed (*Himanthalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>
- Andika. (2023). *Pembuatan edible film Berbahasa Dasar Semi Refined Carageenan Dari Rumput Laut (Eucheuma Cottoni) Sebagai Pengemasan Serbuk Kopi* [Universitas Borneo Tarakan]. <https://repository.ubt.ac.id/flipbook/baca.php?bacalD=15089>
- Anggraini, D., Radiati, L., & Purwadi, P. (2016). Carboxymethyle Cellulose (CMC) Addition In Term of Taste, Aroma, Color, pH, Viscosity, and Turbidity of Apple Cider Honey Drink. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 11(1), 58–67. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2016.011.01.7>
- Anindito, K., & Handarkho, Y. D. (2022). The impact of personality trait and social experience on youngsters' intention to purchase impulsively from social commerce platforms. *Young Consumers*, 23(1), 53–71. <https://doi.org/10.1108/YC-02-2021-1284>
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21 ed.). AOAC International.
- Asih, H. M., & Fitriani, S. (2018). Penyusunan Standard Operating Procedure (SOP) Produksi Inovasi Ecobrick. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(2), 144. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i2.6832>
- Azwar, E., Asmara, P., & Darni, Y. (2022). Karakterisasi Edible Film Dari Pati Jagung Dengan Plastisizer Gliserol Dan Filler CMC Sebagai Bahan Pengemas Makanan. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri (JTII)*, 3(1). <https://doi.org/10.23960/jtii.v3i1.40>
- Distantina, S., Ayuni, N. N., & Yudha Sarjani, V. S. (2018). Karakter Edible Film Ulva lactuca-kitosan sebagai Pengemas Bumbu Mi Instan. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.26555/chemica.v5i1.9683>
- Doh, H., & Whiteside, W. S. (2020). Isolation of cellulose nanocrystals from brown seaweed, *SARGASSUM FLUITANS*, for development of alginate nanocomposite film. *POLYMER CRYSTALLIZATION*, 3(4). <https://doi.org/10.1002/pcr2.10133>
- Fera, M. (2018). Kualitas Fisik Edible Film Yang Diproduksi Dari Kombinasi Gelatin Kulit Domba dan Agar (*Gracilaria* sp). *Journal of Food and Life Sciences*, 2(1), 45–56. <https://doi.org/10.21776/ub.jfls.2018.002.01.05>
- Gontard, N., Guilbert, S., & Cuq, J. (1993). Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film. *Journal of Food Science*, 58(1), 206–211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x>
- Gozali, T., & Wijaya, W. P. (2020). Pengaruh Konsentrasi Cmc Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Packaging Kopi Instan Dari Pati Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *Pasundan Food Technology Journal*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.23969/pftj.v7i1.2690>

- Handayani, R., & Nurzanah, H. (2018). Karakteristik edible film pati talas dengan penambahan antimikroba dari minyak atsiri lengkuas. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), 1–11.
- Happy Bunga Naszirahul Sajidah, Christine Dyta Nugraeni, Reni Tri Cahyani, Dena Pramita Dewi, Nur Aisyah, Hafid, Gifal Fahrul Cholil M, Bella Nabila, & Andika Styawan. (2025). Analisis Proksimat Rumput Laut Kering *Kappaphycus alvarezii* dari Pantai Amal, Kabupaten Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Harpodon Borneo*, 18(1), 1–12.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 4(2), 185. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.5953>
- Intariani, N. P., Puspawati, G. A. K. D., & Wisaniyasa, N. W. (2022). Pengaruh Konsentrasi Carboxyl Methyl Cellulosa (CMC) Terhadap Karakteristik Bubuk Daun Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Dengan Metode Foam Mat Drying. *Itepa: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 11(4), 744–755.
- Ismaya, F. C., Fithriyah, N. H., & Hendrawati, T. Y. (2021). Pembuatan Dan Karakterisasi Edible Film Dari Nata De Coco dan Gliserol. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 81–88. <https://doi.org/10.24853/jurtek.13.1.81-88>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2025). *Statistik Lingkungan Hidup* (Vol. 1). Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup.
- Masrullita, Meriatna, Zulmiardi, Safriwardy, F., Auliani, & Nurlaila, R. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi (*Oryza Sativa* L.) Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan CMC (Carboximetil Cellulose). *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(2), 194–201. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.69569>
- Ningsih, E. P., Ariyani, D., & Sunardi, S. (2019). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 77–85. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-sun>
- Nugraeni, C. D., Cahyani, R. T., Dena Pramita Dewi, Hidayat, A., Zikrullah, M. A., Salim, G., & Sajidah, H. B. N. (2025). Edukasi Pembuatan Edible Film Berbahan Dasar Rumput Laut Sebagai Pengenalan Pengembangan Produk Pesisir di SMKN 3 Tarakan Kalimantan Utara. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kesosi*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.57213/abdimas.v8i2.262>
- Prasetyo, Y. E., -, Z., Nurainy, F., & -, S. (2024). Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Selulosa Kelobot Jagung (*Zea mays*) dengan Penambahan Gliserol Dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 3(1), 158–171. <https://doi.org/10.23960/jab.v3i1.9102>
- Putra, M. N. A., Zahrani, N. A., Zahra, T. A., Bella, B. C., Hariyadi, A. G., Fadhila, D. S., Abiyyu, S. A. A., Firdausi, R. R. K., Justicio, M. N., Albar, A. K., & Firmansyah, P. (2024). Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan. *Aktivisme: Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik dan Sosial Indonesia*, 2(1), 154–165. <https://doi.org/10.62383/aktivisme.v2i1.725>
- Qotimah, K., Dewi, E. N., & Purnamayati, L. (2020). Karakteristik mutu edible film karagenan dengan penambahan minyak atsiri bawang putih (*Allium sativum*) pada produk pasta ikan: Quality of Carrageenan Edible Film with Addition of Garlic (*Allium sativum*) Essential Oil. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i1.30542>
- Sari, M. W., & Nissa, B. K. (2023). Karakteristik Fisik Edible Film Dengan Variasi Pektin

- Kulit Pisang Tanduk Dan Minyak Atsiri Cengkeh. *CHEMPUBLISH JOURNAL*, 6(2), 118–131.
- Simon, A., Nugraeni, C. D., Cahyani, R. T., Sajidah, H. B. N., Dewi, D. P., & Salim, G. (2025). Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film Dari Semi Refined Carrageenan *Kappaphycus alvarezii* DENGAN Asam Malat Sebagai Plasticizer. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 10(2), 94–99.
- Suryadri, H. (2021). Perbandingan Penambahan CMC dan Sorbitol dengan Penambahan Gelatin dan Gliserol terhadap Edible Film yang Terbuat dari Limbah Cair Tahu. *CHEMPUBLISH JOURNAL*, 5(2), 93–104. <https://doi.org/10.22437/chp.v5i2.8872>
- Syahputra, S. Y., Agustina, R., & Putra, B. S. (2022). Kuat Tarik Edible Film Bahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Sorbitol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 464–471. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19598>
- Tran, T. T. B., Roach, P., Nguyen, M. H., Pristijono, P., & Vuong, Q. V. (2020). Development of biodegradable films based on seaweed polysaccharides and Gac pulp (*Momordica cochinchinensis*), the waste generated from Gac oil production. *Food Hydrocolloids*, 99, 105322. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105322>
- Wahyu, E., Nasution, H., & Harahap, H. (2025). Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Berbahan Dasar Limbah Kulit Kopi dengan Penambahan Gliserol dan Sorbitol sebagai Plasticizer. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 14(1), 27–35. <https://doi.org/10.32734/jtk.v14i1.15567>

Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Pada Selai Lembaran Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*)

**Suparno¹, Wijantri Kusumadati^{1*}, Devi Fatmawati², Theresia Novita Sari³
Evi Faridawaty¹, Arief Rahman⁴**

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Faperta UPR Kalimantan Tengah

² Program Studi Agribisnis, Faperta UPR Kalimantan Tengah

³ Alumni Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Faperta UPR Kalimantan Tengah

⁴ Program Studi Manajemen Perkebunan Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur

Email : wijantri@tip.upr.ac.id

Submit : 23-09-2025

Revisi : 25-04-2026

Diterima : 08-05-2026

ABSTRACT

Tangerine peel is a potential source of pectin in forming sheet jam gel in combination with kepok banana peel, resulting in attractive sheet jam. The study aimed to determine the impact of adding tangerine peel to kepok banana peel on the physicochemical quality of sheet jam. The results revealed that the addition of tangerine peel to kepok banana peel sheet jam significantly influenced its water content, pH, total soluble solids, crude fiber, methoxyl content, and total phenolics. The sheet jam with 0.5 gram tangerine peel pectin was identified as the best treatment, exhibiting a water content of 18.24%, pH 3.67, total soluble solids 21.30 °Brix, crude fiber 4.64%, methoxyl content 11.32%, and total phenolics 6.89 mg GAE/g, all of which are within the desirable range for sheet jam quality.

Keywords: *Kepok Banana Peel, Pectin, Sheet Jam, Tangerine Peel, Total Phenolics.*

ABSTRAK

Kulit jeruk keprok berpotensi sebagai sumber pektin untuk pembentukan gel selai lembaran ketika dikombinasikan dengan kulit pisang kepok, sehingga menghasilkan produk selai yang menarik. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi dampak penambahan pektin ekstrak kulit jeruk keprok terhadap karakteristik fisikokimia selai lembaran dari kulit pisang kepok. Hasil studi menunjukkan bahwa penambahan pektin tersebut secara signifikan memengaruhi kadar air, pH, total padatan terlarut, serat kasar, kadar metoksil, dan total fenolik. Perlakuan terbaik adalah penambahan 0,5 gram pektin kulit jeruk keprok, dengan karakteristik fisikokimia sebagai berikut: kadar air 18,24%, pH 3,67, total padatan terlarut 21,30 °Brix, serat kasar 4,64%, kadar metoksil 11,32%, dan total fenolik 6,89 mg GAE/g.

Kata kunci: Kulit Pisang Kepok, Kulit Jeruk Keprok, Pektin, Selai Lembaran, Total Fenolik

1 Pendahuluan

Program ketahanan pangan nasional dilakukan untuk memaksimalkan produksi dan konsumsi bahan pangan lokal sumber karbohidrat non beras dan non terigu yang menjadi prioritas pemerintah terutama dalam bidang diversifikasi. Program ini tidak terbatas pada penyediaan makanan yang bervariasi dan bernutrisi tinggi, melainkan juga semakin mempertimbangkan manfaatnya bagi kesehatan. Buah dan sayuran kaya akan serat makanan, mineral dan antioksidan (Umanailo et al., 2019). Peningkatan konsumsi buah dan sayuran merupakan strategi efektif untuk meningkatkan asupan antioksidan dan dapat

membantu mencegah penyakit kronis, terutama kanker dan penyakit kardiovaskular, anti hipertensi, antidiabetes, dan antiinflamasi (Pratiwi & Mumpuni, 2017; Rosalia, et al., 2022).

Pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) adalah varietas pisang khas daerah Kalimantan Tengah. Data dari Badan Pusat Statistik Kalimantan Tengah tahun 2022, mencatat produksi pisang di Kabupaten Seruyan menempati posisi ketiga terbesar di tingkat nasional dengan 4.976 ton, diikuti oleh Kabupaten Kotawaringin Timur (5.819 ton) dan Kotawaringin Barat (6.124 ton) (BPS Kalimantan Tengah, 2023). Konsumsi yang tinggi juga menghasilkan limbah berupa kulit pisang. Kulit pisang yang dihasilkan masyarakat kota Palangka Raya belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit tersebut dibuang sebagai sampah organik atau dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Kulit pisang kepok mengandung lemak 0,98%, protein 1,50%, serat 10,44%, abu 2,56%, air 69,45%, dan karbohidrat 25,35%, pati 11,94%, vitamin C kulit pisang masak sebesar 54,45 mg/100 g dan serat kasar $\pm 2\%$ (Proverawati et al., 2019). Kulit pisang kepok juga memiliki kandungan pektin 10,96%, bermetoksil rendah (3,53%-4,34%) dengan kadar galakturonat 45,06%-48,05% (Tuhuloula et al., 2013). Sifat pektin sebagai pembentuk gel, pengikat air, dan penstabil menjadikannya bahan fungsional yang bernilai tinggi (Trihaditia & Zaenudin, 2022). Kemampuannya membentuk gel bersama gula dan asam menjadi prinsip dasar pemanfaatannya dalam produk pangan seperti selai, biskuit, dan es krim (Angeline & Rukmini, 2025).

Selai lembaran adalah perubahan bentuk selai oles yang terbuat dari campuran bubur buah lalu dibentuk dalam wujud lembaran (Silsia et al., 2022). Produk ini berbentuk semi-padat, dicetak sesuai ukuran roti tawar standar, sehingga memudahkan penggunaan, khususnya bagi konsumen roti yang sering mengonsumsinya (Apriantika & Juwitaningy, 2024). Kulit pisang kepok memiliki kandungan serat tidak larut tertinggi dibandingkan varietas pisang lainnya.

Rendahnya kadar pektin pada kulit pisang kepok menjadi salah satu kendala utama dalam pembentukan tekstur selai lembaran, mengingat pektin berperan penting sebagai agen pembentuk gel yang menentukan kekompakan, elastisitas, serta kemampuan produk untuk dicetak dan dipotong sesuai bentuk yang diinginkan. Penambahan pektin kulit jeruk keprok yang mengandung pektin sebesar 13,86% (Rahmanda et al., 2021) diharapkan mampu memperbaiki sifat fisikokimia selai lembaran kulit pisang kepok. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi ilmiah mengenai kualitas selai lembaran yang dihasilkan dari tepung kulit pisang kepok dengan penambahan pektin kulit jeruk keprok, sekaligus menjadi referensi bagi instansi terkait dalam memperkuat program ketahanan pangan melalui upaya diversifikasi olahan dan konsumsi pangan berbasis limbah agroindustri.

2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan sejak September hingga Desember 2023. Kegiatan ini berlangsung di Laboratorium Teknologi Industri Pertanian Universitas Palangka Raya, Laboratorium Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya, dan Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Kalimantan Selatan.

Bahan utama yang digunakan adalah kulit pisang kepok kuning, pektin ekstrak kulit jeruk keprok, sukrosa atau gula pasir, air, asam sitrat, serta aluminium foil. Peralatan untuk pembuatan selai lembaran terdiri dari timbangan analitik, blender, pisau, gunting, aluminium foil, sendok, baskom plastik, pengaduk, saringan, loyang, kompor gas dan kualiti, cawan porselen, labu ukur, desikator, oven, pH meter, erlenmeyer, pipet, corong, plastik polipropilen, hand refractometer, wadah, kemasan plastik, kertas label, kertas tes organoleptik, dan kamera dokumentasi.

Desain penelitian mengadopsi Rancangan Acak Kelompok dengan satu faktor, yaitu penambahan ekstrak pektin kulit jeruk keprok pada selai lembaran kulit pisang kepok. Terdapat lima tingkat perlakuan dengan masing-masing lima ulangan, yakni P1 (0,1 g pektin), P2 (0,2 g pektin), P3 (0,3 g pektin), P4 (0,4 g pektin), dan P5 (0,5 g pektin kulit jeruk keprok). Parameter yang diukur mencakup kadar air (metode oven), pH, kadar serat kasar, total padatan terlarut, kadar metoksil, dan total fenolik (Dharmawan et al., 2023).

3 Hasil dan Pembahasan

Kadar Air

Analisis kadar air digunakan untuk menentukan volume dalam bahan pangan yang dinyatakan dalam persentase (Lindani, 2016). Kadar air yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan bakteri, khamir, dan kapang sehingga menurunkan mutu dan mempercepat pembusukan bahan pangan (Widyaswara & Sembiring, 2021). Nilai rata-rata kadar air selai lembaran kulit pisang kepok (Tabel 1), menunjukkan perlakuan pektin kulit jeruk keprok (P) berpengaruh nyata terhadap kadar air selai lembaran kulit pisang kepok. Semua perlakuan memenuhi standar kadar air 35% (SNI 3746:2008), sedangkan kadar air *fruit leather* (menyerupai selai lembaran) sebesar 10-20% (Kurnia et al., 2021; Herlina et al., 2020). Perlakuan P₅ memiliki rerta kadar air $18,24 \pm 0,05$ % dan memenuhi syarat batas kadar air untuk *fruit leather*.

Tabel 1. Hasil Uji Rata-Rata Kadar Air Selai Lembaran Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata (%)
P ₁	25,27 ± 0,03 ^a
P ₂	24,65 ± 0,01 ^a
P ₃	22,08 ± 0,03 ^b
P ₄	20,68 ± 0,02 ^b
P ₅	18,24 ± 0,05 ^c
BNJ 5%	1,96

Keterangan: Angka dengan huruf serupa dalam kolom yang sama menandakan tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%..

Pengukuran kadar air pada selai lembaran menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi pektin yang ditambahkan, semakin rendah kadar air yang dihasilkan. Penambahan pektin yang semakin besar menyebabkan penurunan kadar air pada selai lembaran kulit dari pisang kepok. Pektin efektif mengikat air bebas pada bahan, sehingga kadar air selai lembaran berkurang. Penambahan 1% pektin menghasilkan kadar air 12,2-14,2% (Mas'ula & Palupi, 2018). Pektin dengan konsentrasi 2% merupakan hidrokoloid yang menghasilkan selai lembaran dengan karakteristik sensori terbaik memiliki hasil skor kesukaan tekstur 3,313 (suka) dan skoring tekstur 3,425 (kompak dan plastis), aroma 3,133 (suka), warna 3,040 (suka), rasa 3,193 (suka), penerimaan keseluruhan 3,733 (sangat suka), kadar udara 10,87%, vitamin C 0,9725 mg/g, kekerasan (kekerasan) 601,25 gf, kohesif (kekompakan) 0,815 dan springiness (kekenyalan) 2,85 mm. (Ningtias et al, 2024).

Derajat Keasaman (pH)

pH memiliki peran penting dalam pembentukan gel pektin yang menentukan tekstur selai lembaran. Pektin dapat membentuk gel secara optimal pada kondisi pH asam yang memungkinkan ikatan hidrogen antar molekul pektin terbentuk dan menghasilkan jaringan gel yang kuat. pH asam pada selai juga berfungsi sebagai pengawet alami, karena dapat menghambat pertumbuhan sebagian besar bakteri pembusuk dan turut memperpanjang umur simpan produk (Mailoa et al., 2024). pH terlalu tinggi (mendekati netral), gel akan lemah atau tidak terbentuk sama sekali; sebaliknya jika pH terlalu rendah (terlalu asam), gel dapat menjadi rapuh atau justru mengalami sineresis atau keluarnya cairan dari gel (Mas'ula & Palupi, 2018).

Perlakuan penambahan pektin ekstrak kulit jeruk kepok secara signifikan mempengaruhi pH selai lembaran kulit pisang kepok (Tabel 2). Rata-rata pH optimal diperoleh pada perlakuan P₅ dengan nilai terendah 3,67 ± 0,03 dibandingkan perlakuan lain. Penurunan pH seiring dengan peningkatan penambahan pektin diduga disebabkan oleh sifat asam pektin akibat keberadaan gugus karboksilat. Pektin adalah senyawa polisakarida kompleks yang dapat mengalami hidrolisis, menghasilkan asam pektat dan asam pektinat. Kelompok senyawa pektin secara umum mencakup protopektin, asam pektinat (pektin), dan asam pektat (Maulida et al., 2023).

Tabel 2. Hasil Uji Rata-Rata pH Selai Lembaran Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata
P ₁	5,24 ± 0,02 ^a
P ₂	4,76 ± 0,01 ^{ab}
P ₃	4,03 ± 0,03 ^b
P ₄	3,98 ± 0,04 ^b
P ₅	3,67 ± 0,03 ^b
BNJ 5%	0,98

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Penambahan pektin 1% menghasilkan pH selai jahe antara 4,2-4,7 (Mas'ula & Palupi, 2018). Menurut Amelia et al., (2016) penambahan konsentrasi pektin akan menyebabkan penurunan pH. Proses hidrolisis pektin saat pembuatan selai menghasilkan asam pektat serta asam pektinat, semakin banyak pektin yang ditambahkan akan mengakibatkan pH turun.

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut berperan sebagai indikator utama nilai gizi suatu produk. Indikator ini dimanfaatkan untuk menilai kandungan gula dalam sampel. Elemen-elemen seperti total gula, protein, dan asam organik dalam produk dapat dideteksi melalui pengukuran total padatan terlarut. Pektin mempengaruhi total padatan terlarut karena membentuk larutan koloidal di air sepanjang proses pematangan buah (Junior et al., 2020). Analisis total padatan terlarut diuji guna menentukan jumlah keseluruhan zat organik maupun anorganik yang ada pada selai lembaran kulit pisang kepok. Semakin tinggi jumlah zat padat dalam makanan atau minuman, semakin besar pula nilai total padatan terlarutnya (Istianah et al., 2019). Kandungan total padatan terlarut mencerminkan keberadaan pati yang mengandung sukrosa, fruktosa, dan glukosa didalamnya (Kusumiyati et al., 2018).

Perlakuan pektin kulit jeruk kepok (P) secara signifikan memengaruhi total padatan terlarut pada selai lembaran kulit pisang kepok (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Uji Rata-Rata Total Padatan Terlarut Selai Lembaran Kulit Pisang dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata (°Brix)
P ₁	15,14 ± 0,01 ^a
P ₂	17,64 ± 0,03 ^{ab}
P ₃	18,84 ± 0,05 ^{bc}
P ₄	19,16 ± 0,04 ^{bc}
P ₅	21,30 ± 0,02 ^c
BNJ 5%	2,65

Keterangan: Angka dengan huruf serupa dalam kolom yang sama menandakan tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Konsentrasi total padatan terlarut selai lembaran kulit pisang kepok menggunakan ekstrak pektin kulit jeruk kepok berkisar antara 15,14 hingga 21,30 °Brix. Nilai puncak dicapai pada perlakuan P₅ (0,5 g pektin kulit jeruk kepok) yakni 21,30 °Brix, sementara nilai terendah ada pada perlakuan P₁ (0,1 g pektin kulit jeruk kepok) sebesar 15,14 °Brix.

Penambahan pektin memengaruhi total padatan terlarut selai lembaran kulit pisang kapok namun masih dibawah ketentuan SNI minimal 65%. Tingkat kematangan buah turut menentukan volume padatan terlarut di selai lembaran. Semakin matang buahnya, semakin banyak gula yang terdapat di dalamnya, yang secara nyata mempengaruhi total padatan terlarutnya (Aline et al., 2023).

Kadar Serat Kasar

Serat kasar bertujuan untuk menjaga kekenyalan dalam selai lembaran yang memberikan tekstur sehingga dapat menjaga kualitas dan struktur selai lembaran. Perlakuan pektin kulit jeruk keprok berpengaruh nyata terhadap serat kasar pada selai lembaran kulit pisang kepok (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji Rata-Rata Serat kasar Selai Lembaran Kulit Pisang dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata (%)
P ₁	1,54 ± 0,02 ^a
P ₂	1,89 ± 0,03 ^{ab}
P ₃	3,11 ± 0,05 ^b
P ₄	3,45 ± 0,04 ^{bc}
P ₅	4,64 ± 0,02 ^c
BNJ 5%	1,52

Keterangan: Angka dengan huruf serupa dalam kolom yang sama menandakan tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Analisis kadar serat kasar mengindikasikan bahwa tambahan pektin yang lebih besar menghasilkan kadar serat kasar yang lebih tinggi. Menurut Damanik & Pandia (2019), yang menyatakan pektin sebagai bagian polisakarida penyusun serat, berada bersama selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada dinding sel tanaman. Pektin berfungsi untuk mempertahankan kestabilan jaringan dan sel. Penambahan pektin yang semakin banyak pada produk pangan meningkatkan kadar serat secara keseluruhan (Hidayah et al., 2020). Prasetyo (2020), menyebutkan bahwa agar-agar sebagai hidrokoloid berfungsi sebagai penstabil dan pembentuk gel yang kaya serat pangan, sehingga kadar serat kasar selai lembaran pun meningkat. Kadar serat pada selai lembaran hasil dari penelitian ini belum mencapai standar kualitas selai buah berdasarkan SNI 3746:2008, yakni rentang 1,37–2,26% untuk serat kasar.

Kadar Metoksil

Metoksil merujuk pada kandungan metanol dalam struktur pektin. Kadar metoksil pektin sangat berpengaruh terhadap karakteristik fungsional larutan pektin serta pembentukan struktur dan tekstur gelnya. Pektin dapat menghasilkan gel secara efektif apabila berat molekul, kadar metoksil, dan poligalakturonatnya berada pada tingkat tinggi. Pektin berkadar metoksil tinggi mampu membentuk gel bila dicampur dengan asam dan gula (Arimpi & Pandia, 2019). Perlakuan pektin ekstrak kulit jeruk keprok (P) secara signifikan memengaruhi kadar metoksil selai lembaran kulit pisang kapok (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Uji Rata-Rata kadar metoksil Selai Lembaran Kulit Pisang dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata (%)
P ₁	7,03 ± 0,04 ^a
P ₂	8,54 ± 0,05 ^{ab}
P ₃	8,79 ± 0,03 ^{ab}
P ₄	9,86 ± 0,06 ^{bc}
P ₅	11,32 ± 0,02 ^c
BNJ 5%	1,64

Keterangan: Angka dengan huruf serupa dalam kolom yang sama menandakan tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Hasil uji kadar metoksil selai lembaran kulit pisang kepek berkisaran 7,03- 11,32%. Semakin besar kandungan pektin dalam selai lembaran, semakin besar pula kadar metoksil yang didapatkan. Pektin pada penelitian ini merupakan tergolong *Low Methoxyl Pectin* dan *High Methoxyl Pectin*. Menurut standar mutu IPPA, 2003, menyatakan pektin dengan kadar metoksil rendah, yaitu pada kisaran 2,5–7,12%, termasuk dalam golongan pektin metoksil rendah (P₁). Sementara itu, nilai metoksil tertinggi diperoleh pada perlakuan P₅ (0,5 g pektin dari kulit jeruk keprok) sebesar 11,32%, yang menjadikannya pektin dengan kandungan metoksil di atas 7% sehingga tergolong pektin metoksil tinggi.

Pektin berkadar metoksil tinggi menciptakan struktur selai lembaran yang lebih rapat dan memperkuat sifat lengketnya. Kadar metoksil lebih tinggi pada produk akan meningkatkan potensi pembentukan gel dan kualitas akhirnya (Castillo-Israel et al., 2019). Kadar metoksil pektin turut membentuk karakteristik fungsional larutan serta tekstur dan bentuk gel (Latupeirissa et al., 2019).

Total Fenolik

Pengukuran total fenolik bertujuan mengidentifikasi kandungan senyawa fenol pada selai lembaran. Senyawa fenolik yang dicirikan oleh gugus hidroksil, merupakan kelompok zat paling umum ditemukan pada tanaman dengan variasi struktur dari fenol sederhana hingga kompleks atau terpolimerisasi. Polifenol adalah metabolit sekunder utama tanaman yang mencakup asam fenolat, melanin, kumarin, flavonoid, lignin, dan tanin (Septiani et al., 2018). Molekul polifenol kaya gugus fenol, memiliki rentang kelarutan luas, dan menyediakan fungsi biologis penting seperti pertahanan efektif dari stres oksidatif serta penyakit degeneratif (Diniyah et al., 2020). Perlakuan pektin dari kulit jeruk keprok (P) secara signifikan mempengaruhi total fenolik selai lembaran kulit pisang kepek (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Uji Rata-Rata total fenolik Selai Lembaran Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Pektin Kulit Jeruk Keprok

Perlakuan	Rata-rata (mg GAE/g)
P ₁	4,37 ± 0,06 ^a
P ₂	4,69 ± 0,02 ^a
P ₃	4,85 ± 0,03 ^a
P ₄	6,42 ± 0,04 ^b
P ₅	6,89 ± 0,02 ^b
BNJ 5%	1,48

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Peningkatan total fenolik pada selai lembaran disebabkan oleh kontribusi senyawa fenolik bawaan dari kedua bahan baku tersebut. Kulit pisang secara alami mengandung senyawa flavonoid dalam jumlah signifikan yang menjadi salah satu sumber fenolik utama pada produk olahan berbasis kulit pisang (Guerrero-Alva, 2019). Menurut Hasibuan et al., (2025), penambahan ekstrak kulit jeruk turut meningkatkan kadar fenolik total pada campuran. Penambahan proporsi kulit jeruk secara konsisten meningkatkan kadar fenol, antosianin, dan tanin pada ekstrak gabungan. Semakin tinggi proporsi pektin kulit jeruk keprok yang ditambahkan, semakin besar pula akumulasi senyawa fenolik total pada selai lembaran yang dihasilkan.

Tingginya kadar total fenolik pada selai lembaran kulit pisang kepok meningkatkan kualitas fungsional produk, terutama pada aspek aktivitas antioksidan. Senyawa fenolik memiliki kemampuan menangkap radikal bebas, sehingga kadar polifenol yang tinggi pada suatu produk pangan berbanding lurus dengan besarnya aktivitas antioksidan yang dimilikinya (Amarowicz & Shahidi, 2017; Diniyah et al., 2020). Selai lembaran kulit pisang kepok dengan penambahan pektin kulit jeruk keprok tidak hanya unggul dari aspek fisikokimia, tetapi juga memiliki nilai tambah sebagai pangan fungsional berkat kontribusi senyawa fenoliknya.

4 Kesimpulan

Penambahan pektin ekstrak kulit jeruk keprok berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter fisikokimia selai lembaran kulit pisang kepok yang diuji. Peningkatan konsentrasi pektin dari P₁ (0,1 g) hingga P₅ (0,5 g) secara konsisten menurunkan kadar air (25,27% menjadi 18,24%) dan nilai pH (5,24 menjadi 3,67), sementara total padatan terlarut (15,14 menjadi 21,30 °Brix), kadar serat kasar (1,54% menjadi 4,64%), kadar metoksil (7,03% menjadi 11,32%), dan total fenolik (4,37 menjadi 6,89 mg GAE/g) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi pektin. Berdasarkan keseluruhan parameter, perlakuan P₅ (penambahan 0,5 g pektin kulit jeruk keprok) menghasilkan selai lembaran kulit pisang kepok dengan karakteristik fisikokimia terbaik, dan menghasilkan kadar air sebesar 18,24 %, pH 3,67, total padatan terlarut 21,30 °Brix, serat kasar 4,64 %, kadar metoksil 11,32 %,

dan total fenolik 6,89 mg GAE/g. Pemanfaatan kombinasi kulit pisang kepok dan pektin kulit jeruk keprok terbukti mampu menghasilkan selai lembaran dengan kualitas fisikokimia dan fungsional yang baik, sekaligus menjadi alternatif diversifikasi pangan berbasis limbah agroindustri yang mendukung program ketahanan pangan nasional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf Laboratorium Teknologi Industri Pertanian Universitas Palangka Raya, Laboratorium Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya, dan Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Ucapan terima kasih juga diperuntukkan bagi seluruh pihak yang telah berperan serta memberikan bantuan dan sumbangan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aline, U., Bhattacharya, T., Faqeerzada, M. A., Kim, M. S., Baek, I., & Cho, B.-K. (2023). Advancement of non-destructive spectral measurements for the quality of major tropical fruits and vegetables: A review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1240361. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1240361>
- Amelia, O., Astuti, S., & Zulferiyenni. (2018). Pengaruh Penambahan Pektin dan Sukrosa Terhadap Sifat Kimiadan Sensori Selai Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.). *Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*.
- Amigoni, L., Stuknytė, M., Ciaramelli, C., Magoni, C., Bruni, I., De Noni, I., Airoldi, C., Regonesi, M. E., & Palmioli, A. (2017). Green coffee extract enhances oxidative stress resistance and delays aging in *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Functional Foods*, 33, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.056>
- Angeline, M., & Rukmini, E. (2025). *Panelists Acceptance of Ambon Banana Jam (Musa paradisiaca) and Ambon Banana Peels with the Addition of Blueberries (Vaccinium sect. Cyanococcus)*. 127–135. <https://doi.org/10.4028/p-w5Zt1l>
- Apriantika, S., & Juwitaningtyas, T. (2024). Physico-Chemical Characteristics of Dates Palm Sheet Jam (*Phoenix Dactylifera* L.) with Variations of Jackfruit Dami Pectin Extracts and CMC (Carboxymethyl Cellulose). *Agroindustrial Technology Journal*, 8(1), 88–104. <https://doi.org/10.21111/atj.v8i1.11556>
- Arimpi, A., & Pandia, S. (2019). Pembuatan Pektin Dari Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) Dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Sulfat (H_2SO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(1), 18–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i1.1602>
- BPS Kalimantan Tengah. (2023). *Kalimantan Tengah Dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik Prov. Kalimantan Tengah.
- Castillo-Israel, K. A. T., Amian, J. F. R., Garibay, Z. J. S., Leyeza, V. E. B., & Sarte, A. J. T. (2019). A Comparative Study On Characteristics Of Pectins From Various Fruit Peel Wastes Extracted Using Acid And Microbial Enzymes. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 9(2), 216–221. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.216-221>
- Damanik, A. D., & Pandia, S. (2019). Ekstraksi Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (*Citrus*

- sinensis) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Klorida (HCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 85–89. <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i2.2036>
- Dharmawan, D., Putriana, N. A., & Anggraeni, S. R. (2023). Kandungan Total Fenolik dan Nilai Sun Protection Factor Ekstrak Sargassum sp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 126–134. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.15934>
- Diniyah, N., Badrul Alam, M., & Lee, S.-H. (2020). Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(5), 5208–5217. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.02.019>
- Guerrero-Alva, D. M. (2019). Flavonoids of Organic Banana Peels (*Musa cavendishii*). *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 4(2), 40. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20190402.12>
- Hasibuan, W. A., Wiboworini, B., & Susilawati, T. N. (2025). Analysis Of Secondary Metabolite Levels And Antioxidant Activity Of The Combined Extract Of Raja Banana Peel And Pontianak Sweet Orange Peel. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 35(2), 589–598. <https://doi.org/10.34011/jmp2k.v35i2.2684>
- Herlina, H., Belgis, M., & Wirantika, L. (2020). Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Fruit Leather Kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) dengan Penambahan CMC dan Karagenan. *JURNAL AGROTEKNOLOGI*, 14(02), 103. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v14i02.12938>
- Hidayah, N., Kasmiyatun, M., & Purwaningtyas, E. F. (2020). Pengambilan Pektin Dari Kulit Bagian Dalam (Albedo) Semangka dengan Proses Ekstraksi. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 1(2), 57. <https://doi.org/10.56444/cjce.v1i2.1771>
- Istianah, N., Hilya, F., & Murtini, E. S. (2019). *Perencanaan Pabrik Untuk Industri Pangan*. UB Press.
- Junior, B., Pranata, F. S., & Purwijantiningsih, L. M. E. (2021). Kualitas Selai Lembaran Kombinasi Pektin Albedo Semangka (*Citrullus vulgaris* Schard) dan Filtrat Buah Kelengkeng (*Dimocarpus longan*). *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 4(2), 146–162. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v4i2.6776>
- Kurnia, J. F., Dewi, E. N., & Kurniasih, R. A. (2021). Pengaruh Konsentrasi Bubur *Eucheuma cottonii* Terhadap Karakteristik Selai Lembaran. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 3(1), 43–49. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2021.11410>
- Kusumiyati, K., Farida, F., Sutari, W., Hamdani, J. S., & Mubarak, S. (2018). Pengaruh waktu simpan terhadap nilai total padatan terlarut, kekerasan dan susut bobot buah mangga arumanis. *Kultivasi*, 17(3). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i3.18698>
- Latupeirissa, J., Fransina, E. G., & Tanasale, M. F. J. D. P. (2019). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Kulit Jeruk Manis Kisar (*Citrus* sp.). *Indo. J. Chem. Res.*, 7(1), 61–68. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-egf>
- Mailoa, M., Makuku, V., & Palijama, S. (2024). Karakteristik Kimia Dan Sensori Selai Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Dengan Penambahan Pektin. *Tropical Small Island Agriculture Management*, 4(1), 48–57. <https://doi.org/10.30598/tsiam.2024.4.1.48>
- Mas'ula, A. U., & Palupi, H. T. (2018). Pengaruh Penambahan Pektin Kulit Jeruk Dan Sukrosa Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Selai Jahe (*Zingiber Officinale*). *TEKNOLOGI PANGAN: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 9(2). <https://doi.org/10.35891/tp.v9i2.1192>
- Maulida, F. E. N., Alimuddin, A., & Erwin, E. (2023). Extraction Extraction And

- Characterization Of Pectin From Lemon Lime Peel Waste (*Citrus amblycarpa*). *JURNAL KIMIA MULAWARMAN*, 20(2), 56. <https://doi.org/10.30872/jkm.v20i2.527>
- Mustapa, S. R., Une, S., & Liputo, S. A. (2022). Pengaruh Penambahan Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Sari Buah Naga Merah (*hylocereus polyrhizus*.). *Jambura Journal of Food Technology*, 4(2), 213–222. <https://doi.org/10.37905/jjft.v4i2.14908>
- Ningtias, N., Susilawati, S., Herdiana, N., & Sartika, D. (2024). Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Hidrokoloid Terhadap Karakteristik Sensori Selai Lembaran Campuran Pepaya (*Carica Papaya*) dan Sirsak (*Annona Muricata*). *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 3(2), 263–275. <https://doi.org/10.23960/jab.v3i2.9678>
- Prasetyo, B. B. A. (2020). Kualitas Selai Lembaran Dengan Kombinasi Ekstrak Albedo Semangka (*Citrullus lanatus*) dan Daging Buah Melon Merah (*Cucumis melo* L.) KULTIVAR SAKATA. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 4(1), 83–98. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v4i1.6237>
- Pratiwi, E., & Mumpuni, Y. (2017). *Tetap Sehat Saat Lansia Pencegahan dan Penanganan 45 Penyakit yang Sering Hinggap Dusia Lanjut*. Penerbit Andi.
- Proverawati, A., Nuraeni, I., & Sustriawan, B. (2019). Food Food Nutrition Values Improvement Through Optimise of Potency Utilization of Banana Peels Flour of Plantain, Kepok, and Ambon. *Jurnal Gizi dan Pangan Soedirman*, 3(1), 49. <https://doi.org/10.20884/1.jgps.2019.3.1.1525>
- Rahmanda K.W, A. F., Sukardi, S., & Warkoyo, W. (2021). Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pektin Kulit Jeruk Keprok Batu 55 (*Citrus reticulata* B), Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *Microcarpa*), Jeruk Manis Pacitan (*Citrus sinensis* L, Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* swingle), dan Jeruk Lemon (*Citrus limon* L) yang Tumbuh di Kota Batu. *Food Technology and Halal Science Journal*, 4(2), 124–141. <https://doi.org/10.22219/fths.v4i2.15643>
- Rosalia, R., Setyaningsih, D., Ahda, A., Aziz, S., Luthfiah, S. L., Apriani, V. D., Dinita, S. T., Dewi, Y., & Malik, M. O. (2022). Studi Fitokimia dan Farmakologi Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr). *Jurnal Buana Farma*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.36805/jbf.v2i2.381>
- Septiani, N. K. A., Parwata, I. M. O. A., & Putra, A. A. B. (2018). Penentuan kadar total fenol, kadar total flavonoid dan skrining fitokimia ekstrak etanol daun gaharu (*Gyrinops versteegii*). *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 12(1), 78–89. <https://doi.org/10.23887/wms.v12i1.13868>
- Silsia, D., Yulastri, I., Marniza, M., & Anis, U. (2022). Karakteristik Selai Lembaran Dari Campuran Kolang-kaling (*Arenga pinnata*, M) dan Buah Terung Belanda (*Solanum betaceum*). *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 9(1). <https://doi.org/10.34128/jtai.v9i1.150>
- Sumarlin, L. O., Ernita, N., & Hajar, H. (2023). Potensi Madu dan Ekstrak Ampas Teh Sebagai Penghambat Tirosinase Untuk Bahan Aktif Kosmetika Pemutih. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 11(2), 7–18. <https://doi.org/10.18860/al.v11i2.19606>
- Trihaditia, R., & Zaenudin, M. (2022). Optimasi Karakteristik Uji Organoleptik Pangan Fungsional Es Krim dengan Penambahan Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata*) dan Bekatul Beras Putih (*Oryza sativa* L). *AGROSCIENCE (AGSCI)*, 12(1), 91. <https://doi.org/10.35194/agsci.v12i1.2281>
- Tuhuloula, A., Budiarti, L., & Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi. *Konversi*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.123>

Umanailo, M. C. B. (2019). Consumption Diversification of Local Community. *Jurnal AGRISEP : Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 18(1), 61–74.
<https://doi.org/10.31186/jagrisep.18.1.61-74>

Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi Dalam Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim Di Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo

Bena Azizah¹, Mirza Andrian Syah^{1*}, Mubarakah¹

¹ Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Jalan Rungkut Madya, Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur

Email : mirza.a.agribis@upnjatim.ac.id

Submit : 13-01-2026

Revisi : 20-04-2026

Diterima : 27-05-2026

ABSTRACT

This study aimed to assess the sustainability level of rice farming in Buduran District, Sidoarjo Regency, in facing the challenges of climate change. The research was conducted from December 2025 to January 2026 using a quantitative approach. Data were collected from 78 rice farmers selected through multistage random sampling across five villages. Sustainability assessment was carried out using a Multidimensional Scaling (MDS) method with the RAP-Fish approach, covering three dimensions: economic, social, and environmental, represented by 21 attributes. The robustness of the model was evaluated using Monte Carlo simulation, while stress values and coefficients of determination (R^2) were used to assess the goodness of fit. The results showed that the overall sustainability index of rice farming in Buduran District was 48.31, indicating a less sustainable category. Partially, the economic (47.70), social (47.42), and environmental (46.78) dimensions also fell into the same category. The environmental dimension showed the lowest sustainability level, reflecting high vulnerability to climate variability and environmental pressure. The stress value (0.13) and R^2 (0.95) indicated that the MDS model had good reliability and low distortion. These findings suggest that rice farming sustainability in Buduran District has not yet achieved a balanced integration of economic, social, and environmental aspects. Therefore, region-specific climate adaptation strategies are required to enhance the long-term sustainability of rice farming systems.

Keywords: Buduran District, Climate Change, Multidimensional Scaling, Rice Farming, Sustainability Assessment

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo, dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2025 hingga Januari 2026 dengan pendekatan kuantitatif. Data dikumpulkan dari 78 petani padi yang dipilih menggunakan teknik multistage random sampling pada lima desa. Penilaian keberlanjutan dilakukan menggunakan metode Multidimensional Scaling (MDS) dengan pendekatan RAP-Fish yang mencakup tiga dimensi, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan, yang direpresentasikan oleh 21 atribut. Keandalan model diuji menggunakan analisis Monte Carlo, sedangkan nilai stress dan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk menilai kualitas ordinasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran secara multidimensi berada pada kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks sebesar 48,31. Secara parsial, dimensi ekonomi (47,70), sosial (47,42), dan lingkungan (46,78) juga berada pada kategori yang sama. Dimensi lingkungan memiliki tingkat keberlanjutan terendah yang mencerminkan tingginya kerentanan terhadap tekanan iklim dan degradasi lingkungan. Nilai stress sebesar 0,13 dan R^2 sebesar 0,95 menunjukkan bahwa model MDS memiliki tingkat keandalan yang baik. Hasil ini menegaskan perlunya strategi adaptasi perubahan iklim yang terintegrasi dan berbasis wilayah untuk meningkatkan keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran.

Kata kunci: Keberlanjutan, Kecamatan Buduran, Multidimensional Scaling, Perubahan Iklim, Usahatani Padi

1 **Pendahuluan**

Sektor pertanian berperan strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional, dengan padi sebagai komoditas utama pangan masyarakat Indonesia (Wahyuni *et al.*, 2024) Seiring pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan beras, keberlanjutan produksi padi menjadi isu krusial bagi ketersediaan pangan, stabilitas ekonomi, dan kesejahteraan petani. Perubahan iklim menyebabkan pergeseran pola musim hujan akibat peningkatan suhu udara (Syah *et al.*, 2017), yang berdampak langsung terhadap sistem produksi padi melalui perubahan curah hujan, peningkatan suhu, serta meningkatnya kejadian cuaca ekstrem seperti banjir dan kekeringan. Usahatani padi menjadi sangat rentan karena ketergantungannya terhadap ketersediaan air dan stabilitas iklim (Zaini dan Saitama, 2023).

Jawa Timur merupakan produsen padi terbesar di Indonesia dengan produksi sekitar 9,5–10 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) per tahun dan kontribusi 17–18% terhadap produksi nasional. Pada tahun 2024, produksi padi Jawa Timur tercatat sebesar 9,28 juta ton GKG atau menurun 4,53% dibandingkan tahun 2023. Kabupaten Sidoarjo justru mengalami peningkatan produksi dari 195,8 ribu ton GKG pada tahun 2023 menjadi 197,8 ribu ton GKG pada tahun 2024 (BPS Prov Jawa Timur, 2025). Peningkatan produksi padi tidak terjadi secara merata di seluruh wilayah Kabupaten Sidoarjo. Kecamatan Buduran yang justru mengalami penurunan hasil produksi padi pada tahun yang sama.

Berdasarkan data BPS Kab Sidoarjo (2023), menunjukkan bahwa seluruh kecamatan mengalami penurunan dengan tingkat yang bervariasi. Penurunan paling signifikan terjadi di Kecamatan Buduran, dengan penyusutan luas lahan sebesar 3,56% dan penurunan produksi sebesar 2,65%, yang mengindikasikan tekanan produksi yang lebih tinggi dibandingkan kecamatan lainnya. Kerentanan Kecamatan Buduran terhadap perubahan iklim tidak hanya tercermin dari penurunan luas lahan dan produksi padi, tetapi juga dari meningkatnya frekuensi kejadian bencana alam (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah Kejadian Bencana Alam di Lima Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2023 dan 2024

Kecamatan	Kejadian Bencana Alam	
	2023	2024
Buduran	5	9
Tulangan	4	4
Prambon	3	5
Gedangan	5	6
Taman	3	3

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2025

Kecamatan Buduran merupakan wilayah paling rentan, ditandai dengan peningkatan kejadian bencana alam dari 5 kejadian pada tahun 2023 menjadi 9 kejadian pada tahun 2024. Bencana yang terjadi didominasi oleh banjir rob, kekeringan, dan angin puting beliung, yang mencerminkan meningkatnya kerentanan lingkungan akibat faktor geografis dan ketidakstabilan iklim (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2024).

Kondisi ini memberikan tekanan signifikan terhadap usahatani padi dan menempatkan Kecamatan Buduran sebagai wilayah dengan tingkat kerentanan iklim tertinggi terhadap keberlanjutan produksi padi

Keberlanjutan usahatani padi menjadi isu krusial, terutama di wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap perubahan iklim seperti Kecamatan Buduran. Keberlanjutan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan mempertahankan produktivitas, tetapi juga oleh keberlangsungan sistem usahatani dalam jangka panjang dengan tetap menjaga keseimbangan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kesadaran petani terhadap perubahan iklim menjadi faktor kunci dalam menjaga tingkat produksi serta kualitas hasil panen padi (Syah *et al.*, 2025). Dampak perubahan iklim tercermin pada penurunan pendapatan dan peningkatan biaya produksi, meningkatnya ketidakpastian dan tekanan sosial pada rumah tangga petani, serta degradasi lahan, ketidakseimbangan ekosistem, dan penurunan kualitas sumber daya alam pertanian (Suhaini *et al.*, 2025).

Penelitian terdahulu umumnya masih menempatkan perubahan iklim sebagai faktor eksternal dan belum mengintegrasikannya secara komprehensif dalam analisis keberlanjutan usahatani padi, khususnya di wilayah dengan tingkat kerentanan iklim tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo, berdasarkan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, sehingga dapat memberikan gambaran objektif mengenai posisi keberlanjutan usahatani padi di wilayah tersebut.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 hingga Januari 2026 dengan pendekatan kuantitatif. Lokasi penelitian dilakukan di Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo, dengan pertimbangan wilayah tersebut memiliki intensitas kejadian perubahan iklim yang relatif tinggi sehingga berpotensi meningkatkan kerentanan usahatani padi. Populasi penelitian meliputi seluruh petani padi pada lima desa terpilih dengan total 357 petani. Pengambilan sampel menggunakan teknik *multistage random sampling*, dengan jumlah sampel keseluruhan diperoleh 78. Sampel didistribusikan secara proporsional pada masing-masing desa dan responden dipilih secara *simple random sampling*. Analisis data dilakukan menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) dengan pendekatan RAP-Fish (*Rapid Appraisal for Fisheries*) untuk menilai tingkat keberlanjutan usahatani padi pada dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Tahapan analisis mengacu pada Yusuf *et al.*, (2021) sebagai berikut:

1) Penentuan Dimensi dan Atribut Keberlanjutan

Atribut dipilih berdasarkan keterkaitannya dengan keberlanjutan setiap dimensi agar evaluasi bersifat representatif dan mudah diinterpretasikan yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Atribut Penelitian Keberlanjutan Usahatani

No	Dimensi	Atribut	Sumber
1.	Ekonomi	a) Pendapatan Bersih dari Usahatani Padi	Dzikrillah <i>et al.</i> , (2017)
		b) Stabilitas Harga Gabah/Beras	
		c) Kemampuan Menutup Biaya Produksi	
		d) Keterjangkauan Input Pertanian	
		e) Kemampuan untuk Menabung atau Berinvestasi	
		f) Akses terhadap Modal Usahatani	
2.	Sosial	g) Diversifikasi Pendapatan di Luar Padi	Nugrahapsari <i>et al.</i> , (2021)
		a) Partisipasi dalam Kelompok Tani	Zuhdi <i>et al.</i> , (2021)
		b) Akses terhadap Informasi Pertanian	Nugrahapsari <i>et al.</i> , (2021)
		c) Tingkat Kerja Sama Kolektif (Gotong Royong)	
		d) Keterlibatan Keluarga dalam Usahatani	
		e) Ketahanan Sosial saat Gagal Panen	Dzikrillah <i>et al.</i> , (2017)
		f) Ketersediaan Forum Diskusi Pertanian	
		g) Kesiapsiagaan Masyarakat terhadap Bahaya Iklim	
			Mustikaningrum, (2025)
3.	Lingkungan	a) Ketersediaan Air Irigasi	Dzikrillah <i>et al.</i> , (2017)
		b) Tingkat Kesuburan Tanah	
		c) Penggunaan Pupuk Organik	
		d) Tingkat Penggunaan Pestisida Sintetis	Destiani <i>et al.</i> , (2021)
		e) Kesesuaian Pola Tanam dengan Iklim	
		f) Penggunaan Teknologi Konservasi Lahan	
		g) Penggunaan Varietas Padi Tahan Iklim	
			Nurhidayat <i>et al.</i> , (2024)

2) Pemberian Skor pada Setiap Atribut

Penilaian setiap atribut dilakukan menggunakan skala ordinal dengan rentang nilai 0–2, di mana nilai 0 menunjukkan kondisi buruk (*bad*), nilai 1 menunjukkan kondisi sedang (*moderate*), dan nilai 2 menunjukkan kondisi baik (*good*).

3) Analisis Ordinas

Teknik ordinas dalam Rapfish didasarkan pada perhitungan jarak Euclidean Distance dalam ruang berdimensi n ditulis dengan persamaan 1, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(|x_1 - x_2|^2 + |y_1 - y_2|^2 + |z_1 - z_2|^2 + \dots)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

d = Jarak eucladian

x,y,z = Atribut

Jarak Euclidian antara dua titik tersebut selanjutnya akan diproyeksikan pada jarak dua dimensi berdasarkan rumus regresi sehingga didapatkan persamaan 2:

$$d_{ij} = a + bD_{i,j} + e, \text{ dimana } e = \text{error} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$d_{i,j}$ = Jarak *euclidian* pada gambar antara titik ke-i dan ke-j

a = Konstanta

b = Koefisien

$D_{i,j}$ = Jarak *euclidian* asli antara titik ke-i dan ke-j

Persamaan diatas diregresikan menggunakan algoritma ALSCAL (*Alternating Least Squares Scaling*), sehingga menjadi persamaan (3) :

$$d_{i,j} = a + bD_{i,j} \dots \dots \dots (3)$$

Proses pengulangan akan berhenti jika nilai stress <0,25. Persamaan nilai stress dihitung menggunakan formula *S-Stress* (Fauzi dan Anna, 2005) sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left[\frac{\sum_i \sum_j (D_{ijk} - d_{ijk})^2}{\sum_i \sum_j d_{ijk}^2} \right]} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- m = banyaknya atribut
 D_{ijk} = jarak *euclidian* asli dari titik i,j,k
 d_{ijk} = nilai *euclidian* pada gambar dari titik i, j, k

Hasil ordinasi menampilkan tiga komponen utama, yaitu nilai indeks keberlanjutan, nilai *S-Stress*, dan nilai koefisien determinasi (R^2). Nilai indeks keberlanjutan dibedakan ke dalam empat kategori, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Interval Skor Keberlanjutan Usahatani		
Interval Skor (%)	Kategori	Keterangan
0.00 – 25.00	Buruk	Tidak Berkelanjutan
25.01 – 50.00	Kurang	Kurang Berkelanjutan
50.01 – 75.00	Cukup	Cukup Berkelanjutan
75.01 – 100	Baik	Berkelanjutan

Sumber : (Yusuf *et al.*, 2021).

4) Analisis *Leverage* (Sensitivitas)

Analisis *leverage* atau sensitivitas dilakukan dengan pendekatan hukum nilai tengah. Perhitungan hukum nilai tengah dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Atribut Leverage} = \frac{\text{nilai RMS tertinggi dari atribut}}{2} \dots\dots\dots (5)$$

5) Analisis Monte Carlo

Pada Interval kepercayaan 95%, hasil Monte Carlo dinyatakan valid apabila selisih maksimum antara kedua nilai tersebut tidak melebihi 5%. Semakin kecil selisih antara nilai Monte Carlo dan nilai ordinasi, semakin tinggi tingkat keandalan hasil analisis keberlanjutan yang diperoleh.

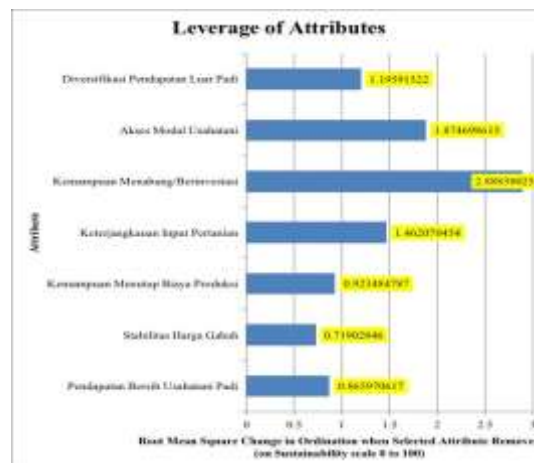
3 Hasil Dan Pembahasan

Penilaian keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran dilakukan menggunakan pendekatan MDS yang mencakup tiga dimensi, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Hasil analisis MDS, Monte Carlo, nilai *stress*, dan statistik keberlanjutan pada masing-masing dimensi serta secara multidimensi (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Analisis MDS, Monte Carlo, Stress, dan Statistik

Dimensi	Nilai Keberlanjutan		Selisih	Statistik	
	MDS	Monte Carlo (%)		Stres	R²
Multidimensi	48,31	47,74	0,57	0,13	0,95
Ekonomi	47,70	47,40	0,3	0,15	0,94
Sosial	47,42	46,58	0,84	0,15	0,94
Lingkungan	46,78	46,31	0,47	0,14	0,94

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran berada pada kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks total sebesar 48,31. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem usahatani padi belum mencapai keseimbangan optimal antara dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam menghadapi tekanan perubahan iklim. Sejalan dengan penelitian Darma *et al.*, (2025), yang menyatakan bahwa kejadian iklim ekstrem berdampak pada penurunan produktivitas dan ketahanan usahatani padi. Nilai stres multidimensi sebesar 0,13 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,95 menunjukkan bahwa kualitas ordinasi MDS tergolong baik, dengan tingkat distorsi yang rendah dan kemampuan atribut dalam menjelaskan variasi data yang memadai. Perbedaan nilai indeks antara metode MDS dan Monte Carlo pada seluruh dimensi relatif kecil (0,3-0,84%), yang menandakan kesalahan penilaian atribut rendah dan tingkat keandalan hasil analisis yang tinggi (Yusuf *et al.*, 2021).

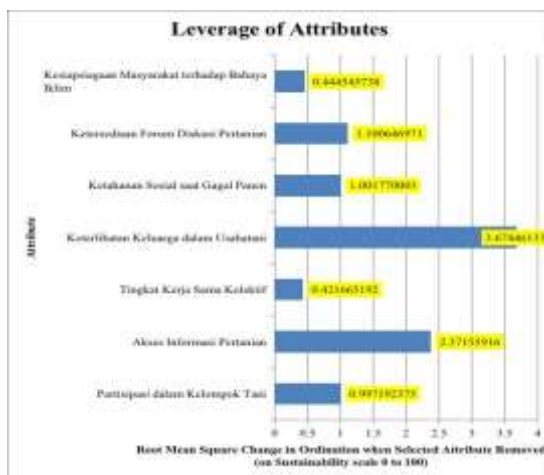


Gambar 1. Hasil Analisis *Leverage* Dimensi Ekonomi

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan dimensi ekonomi usahatani padi di Kecamatan Buduran sebesar 47,70, yang mencerminkan kerentanan ekonomi akibat ketidakstabilan pendapatan petani dalam menghadapi perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan dan meningkatnya kejadian iklim ekstrem meningkatkan risiko gagal panen dan fluktuasi produksi yang berdampak pada kenaikan biaya produksi serta melemahkan ketahanan ekonomi usahatani padi. Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada Gambar 1, atribut yang paling berpengaruh dalam meningkatkan indeks keberlanjutan dimensi ekonomi usahatani padi (nilai *root mean square* (RMS) di atas 1,44) adalah kemampuan petani untuk menabung atau berinvestasi, akses terhadap modal usahatani, dan keterjangkauan input pertanian.

Romero-castro *et al.*, (2022), menyatakan bahwa akses modal dan kredit pertanian berperan penting dalam meningkatkan kemampuan petani dalam memperoleh input produksi secara tepat waktu, mengadopsi teknologi, serta mengelola risiko usahatani, sehingga berdampak langsung pada peningkatan produktivitas dan stabilitas pendapatan. Wijayanti dan Widajantie, (2023), menambahkan bahwa kemampuan menabung dan

berinvestasi mencerminkan ketahanan finansial petani menghadapi guncangan iklim dan fluktuasi produksi. Keterjangkauan input pertanian juga menjadi faktor kunci karena kenaikan harga pupuk dan pestisida terbukti menekan margin keuntungan petani serta meningkatkan kerentanan ekonomi, khususnya pada wilayah pertanian padi yang rentan terhadap perubahan iklim (Usman dan Iswarini, 2024).



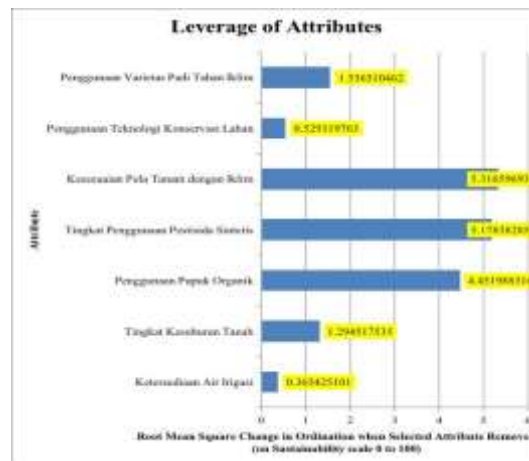
Gambar 2. Hasil Analisis *Leverage* Dimensi Sosial

Dimensi sosial usahatani padi di Kecamatan Buduran memiliki nilai tingkat keberlanjutan sebesar 47,42, yang menunjukkan kondisi kurang berkelanjutan akibat terbatasnya kapasitas sosial petani dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim, terutama dalam berbagi informasi, kerja sama kolektif, dan respons terhadap peningkatan risiko iklim. Kapasitas adaptif dan modal sosial merupakan komponen penting dalam ketahanan sosial sistem pertanian. Kemampuan belajar, pertukaran pengetahuan, dan jaringan sosial berperan dalam memperkuat daya tahan komunitas tani terhadap dampak perubahan iklim (Nissa *et al.*, 2024)

Indeks keberlanjutan dimensi sosial usahatani padi (nilai RMS di atas 1,83) (Gambar 2) adalah keterlibatan keluarga dalam kegiatan usahatani dan akses terhadap informasi pertanian. Keterlibatan keluarga memperkuat keberlanjutan sosial melalui peningkatan pembagian peran, transfer pengetahuan antargenerasi, dan ketahanan tenaga kerja rumah tangga tani (Harudin *et al.*, 2025). Sementara akses terhadap informasi pertanian berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kapasitas adaptasi petani melalui adopsi inovasi, pengambilan keputusan yang lebih tepat, serta peningkatan partisipasi dalam jaringan sosial dan kelembagaan pertanian (Romero-castro *et al.*, 2022).

Dimensi lingkungan menunjukkan nilai tingkat keberlanjutan terendah sebesar 46,78, yang menandakan bahwa aspek lingkungan merupakan dimensi paling rentan dalam sistem usahatani padi di Kecamatan Buduran. Fluktuasi curah hujan dan kejadian cuaca ekstrem mendorong intensifikasi penggunaan input kimia, seperti pupuk dan pestisida, sebagai upaya mengamankan produksi, yang berpotensi menurunkan kesuburan

tanah dan mencemari sumber daya air dalam jangka panjang. Perubahan iklim berkorelasi dengan meningkatnya degradasi tanah dan tekanan terhadap sumber daya lingkungan pada budidaya padi akibat tingginya penggunaan nutrisi anorganik (Gea *et al.*, 2024).



Gambar 3. Hasil Analisis *Leverage* Dimensi Lingkungan

Indeks keberlanjutan dimensi lingkungan (Gambar 3) menunjukkan bahwa kesesuaian pola tanam dengan iklim, tingkat penggunaan pestisida sintetis, dan penggunaan pupuk organik merupakan atribut yang menaikkan indeks keberlanjutan (nilai RMS di atas 2,66). Kesesuaian pola tanam dengan kondisi iklim terbukti berperan penting dalam menekan risiko gagal panen dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya alam di tengah variabilitas iklim (Harahap *et al.*, 2024). Tingkat penggunaan pestisida sintetis menunjukkan bahwa pengendalian dan pengurangan penggunaan pestisida menjadi kunci dalam menekan degradasi kualitas tanah, pencemaran perairan, serta penurunan keanekaragaman hayati agroekosistem (Listiyani, 2025). Sebaliknya, peningkatan penggunaan pupuk organik berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah serta meningkatkan ketahanan agroekosistem padi terhadap tekanan iklim, sehingga berkontribusi nyata dalam mendongkrak keberlanjutan lingkungan usahatani padi (Wihardjaka dan Harsanti, 2020).

4 Kesimpulan

Hasil analisis MDS menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan usahatani padi di Kecamatan Buduran secara multidimensi berada pada kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks sebesar 48,31. Secara parsial, dimensi ekonomi (47,70), sosial (47,42), dan lingkungan (46,78) yang mengindikasikan belum tercapainya keseimbangan keberlanjutan usahatani padi di tengah meningkatnya tekanan perubahan iklim. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pembangunan usahatani padi perlu mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan secara simultan, serta dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam merumuskan strategi adaptasi perubahan iklim yang berbasis wilayah.

Daftar Pustaka

- Arief, A., Dwijatenaya, I. B. M. A., & Handayani, P. R. (2025). Analisis Multidimensi Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah: Studi Kasus di Desa Ponoragan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 11(1), 1020. <https://doi.org/10.25157/ma.v11i1.16747>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). *Data Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://www.bnpb.go.id>
- BPS Kab Sidoarjo. (2023). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik kabupaten Sidoarjo.
- BPS Prov Jawa Timur. (2025). *Ringkasan Eksekutif Luas Panen dan Produksi Padi di Jawa Timur 2024*. Badan Pusat Statistik Prov. Jawa Timur.
- Darma, R., O'Connor, P., Akzar, R., Tenriawaru, A. N., & Amandaria, R. (2025). Enhancing Sustainability in Rice Farming: Institutional Responses to Floods and Droughts in Pump-Based Irrigation Systems in Wajo District, Indonesia. *Sustainability*, 17(8), 3501. <https://doi.org/10.3390/su17083501>
- Destiani, Kusmiyati, & Tri Ratna Saridewi. (2022). Persepsi Petani Terhadap Penerapan Teknologi Konservasi Lahan pada Budidaya Padi di Kecamatan Nagrak Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, 16(1), 37–50. <https://doi.org/10.51852/jpp.v16i1.497>
- Dzikrillah, G. F., Anwar, S., & Sutjahjo, S. H. (2017). Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah Di Kecamatan Soreang Kabupaten Bandung. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(2), 107–113. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.2.107-113>
- Fauzi, A., & Anna, S. (2005). *Pemodelan sumber daya perikanan dan kelautan: Untuk analisis kebijakan*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gea, C. J., Ndruru, E. J., Lase, S., & Laoli, M. E. L. (2024). Optimasi Penggunaan Pupuk dengan Model Matematika. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 248–254.
- Harahap, L. M., Manurung, Y. I. B., Situngkir, J. B., & Simanungkalit, N. A. (2024). Pengelolaan Risiko Iklim dalam Sektor Pertanian: Strategi dan Implementasi. *JIMBE: Jurnal Ilmu Manajemen, Bisnis dan Ekonomi*, 1(6), 117–126.
- Harudin, L., Nurmaya, N., & Tao, H. (2025). Strategi Pemberdayaan Petani Berbasis Kearifan Lokal Muna: Pendekatan Sosial-Budaya dalam Penguatan Ketahanan Pangan. *Journal of Humanities, Social Sciences, and Education*, 1(6), 107–122. <https://doi.org/10.64690/jhuse.v1i6.304>
- Listiyani, E. D. (2025). Penerapan Biopestisida Nabati untuk Pertanian Ramah Lingkungan dalam Meningkatkan Hasil dan Keseimbangan Ekosistem. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 32(1), 64–74. <https://doi.org/10.55259/jiip.v32i1.301>
- Muhammad Yusuf, Mohammad Wijaya, Ridwan Adi Surya, & Isvan Taufik. (2021). *MDS-RAPS Teknik Analisis Keberlanjutan*. CV. Tohar Media.
- Mustikaningrum, D. (2025). Persepsi Petani Padi Terhadap Dampak Perubahan Iklim dan Potensi Strategi Adaptasi: Studi Kasus di Kecamatan Plumpang, Kabupaten Tuban. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 9(1), 73–82.
- Nissa', Z. N. A., Albab, A. R. U., Saraswati, Y., Pratiwi, L. F. L., & Damayanti, E. (2024). Social Resilience and Livelihood Adaptation of Rice Farming Households in

- Manyaran, Wonogiri: Shifting from Paddy to Horticulture. *Komunitas: International Journal of Indonesian Society and Culture*, 16(2), 156–168. <https://doi.org/10.15294/komunitas.v16i2.14415>
- Nugrahapsari, R. A., Sumedi, Marwoto, B., Widiarta, I. N., & Yunus, M. (2024). Analisis Multidimensi Keberlanjutan Sistem Usaha Tani Padi di Kabupaten Subang dan Karawang. *Jurnal Argo Ekonomi*, 39(2), 117–130.
- Nurhidayat, A., Difa, A. K. T., Nasrullah, F., Anwar, F. H., & Radianto, D. O. (2024). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Pertanian Padi di Daerah Tropis. *Jurnal Sains Student Research*, 2(2), 111–117. <https://doi.org/10.61722/jssr.v2i2.1181>
- Romero-Castro, N., Miramontes-Viña, V., & López-Cabarcos, M. Á. (2022). Understanding the Antecedents of Entrepreneurship and Renewable Energies to Promote the Development of Community Renewable Energy in Rural Areas. *Sustainability*, 14(3), 1234. <https://doi.org/10.3390/su14031234>
- Suhaini, Rahmawanty, P., Elga, Agusti, A. R., & Hasni. (2025). Strategi Apadtasi Bisnis Pertanian Lokal dalam Menghadapi Degradasi Lahan dan Ketersediaan Air (Studi Kelayakan pada Padi di Majang). *Brilian Dinamis Akuntansi Audit*, 7(3), 97–119.
- Syah, M. A., Defri, I., Panpipat, W., & Chaijan, M. (2025). Assessing Coffee Farmers' Awareness of Climate Change Through the Climate Change Awareness Index Approach in Tutur, Pasuruan, Indonesia. *Agriverse*, 1(1), 23–33. <https://doi.org/10.33005/agriverse.v1i1.5>
- Syah, M. A., Prastiwi, W. D., & Mukson. (2017). Tingkat Kesadaran dan Persepsi Petani Kopi terhadap Asuransi Pertanian dalam Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim di Kabupaten Semarang. *Seminar Nasional BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah*.
- Usman, A., & Iswarini, H. (2024). Dampak Kenaikan Harga Pupuk Non Subsidi Terhadap Usahatani Padi Di Desa Saleh Makmur Kecamatan Air Salek Kabupaten Banyuasin. *Societa: Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 13(2), 23. <https://doi.org/10.32502/jsct.v13i2.9225>
- Wahyuni, S. S., Meilani, F. A., Putri, N. A., & Nasirwan, N. (2024). Praktik Akuntansi Sederhana terhadap Sektor Agrikultur Pertanian Tanaman Padi. *Journal of Accounting, Finance, Taxation, and Auditing (JAFTA)*, 6(1). <https://doi.org/10.28932/jafta.v6i1.8643>
- Wihardjaka, A. (2021). Dukungan Pupuk Organik Untuk Memperbaiki Kualitas Tanah Pada Pengelolaan Padi Sawah Ramah Lingkungan. *JURNAL PANGAN*, 30(1), 53–64. <https://doi.org/10.33964/jp.v30i1.496>
- Wijayanti, N. D., & Widajantie, T. D. (2023). Perilaku Keuangan Keluarga Petani: Peran Literasi Keuangan, Akses Inklusi, dan Tekanan Ekonomi dalam Konteks Negara Agraris. *BAJ: Behavioral Accounting Journal*, 6(1), 36–47.
- Zaini, A. H., & Saitama, A. (2023). Analisa Perubahan Iklim dan Pengaruhnya pada Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Malang. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*, 8(2), 173–180. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2023.008.2.08>
- Zuhdi, F., Alim, A. S., & Zulfia, V. (2021). Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi di Kabupaten Siak (Studi Kasus di Gapoktan Mekar Jaya, Kecamatan Sabak Auh). *EnviroScienteae*, 17(3), 25–33. <https://dx.doi.org/10.20527/es.v17i3.11636>

Aplikasi Bakteri Simbiotik Dalam Meningkatkan Keberhasilan Aklimatisasi Planlet Anggrek

Heny Alpandari^{1*}, Winda Widyastuti², Luki Nur Laili³

¹ Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus, Kudus, Jawa Tengah

² Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus, Kudus, Jawa Tengah

³ Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus, Kudus, Jawa Tengah

Email: heny.alpandari@umk.ac.id

Submit : 10-02-2026

Revisi : 22-04-2026

Diterima : 08-05-2026

ABSTRACT

Acclimatization is a critical stage in the propagation of orchids produced through tissue culture, as plantlets must adapt from in vitro conditions to the ex vitro environment. The use of symbiotic microorganisms has the potential to enhance acclimatization success by improving nutrient uptake and tolerance to environmental stress. This study aimed to analyze the effect of symbiotic bacterial application on the success of orchid plantlet acclimatization. The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) with five concentrations of symbiotic bacteria: no bacteria (A0), 2% (A1), 4% (A2), 6% (A3), and 8% (A4), each with ten replications. Observed parameters included survival rate, plantlet height, root length, and total chlorophyll content. The results showed that the application of symbiotic bacteria significantly affected all observed parameters. Treatment A3 produced the highest growth and survival rate, reaching 90%.

Keywords: *Acclimatization, Dendrobium, PGPR, Planlet, Symbiotic Bacteria,*

ABSTRAK

Aklimatisasi merupakan tahap kritis dalam perbanyakan anggrek hasil kultur jaringan karena planlet harus beradaptasi dari kondisi in vitro ke lingkungan ex vitro. Pemanfaatan bakteri simbiotik berpotensi meningkatkan keberhasilan aklimatisasi melalui peningkatan penyerapan hara dan toleransi terhadap cekaman lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aplikasi bakteri simbiotik terhadap keberhasilan aklimatisasi planlet anggrek. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan konsentrasi bakteri simbiotik, yaitu tanpa bakteri (A0), 2% (A1), 4% (A2), 6% (A3), dan 8% (A4), masing-masing diulang sebanyak 10 kali. Parameter yang diamati meliputi tingkat kelangsungan hidup, tinggi planlet, panjang akar, dan kandungan klorofil total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bakteri simbiotik berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pengamatan. Perlakuan A3 menghasilkan pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup tertinggi, yaitu mencapai 90%.

Kata kunci: *Aklimatisasi, Bakteri Simbiotik, Dendrobium, PGPR, Planlet*

1 Pendahuluan

Dendrobium adalah salah satu marga anggrek epifit yang memiliki nilai komersial dan konservasi tinggi di seluruh dunia. Perbanyakan anggrek secara in vitro melalui kultur jaringan telah menjadi strategi utama untuk menghasilkan planlet dalam jumlah besar dan seragam, serta meminimalkan risiko patogen dibandingkan metode perbanyakan konvensional (Yasmin *et al.*, 2018). Keberhasilan keseluruhan propagasi ini sangat ditentukan pada fase aklimatisasi. Tahap transisi in vitro ke kondisi ex vitro memerlukan kemampuan adaptasi planlet. Faktor fluktuasi suhu, kelembapan, cahaya, dan tekanan

stres lingkungan lainnya berpengaruh terhadap keberhasilan fase aklimatisasi (Hidayati *et al.*, 2016)

Aklimatisasi seringkali merupakan tahap kritis dimana planlet dihasilkan dari kondisi kultur yang steril, nutrisi tinggi, dan lingkungan relatif stabil serta memiliki struktur fisiologis yang belum sempurna. Planlet sangat rentan terhadap stres air, kekurangan nutrisi, dan serangan mikroba patogen setelah dipindahkan ke lingkungan *ex vitro* (Hartati *et al.*, 2016; Arianbach *et al.*, 2023). Hal ini menyebabkan tingkat mortalitas planlet yang tinggi dan menjadi salah satu tantangan terbesar dalam produksi massal anggrek.

Pemanfaatan bakteri simbiotik pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* atau PGPR), menjadi salah satu inovasi untuk meningkatkan keberhasilan aklimatisasi. PGPR diketahui mampu meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara, menghasilkan fitohormon seperti indol-3-asetat (IAA), memfiksasi nitrogen, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik (Prakoso *et al.*, 2025). PGPR termasuk dalam kelompok bakteri yang hidup di sekitar atau di dalam jaringan akar tanaman dan memberikan manfaat pertumbuhan langsung maupun tidak langsung terhadap hospesnya (Alpandari *et al.*, 2014).

Asosiasi mikoriza pada anggrek juga memiliki peran penting dalam siklus hidup tanaman, terutama dalam membantu penyerapan nutrisi dan air saat planlet mulai bertransisi *ex vitro* (Yang, *et al.*, 2024). Fungi mikoriza anggrek membentuk struktur peloton di dalam jaringan akar yang memungkinkan pertukaran nutrisi penting antara jamur dan tanaman. Mikoriza ini penting untuk mendukung perkembangan awal planlet setelah dipindahkan dari kondisi *in vitro* (Chamara *et al.*, 2024).

Meski penelitian mengenai peran PGPR dan mikroba yang berasosiasi dengan akar anggrek telah berkembang, penelitian yang mengevaluasi aplikasinya secara langsung pada fase aklimatisasi planlet anggrek masih relatif terbatas dan masih harus diteliti lagi untuk menentukan formulasi, dosis, serta mekanisme kerja yang optimal. Hasil penelitian Zhang, *et al.*, (2024) inokulasi bakteri *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) dapat meningkatkan biomassa aklimatisasi dan status nutrisi planlet anggrek, menunjukkan potensi bioteknologi yang masih perlu dieksplorasi lagi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi bakteri simbiotik terhadap keberhasilan aklimatisasi planlet anggrek melalui pengukuran parameter pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, dan indikator fisiologis (kandungan klorofil). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi aklimatisasi anggrek berbasis pendekatan biologis yang berkelanjutan dan aplikatif untuk budidaya skala luas.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus pada bulan Agustus – Desember 2025. Isolasi dan karakterisasi bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, sedangkan aklimatisasi planlet dilakukan di rumah aklimatisasi Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini yaitu, *Laminar Air Flow* (LAF), Autoklaf, Timbangan analitik, pH meter, Erlenmeyer, Gelas ukur, Tabung reaksi, Cawan petri, Mikropipet dan Tip steril, Penggaris, Alat tulis dan Kamera. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: planlet anggrek *Dendrobium sp.* hasil kultur jaringan, isolat bakteri simbiotik (PGPR), media kultur bakteri (Nutrient Agar dan Nutrient Broth), media tanam aklimatisasi (pakis cacah, arang sekam, dan sphagnum moss), Akuades steril, Larutan alkohol 70%, Larutan NaOCl (1–2%), Label perlakuan dan spidol permanen.

Rancangan Penelitian

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan konsentrasi bakteri simbiotik, yaitu:

A0 = tanpa bakteri (kontrol)

A1 = 2% suspensi bakteri

A2 = 4% suspensi bakteri

A3 = 6% suspensi bakteri

A4 = 8% suspensi bakteri

Setiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali, sehingga terdapat 50 satuan percobaan. Satu satuan percobaan terdiri dari satu pot berisi satu planlet.

Persiapan Bakteri Simbiotik

Isolat bakteri simbiotik yang digunakan diperoleh dari koleksi laboratorium dan telah teridentifikasi. Bakteri diremajakan pada media Nutrient Agar (NA) dan diinkubasi pada suhu 28–30 °C selama 24 jam. Koloni tunggal kemudian diinokulasikan ke dalam Nutrient Broth (NB) dan diinkubasi menggunakan shaker pada kecepatan 120 rpm selama 24 jam hingga mencapai fase logaritmik.

Suspensi bakteri disesuaikan konsentrasinya berdasarkan kekeruhan setara dengan standar McFarland ($\pm 10^8$ CFU/ml) kemudian diencerkan menggunakan akuades steril untuk memperoleh konsentrasi perlakuan sesuai rancangan penelitian.

Persiapan Planlet Anggrek

Anggrek yang siap aklimatisasi adalah yang telah memiliki akar yang kuat dan 4 daun minimal terbuka sempurna. Planlet anggrek *Dendrobium sp.* berumur 5 bulan dengan

ukuran relatif seragam dikeluarkan dari botol kultur secara aseptik. Sisa media kultur dibersihkan menggunakan akuades steril dan direndam dalam larutan NaOCl 1% selama 1 menit, kemudian dibilas tiga kali dengan akuades steril untuk mengurangi kontaminasi.



Gambar 1. Planlet Anggrek Siap Aklimatisasi

Media Tanam dan Aklimatisasi

Media tanam yang digunakan berupa campuran pakis cacah, arang sekam, dan sphagnum moss dengan perbandingan 1:1:1, yang telah disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media dimasukkan ke dalam pot tanah berlubang, kemudian planlet ditanam secara hati-hati. Aklimatisasi dilakukan dengan suhu 25–30 °C dan kelembapan relatif 70–90%. Pada fase awal, planlet ditutup menggunakan sungkup plastik transparan untuk mempertahankan kelembapan, yang dibuka secara bertahap selama 14 hari.

Aplikasi Bakteri Simbiotik

Aplikasi bakteri simbiotik dilakukan dengan metode penyiraman media tanam. Perlakuan diberikan satu kali pada awal aklimatisasi, dengan volume aplikasi ± 10 ml per planlet sesuai konsentrasi perlakuan. Kegiatan pemeliharaan berupa penyiraman secara rutin untuk menjaga kelembapan media tanam agar tetap optimal bagi pertumbuhan planlet. Penyiraman dilakukan dengan frekuensi yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan (1–2 kali sehari), serta menggunakan air steril atau air bersih untuk mencegah kontaminasi. Selain penyiraman, dilakukan juga pengamatan berkala terhadap kondisi planlet, meliputi pertumbuhan, kesehatan tanaman, dan kemungkinan adanya serangan patogen atau kontaminan lainnya.

Parameter Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama 4 minggu setelah aklimatisasi, dengan parameter sebagai berikut:

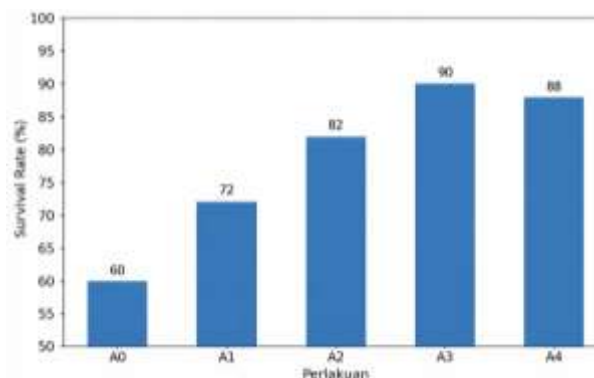
1. Tingkat Kelangsungan Hidup (%): Dihitung berdasarkan jumlah planlet hidup dibandingkan total planlet awal.
2. Tinggi Planlet (cm): Diukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh tertinggi.

3. Panjang Akar (cm): Diukur dari pangkal hingga ujung akar terpanjang.
4. Luas daun (cm²): Pengukuran luas daun dilakukan secara digital menggunakan citra daun yang dianalisis dengan perangkat lunak ImageJ
5. Kandungan Klorofil Total: Diukur menggunakan *SPAD chlorophyll meter*.

3 Hasil Dan Pembahasan

Tingkat Kelangsungan Hidup (%)

Hasil penelitian aplikasi bakteri simbiotik memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan planlet anggrek. Pengamatan dilakukan selama 4 minggu (Gambar 2).



Gambar 2. Tingkat kelangsungan hidup planlet anggrek pada berbagai konsentrasi bakteri simbiotik.

Perlakuan A3 menunjukkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi, yaitu 90%, sedangkan kontrol hanya mencapai 60%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa bakteri simbiotik berperan penting dalam membantu adaptasi planlet terhadap kondisi lingkungan *ex vitro*. Tinggi planlet dan panjang akar meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi bakteri simbiotik hingga perlakuan A3. Hal ini menandakan bahwa *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dapat mendukung ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, yang secara langsung berdampak pada peningkatan tingkat kelangsungan hidup tanaman (Vessey, 2003).

Sistem perakaran yang lebih berkembang membantu planlet menyerap air dan hara secara lebih efisien, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Selain itu faktor yang mempengaruhi presentase kelangsungan hidup planlet anggrek pada fase aklimatisasi adalah kemampuan tanaman dalam beradaptasi terhadap perubahan lingkungan dari kondisi *in vitro* ke *ex vitro* (Wibawati *et al.*, 2018).

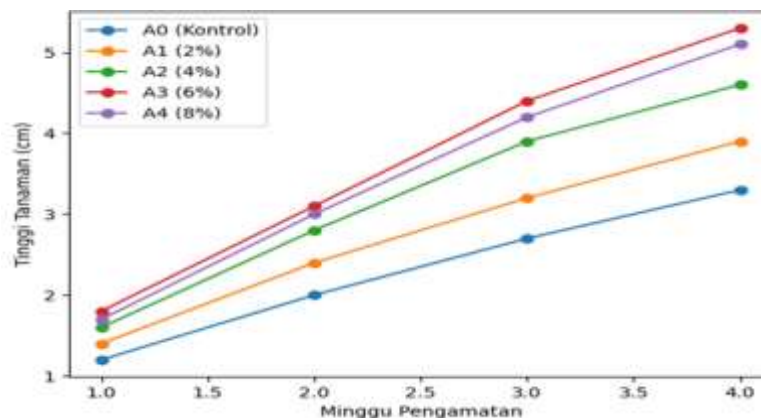


Gambar 3. Anggrek pasca-aklimatisasi yang menunjukkan tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan awal yang baik.

Kondisi anggrek pasca-aklimatisasi dengan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi serta pertumbuhan awal yang baik (Gambar 3). Tanaman terlihat mampu beradaptasi dengan lingkungan *ex vitro*, yang ditandai oleh kondisi daun dan akar yang sehat serta pertumbuhan yang relatif seragam. Hal ini mengindikasikan bahwa proses aklimatisasi berlangsung dengan baik dan mendukung keberhasilan adaptasi awal tanaman.

Tinggi Planlet

Tinggi planlet anggrek meningkat secara bertahap pada seluruh perlakuan selama 4 minggu pengamatan (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh aplikasi bakteri simbiotik terhadap tinggi planlet anggrek selama fase aklimatisasi

Perlakuan dengan aplikasi bakteri simbiotik menghasilkan pertumbuhan tinggi yang lebih baik dibandingkan kontrol. Perlakuan A3 (bakteri simbiotik 6%) menunjukkan pertumbuhan tertinggi pada setiap minggu pengamatan, diikuti oleh A4 (8%) dan A2 (4%). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi bakteri simbiotik 6% merupakan dosis optimum dalam mendukung pertumbuhan tinggi planlet anggrek selama fase aklimatisasi.

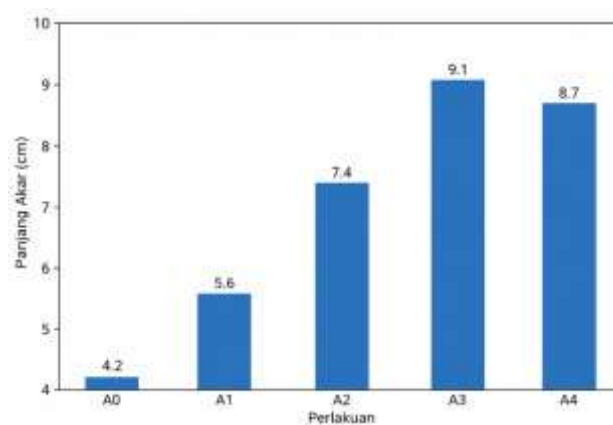
Pertumbuhan tinggi planlet anggrek selama 4 minggu pengamatan menunjukkan peningkatan yang konsisten pada seluruh perlakuan. Planlet yang diberi perlakuan bakteri simbiotik memiliki laju pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan kontrol sejak minggu pertama pengamatan. Perlakuan A3 memberikan respons pertumbuhan tertinggi hingga minggu keempat, yang menunjukkan peran bakteri simbiotik dalam meningkatkan ketersediaan

hara dan aktivitas fisiologis tanaman. Penurunan respons pada perlakuan A4 menunjukkan adanya batas optimum konsentrasi bakteri simbiotik yang diaplikasikan.

Ulinnuha & Farid (2023), menyatakan bahwa pemberian perlakuan biostimulan atau mikroorganisme selama fase aklimatisasi secara signifikan dapat meningkatkan persentase kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan tinggi planlet anggrek dibandingkan kontrol tanpa perlakuan biostimulasi. Mikroorganisme dalam PGPR juga menghasilkan fitohormon seperti IAA yang dapat merangsang pertumbuhan vegetatif planlet anggrek pada fase aklimatisasi, termasuk peningkatan tinggi tanaman (Arianbach *et al.*, 2023).

Panjang Akar

Panjang akar anggrek hasil pengamatan pada minggu ke empat disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh bakteri simbiotik terhadap panjang akar planlet anggrek.

Aplikasi bakteri simbiotik berpengaruh positif terhadap perkembangan sistem perakaran planlet. Panjang akar meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi bakteri hingga perlakuan A3. Akar terpanjang diperoleh pada perlakuan A3, sedangkan pada A4 terjadi sedikit penurunan. Hal ini menunjukkan adanya konsentrasi optimum bakteri simbiotik dalam mendukung pertumbuhan akar planlet anggrek.

Menurut Zakiah & Turnip (2023), pemilihan media tanam dan pemberian biostimulan dapat meningkatkan panjang akar planlet anggrek selama fase aklimatisasi, yang merupakan indikator penting keberhasilan adaptasi akar setelah transisi dari kultur jaringan *in vitro* ke *ex-vitro*. Pada fase aklimatisasi, panjang akar merupakan salah satu parameter penting yang mencerminkan kemampuan planlet anggrek dalam menyesuaikan diri terhadap lingkungan luar setelah peralihan dari kultur jaringan. Penelitian (Fitri *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa faktor seperti media tanam dan perlakuan biostimulan dapat meningkatkan panjang akar planlet secara signifikan, yang berkontribusi pada adaptasi fisiologis dan tingkat kelangsungan hidup yang lebih baik.

Luas Daun (cm²)

Perlakuan bakteri simbiotik, diketahui memiliki peran dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman melalui berbagai mekanisme fisiologis dan biokimia. Peningkatan luas daun pada tanaman anggrek yang menerima perlakuan bakteri simbiotik selama fase aklimatisasi dapat dijelaskan oleh beberapa efek utama PGPR terhadap tanaman. Hasil pengamatan selama 4 minggu pada anggrek yang telah diberi perlakuan, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Bakteri Simbiotik terhadap luas daun anggrek selama 4 minggu

Perlakuan	Luas Daun (cm ²)
A0	1,6d
A1	3,2c
A2	5,4b
A3	6,3a
A4	5,9ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil uji lanjut DMRT taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun tanaman. Perlakuan A3 dan A4 berada pada kelompok yang sama (a), menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut menghasilkan luas daun tertinggi dan tidak berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan A2 berada pada kelompok berbeda (b), sedangkan A1 dan A0 masing-masing berada pada kelompok c dan d dengan nilai luas daun terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan perlakuan hingga tingkat tertentu mampu meningkatkan luas daun tanaman.

Peningkatan luas daun anggrek pada perlakuan bakteri simbiotik selama 4 minggu pengamatan menunjukkan bahwa keberadaan bakteri berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman selama fase aklimatisasi. Bakteri simbiotik, khususnya kelompok *plant growth-promoting microorganisms*, diketahui mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial seperti nitrogen dan fosfor, serta menghasilkan fitohormon yang berperan dalam pembelahan dan pembesaran sel daun. Luas daun yang lebih besar mencerminkan proses ekspansi sel yang lebih optimal, sehingga tanaman memiliki kapasitas fotosintesis yang lebih baik dibandingkan tanaman tanpa perlakuan pemberian bakteri simbiotik (El-Mageed *et al.*, 2022).

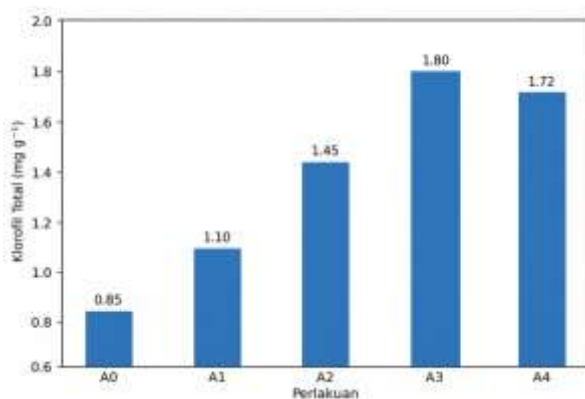
Selama periode pengamatan 4 minggu, peningkatan luas daun juga mengindikasikan bahwa tanaman mampu beradaptasi lebih cepat terhadap lingkungan *ex vitro*. Pada fase aklimatisasi, planlet anggrek umumnya mengalami stres fisiologis akibat perubahan kondisi kelembapan, cahaya, dan ketersediaan nutrisi. Inokulasi bakteri simbiotik dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan memperbaiki status fisiologis tanaman, sehingga mendukung pembentukan daun yang lebih luas dan sehat. Penelitian Jaoudé *et al.*, (2025) menyatakan bahwa aplikasi konsorsium PGPR secara

signifikan meningkatkan luas dan biomassa daun pada tanaman hortikultura melalui peningkatan aktivitas fotosintesis dan metabolisme tanaman.

Peningkatan luas daun pada tanaman anggrek yang diberi perlakuan bakteri simbiotik memiliki implikasi penting terhadap keberhasilan aklimatisasi. Daun dengan luas permukaan yang lebih besar memungkinkan penangkapan cahaya yang lebih optimal, sehingga mendukung proses fotosintesis dan penyediaan energi untuk pertumbuhan organ lainnya. Kondisi ini sangat penting pada tahap awal aklimatisasi, ketika tanaman harus segera menyesuaikan diri dengan lingkungan baru. Oleh karena itu, hasil pengamatan ini memperkuat pernyataan bahwa aplikasi bakteri simbiotik merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan performa pertumbuhan vegetatif, khususnya luas daun, selama fase aklimatisasi anggrek (Ng *et al.*, 2024).

Kandungan Klorofil Total

Kandungan klorofil total merupakan parameter fisiologis penting yang mencerminkan aktivitas fotosintesis dan status nutrisi planlet anggrek (Apherta *et al.*, 2025). Kandungan klorofil diamati pada minggu ke empat pengamatan.



Gambar 6. Kandungan klorofil total daun planlet anggrek pada berbagai perlakuan

Pengukuran klorofil total leaf (mg/g) merupakan indikator fisiologis penting karena berkorelasi dengan efisiensi fotosintesis dan status nutrisi tanaman, dan dapat diperkirakan menggunakan meter SPAD atau metode spektrofotometri (Nurbaiti *et al.*, 2025). Kandungan klorofil total daun planlet anggrek meningkat pada perlakuan dengan bakteri simbiotik dibandingkan kontrol. Perlakuan A3 menghasilkan klorofil total tertinggi, yang menunjukkan kondisi fisiologis tanaman yang lebih baik. Penurunan ringan pada perlakuan A4 mengindikasikan bahwa konsentrasi bakteri yang terlalu tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan aktivitas fisiologis tanaman.

Aplikasi bakteri simbiotik terbukti mampu meningkatkan keberhasilan aklimatisasi planlet anggrek yang ditunjukkan oleh peningkatan pertumbuhan vegetatif, sistem perakaran, kandungan klorofil, serta tingkat kelangsungan hidup. Peningkatan tinggi planlet dan panjang akar pada perlakuan dengan bakteri simbiotik berkaitan erat dengan peran

bakteri sebagai *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR), yang mampu memproduksi fitohormon seperti auksin (IAA), melarutkan fosfat, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman (Desoky *et al.*, 2020). Sejalan dengan hasil penelitian Rahmandhias *et al.*, (2024), inokulasi PGPR menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kandungan klorofil daun pada tanaman yang berada di bawah kondisi stres, mengindikasikan peran PGPR dalam mempertahankan aktivitas fotosintesis.

Tingginya tingkat kelangsungan hidup pada perlakuan A3 menunjukkan bahwa bakteri simbiotik berperan penting dalam meningkatkan toleransi planlet terhadap stres lingkungan selama transisi dari kondisi *in vitro* ke *ex vitro*. Planlet yang baru keluar dari kultur jaringan umumnya memiliki kutikula yang belum sempurna dan sistem perakaran yang lemah, sehingga sangat rentan terhadap cekaman lingkungan. Kehadiran bakteri simbiotik membantu mempercepat adaptasi fisiologis planlet dengan meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara.

Peningkatan kandungan klorofil total pada daun planlet menunjukkan bahwa bakteri simbiotik berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas fotosintesis. Kondisi ini berkorelasi positif dengan pertumbuhan vegetatif planlet yang lebih baik. Kandungan klorofil yang tinggi mencerminkan status nutrisi nitrogen yang lebih optimal, yang kemungkinan berasal dari kemampuan bakteri dalam fiksasi nitrogen dan peningkatan serapan unsur hara oleh akar (Zhang, *et al.*, 2024). Namun demikian, penurunan respon pertumbuhan pada konsentrasi bakteri tertinggi (8%) menunjukkan bahwa terdapat batas optimum konsentrasi bakteri simbiotik. Konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan kompetisi bakteri atau ketidakseimbangan mikroekologi di sekitar akar, sehingga tidak memberikan tambahan manfaat bagi tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa penentuan dosis yang tepat sangat penting agar penggunaan mikroorganisme bisa memberikan hasil yang optimal.

4 Kesimpulan

Aplikasi bakteri simbiotik berpengaruh nyata terhadap keberhasilan aklimatisasi planlet anggrek. Konsentrasi bakteri simbiotik 6% merupakan perlakuan optimum yang mampu meningkatkan pertumbuhan, kandungan klorofil, dan tingkat kelangsungan hidup planlet hingga 90%. Pemanfaatan bakteri simbiotik berpotensi dikembangkan sebagai teknologi hayati untuk mendukung perbanyakan anggrek secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muria Kudus (UMK) atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Muria

Kudus atas fasilitas, sarana, dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alpandari, H., Krestiani, V., Krestiani, V., Sari, S. I., & Sari, S. I. (2024). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Okra Hijau (*Abelmoschus esculentus* L.) Terhadap Konsentrasi Dan Frekuensi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*, 3(1), 13–17. <https://doi.org/10.24176/mjagrotek.v3i1.13088>
- Apherta, N., Nurcahyani, E., Yulianty, & Wahyuningsih, S. (2025). Analisis Kandungan Klorofil Planlet Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl.] Hasil Seleksi Dengan Poly Ethylene Glycol (PEG) 6000 Secara In Vitro. *Bioma: Jurnal Mikrobiologi Makasar*, 10(1), 126–136.
- Arianbach, A. F., Saputra, H. M., & Zasari, M. (2023). Respons Pertumbuhan Planlets Anggrek *Phalaenopsis* terhadap Pemberian BA dan NAA Selama Aklimatisasi. *JURNAL AGROTROPIKA*, 22(2), 128. <https://doi.org/10.23960/ja.v22i2.7855>
- Chamara, R. M. S. R., Miyoshi, K., Yukawa, T., Asai, N., & Ogura-Tsujita, Y. (2024). Orchid Mycorrhizal Association of Cultivated *Dendrobium* Hybrid and Their Role in Seed Germination and Seedling Growth. *Microorganisms*, 12(6), 1176. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061176>
- Desoky, E.-S. M., Saad, A. M., El-Saadony, M. T., Merwad, A.-R. M., & Rady, M. M. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria: Potential improvement in antioxidant defense system and suppression of oxidative stress for alleviating salinity stress in *Triticum aestivum* (L.) plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30, 101878. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101878>
- El-Mageed, T. A. A., El-Mageed, S. A. A., El-Saadony, M. T., Abdelaziz, S., & Abdou, N. M. (2022). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Growth, Morph-Physiological Responses, Water Productivity, and Yield of Rice Plants Under Full and Deficit Drip Irrigation. *Rice*, 15(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12284-022-00564-6>
- Fitri, H. R., Rahayu, T., Jayanti, G. E., & Agisimanto, D. (2024). Pengaruh Variasi Konsentrasi Indole Butyric Acid (IBA) Terhadap Pertumbuhan Anggrek (*Dendrobium canaliculatum*) Pada Media Tumbuh Moss Putih. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 9(2), 38–46. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v9i2.507>
- Hartati, S., Budiyo, A., & Cahyono, O. (2016). Pengaruh NAA Dan BAP Terhadap Pertumbuhan Subkultur Anggrek Hasil Persilangan *Dendrobium biggibum* X *Dendrobium liniale*. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 31(1), 33. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v31i1.11938>
- Hidayati, N. Z., Saptadi, D., & Soetopo, L. (2016). Analisis Hubungan Kekerabatan 20 Spesies Anggrek *Dendrobium* Berdasarkan Karakter Morfologi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(4), 291–297.
- Jaoudé, R. A., Luziatelli, F., Ficca, A. G., & Ruzzi, M. (2025). Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Synthetic Consortium on Growth, Yield, and Metabolic Profile of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown Under Suboptimal Nutrient Regime. *Horticulturae*, 11(1), 64. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11010064>
- Ng, C. W. W., Yan, W. H., Xia, Y. T., Tsim, K. W. K., & To, J. C. T. (2024). Plant growth-promoting rhizobacteria enhance active ingredient accumulation in medicinal plants

- at elevated CO₂ and are associated with indigenous microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1426893. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1426893>
- Nurbaiti, S., Milasari, A. F., Wibowo, W. A., Nilamsari, E. I., & Rachmawati, D. (2025). Assessing Foliar Chlorophyll Content with SPAD-502 Chlorophyll Meter: A Comparison with Spectrophotometer Method in Various Plants. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 7(1), 50–56. <https://doi.org/10.26740/jrba.v7n1.p50-56>
- Prakoso, T., Alpandari, H., Aji, I. K., & Astuti, A. F. T. (2025). The Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Types and Concentration on Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Growth and Yield. *AgroTech Food Science, Technology and Environment*, 4(2), 90–98. <https://doi.org/10.53797/agrotech.v4i2.9.2025>
- Rahmandhias, D. T., Karyawati, A. S., Hariyono, D., & Maghfoer, M. D. (2024). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on growth and yield of shallots on saline soils. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(4), 6461–6469. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.114.6461>
- Ulinnuha, Z., & Farid, N. (2023). Pertumbuhan Planlet Anggrek *Papilionanthe hookeriana* x *Vanda limbata* yang Diinokulasikan *Trichoderma* sp. Pada Fase Aklimatisasi. *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(2), 115–121. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v5i2.1265>
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Wibawati, Z., Sarungallo, A., & Barahima Abbas. (2020). Pertumbuhan Anggrek *Grammatophyllum scriptum* Asal Kultur In Vitro Pada Berbagai Macam Formulasi Media Tumbuh Berbasis Ampas Sagu. *Cassowary*, 3(2), 91–100. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v3.i2.49>
- Yang, P., Condrich, A., Scranton, S., Hebner, C., Lu, L., & Ali, M. A. (2024). Utilizing Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) to Advance Sustainable Agriculture. *Bacteria*, 3(4), 434–451. <https://doi.org/10.3390/bacteria3040030>
- Yasmin, Z. F., Aisyah, S. I., & Sukma, D. (2018). Pembibitan (Kultur Jaringan hingga Pembesaran) Anggrek *Phalaenopsis* di Hasanudin Orchids, Jawa Timur. *Buletin Agrohorti*, 6(3), 411. <https://doi.org/10.29244/agrob.6.3.411-420>
- Zakiah, Z., & Turnip, M. (2023). Improving The Growth And Adaptation Of The Black Orchid Plantlet (*Coelogyne Pandurata* Lindl) In Various Growing Media by Giving Plant Extracts as Biostimulants at The Acclimatization Stage. *JURNAL AGRONOMI TANAMAN TROPIKA (JUATIKA)*, 5(2), 301–310. <https://doi.org/10.36378/juatika.v5i2.3113>
- Zhang, T., Jian, Q., Yao, X., Guan, L., Li, L., Liu, F., Zhang, C., Li, D., Tang, H., & Lu, L. (2024). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and quality of several crops. *Heliyon*, 10(10), e31553. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31553>

Peran Modal Sosial Pada Kelompok Wanita Tani (KWT) Tunas Subur Di Desa Salimbatu Kabupaten Bulungan

Nia Kurniasih Suryana^{1*}, Zulhafandi¹

¹ Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan,
Jl. Amal Lama No 1 Tarakan

Email : nia@borneo.ac.id

Submit : 16-02-2026

Revisi : 20-04-2026

Diterima : 08-05-2026

ABSTRACT

The women's farmer group is a collection of farmers formed on the basis of similarity, interests, similar environmental conditions, participation, and solidarity, as well as for shared goals. Social capital plays an important role in strengthening institutions by maintaining and building social integration and serving as a social glue within the community. This study aims to determine the role of social capital in the Tunas Subur Women's Farmer Group in Salimbatu Village. The sampling method used the census method, taking one population group as a sample consisting of 15 samples. The analysis used is qualitative descriptive analysis, which includes data collection, data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The results of this study indicate that social capital plays an important role in strengthening the performance of the Tunas Subur Women's Farmer Group in Salimbatu Village. Elements of trust, mutual cooperation, social networks, norms, and participation promote effective collaboration, enhance group capacity, and support the sustainability of farming. Overall, social capital contributes to strengthening the institutional capacity of the group and improving the welfare of members of the Tunas Subur Women Farmers Group in Salimbatu Village Bulungan Regency.

Keywords: *Farmer Women's Group, Institutional Strengthening, Social Capital, Social Network, Welfare*

ABSTRAK

Kelompok wanita tani adalah sekumpulan petani dibentuk atas dasar kesamaan, kepentingan, kesamaan kondisi lingkungan, partisipasi dan solidaritas serta untuk tujuan bersama. Modal sosial memiliki peran penting dalam penguatan kelembagaan dengan memelihara dan membangun integrasi sosial, serta menjadi perekat sosial didalam masyarakat. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui peran modal sosial pada kelompok Wanita Tani Tunas Subur di Desa Salimbatu. Metode penentuan sampel menggunakan metode sensus, dengan mengambil satu kelompok populasi sebagai sampel sebanyak 15 sampel. Analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif yang terdiri dari pengumpulan data, reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modal sosial berperan penting dalam memperkuat kinerja Kelompok Wanita Tani Tunas Subur di Desa Salimbatu. Unsur kepercayaan, gotong royong, jaringan sosial, norma, dan partisipasi mendorong kerja sama yang efektif, meningkatkan kapasitas kelompok, serta mendukung keberlanjutan usahatani. Secara keseluruhan, modal sosial berkontribusi pada penguatan kelembagaan kelompok dan peningkatan kesejahteraan anggota Kelompok Wanita Tani Tunas Subur di Desa Salimbatu Kabupaten Bulungan.

Kata kunci: *Modal Sosial, Kelompok Wanita Tani, Kelembagaan, Jaringan Sosial, Kesejahteraan*

1 Pendahuluan

Permasalahan pembangunan pertanian di Indonesia bersifat kompleks, mulai dari keterbatasan infrastruktur, sulitnya akses permodalan dan teknologi, hingga lemahnya kelembagaan petani, yang secara kumulatif membuat tingkat kesejahteraan petani tetap rendah (Haryanto et al., 2022). Organisasi petani berperan strategis sebagai wadah pemberdayaan, dan salah satu bentuknya adalah Kelompok Wanita Tani (KWT). KWT terbukti efektif meningkatkan kapasitas dan posisi tawar perempuan dalam sistem pertanian (Baruah et al., 2022),

KWT dibentuk atas dasar kesamaan kepentingan, kesamaan kondisi lingkungan (sosial, ekonomi, dan sumber daya), partisipasi dan solidaritas, serta tujuan bersama (Al Nido dkk., 2024). Kelompok ini menghendaki terwujudnya pertanian yang baik, usahatani yang optimal, dan keluarga tani yang sejahtera dalam upaya peningkatan kesejahteraan petani. Para anggota dibina agar memiliki pandangan dan minat yang sama, atas dasar semangat kekeluargaan (Zahra et al., 2025).

Peningkatan kesejahteraan petani melalui kelembagaan KWT memerlukan penguatan kapasitas sosial atau modal sosial dalam kelompok tersebut. Modal sosial, yang tercermin melalui kepercayaan, norma, jejaring, timbal balik, dan partisipasi, berkontribusi dalam mendorong kerjasama, pengambilan keputusan kolektif, serta kemampuan adaptasi petani kecil (Hendrita & Firnando, 2026). Modal sosial yang tumbuh atas dasar norma-norma bersama akan memperkuat entitas masyarakat, menciptakan ruang berbagi ide dan pemikiran, serta mendorong peningkatan partisipasi masyarakat dalam berbagai bentuk kegiatan (Lestari et al., 2025). Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa modal sosial menuntut masyarakat untuk mengembangkan nilai-nilai seperti partisipasi, jaringan, gotong royong, norma sosial, dan kepercayaan, sebagai dimensi yang menggambarkan bagaimana masyarakat bekerja sama mencapai tujuan bersama atas dasar nilai dan norma yang berlaku (Subedi, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan peran modal sosial dalam berbagai konteks, seperti pengelolaan sumber daya alam (Serawitu, 2021), strategi bertahan hidup (Prayoga, 2021), serta pemeliharaan integrasi sosial dan perekat sosial di masyarakat (Sari et al., 2024). Penelitian tersebut umumnya membahas modal sosial secara umum pada komunitas atau kelompok tani campuran, dan belum banyak yang secara spesifik mengaitkan dimensi-dimensi modal sosial yaitu jaringan, kepercayaan, dan norma dengan kinerja kelembagaan KWT. Kawasan perbatasan Kalimantan Utara merupakan wilayah dengan karakteristik sosial-geografis yang berbeda dibandingkan kelompok tani pada umumnya.

KWT Tunas Subur yang terletak di Desa Salimbatu, Kecamatan Tanjung Palas Tengah, Kabupaten Bulungan, merupakan satu dari sembilan KWT yang menjalankan

berbagai kegiatan usahatani dan pembelajaran melalui penyuluhan. Kelompok ini memiliki modal sosial yang telah terbangun dan berkembang yang ditunjukkan dengan keaktifan anggota dalam kegiatan penyuluhan dan praktik gotong royong dalam kegiatan pertanian maupun kegiatan sosial lainnya. Keberagaman karakteristik anggota menimbulkan tantangan tersendiri dalam organisasi. Kurangnya pengalaman kerja sama menyebabkan sebagian anggota cenderung individualis, sementara kapasitas komunikasi yang belum optimal berdampak pada kemampuan kelompok dalam menghadapi tantangan eksternal. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan modal sosial belum sepenuhnya termanfaatkan secara maksimal untuk memperkuat kelembagaan KWT Tunas Subur.

Modal sosial dapat dipandang sebagai investasi untuk memperoleh sumber daya baru dalam masyarakat, penelitian ini menempatkan modal sosial sebagai komponen utama yang menggerakkan kebersamaan, kepercayaan, dan saling menguntungkan demi mencapai kemajuan bersama kelompok. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran modal sosial (jaringan, norma, dan kepercayaan) dalam memperkuat kapasitas kelembagaan KWT Tunas Subur di Desa Salimbatu, Kabupaten Bulungan, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mendukung maupun menghambat optimalisasi modal sosial tersebut dalam mendukung kinerja kelompok.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan berdasarkan observasi pendahuluan yang dilakukan, peneliti menemukan adanya nilai-nilai sosial didalam Kelompok Wanita Tani Tunas Subur.

Metode sensus digunakan untuk penentuan sampel dimana satu kelompok populasi diambil sebagai sampel secara keseluruhan dan menggunakan kuesioner terstruktur sebagai alat pengumpulan data utama untuk mengumpulkan informasi yang spesifik (Sugiono, 2020). Dalam penelitian ini jumlah populasi dan sampel sebanyak 15 orang dengan informan kunci (*key informan*) yaitu Pendamping Lapangan dan Kepala Desa.

Pengumpulan data menggunakan panduan wawancara berupa pertanyaan terbuka yang berkenaan dengan modal sosial yang meliputi kepercayaan, norma sosial, gotong-royong, jaringan sosial dan partisipasi. Analisis data menggunakan analisis deskriptif kualitatif yang terdiri dari pengumpulan data, reduksi data, penyajian data pada penelitian kualitatif adalah melalui teks yang bersifat naratif, dan penarikan kesimpulan dan verifikasi

Parameter pengamatan yang diturunkan dari 6 topik data/modal sosial berserta narasumber untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Topik data dalam pengamatan modal sosial di Kelompok Wanita Tani Tunas Subur Desa Salimbatu

Topik Data	Paramater Pengamatan	Sumber Informasi
Kepercayaan	- Perasaan saling memiliki - Rasa percaya antar anggota kelompok	Key Informan/Responden
Norma Sosial	- Orientasi/tujuan kelompok - Aturan–aturankolektif dalam kelompok - Adanya <i>reward</i> dan <i>punishment</i> dalam kelompok	Key Informan/Responden
Gotong-Royong	Aktivitas yang dilakukan secara bersama–sama untuk mencapai tujuan bersama.	Key Informan/Responden
Jaringan Sosial	- Hubungan eksternal dengan pihak luar - Kerjasama yang dibangun dengan kelompok lain - Kerjasama dengan sesama anggota kelompok tani.	Key Informan/Responden
Partisipasi	- Ikut serta dalam kegiatan penyuluhan/pemberdayaan - Terlibat dalam aktivitas kelompok - Berkontribusi secara moril/materil dalam kegiatan kelompok - Keberlanjutan dalam keikutsertaan dalam kegiatan penyuluhan/pemberdayaan	Key Informan/Responden

3 Hasil dan Pembahasan

Profil responden

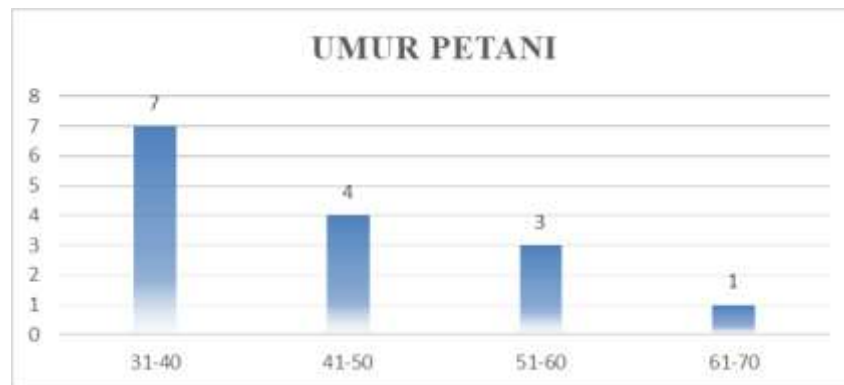
Anggota KWT Tunas subur memiliki pendidikan formal yang berbeda-beda. Tingkat pendidikan anggota didominasi tidak pernah mendapatkan pendidikan formal/tidak sekolah yang mencapai 7 dari 15 orang (47%), 5 orang tamatan Sekolah Dasar (SD) (33%) dan 3 orang tamatan SMA/Sederajat (20%) (Gambar 1). Pendidikan anggota KWT relatif tergolong rendah.



Gambar 1. Tingkatan Pendidikan Anggota KWT Tunas Subur

Tingkat pendidikan mempengaruhi pengetahuan dan informasi yang didapat petani dalam berusahatani. Rendahnya pendidikan petani dapat menunjukkan kualitas sumber daya kurang memadai dalam pengembangan usahatani yang lebih baik (Utari et al., 2022;

Kurniati, 2020). Pendidikan nonformal seperti pelatihan dan penyuluhan dapat mempengaruhi tingkat adopsi inovasi teknologi, di samping usia petani, luas lahan, peran media informasi, dan peran pendamping (Adawiyah et al., 2017).



Gambar 3. Umur Anggota KWT Tunas Subur

Usia petani Tunas Subur, sebanyak 7 orang berumur 31-40 tahun, 4 orang berumur 41-50 tahun, 3 orang berumur 51-60 tahun dan 1 orang berumur diatas 60 tahun. Umur dan pengalaman usahatani berpengaruh positif yang langsung tapi tidak signifikan terhadap kapasitas anggota kelompok tani (Irnawati et al, 2023). Handayani et al., (2025), menambahkan Usia dan tingkat pendidikan secara parsial tidak berpengaruh sedangkan kapabilitas pemimpin, intensitas sosialisasi, dan stimulus dari pemerintah atau pihak luar secara parsial berpengaruh terhadap partisipasi anggota.

Kepercayaan

Hasil wawancara pada topik kepercayaan menunjukkan rasa saling percaya yang baik antar anggota. Indikator kepercayaan ini ditunjukkan dengan beberapa aktifitas yang dilakukan sesama anggota diantaranya adalah meminjamkan uang kepada anggota lain tanpa meminta jaminan ataupun tenggang waktu untuk dilakukan pembayaran. Selain itu, menggunakan dan peminjaman alat dan mesin pertanian (alsintan) dilakukan secara sukarela dan tanpa adanya kekhawatiran. Rasa saling memiliki membuat peminjam alsintan menjaga dan memperbaiki apabila terjadi kerusakan.

Menurut Arum et al. (2023), kepercayaan menjadi variabel paling dominan dan menjadi faktor penentu utama peningkatan kesejahteraan anggota Gapoktan Agro Mandiri, Desa Selur, Kecamatan Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, melampaui kontribusi jaringan dan norma sosial. Saling percaya antar anggota menjadi kekuatan dalam pengembangan kelompok tani berbasis modal sosial dan kepercayaan terhadap ilmu pengetahuan menjadi faktor kelemahannya (Zulhafandi et al., 2023).

Norma Sosial

Norma sosial yang berlaku dalam KWT Tunas Subur di Desa Salimbatu umumnya terbentuk dari nilai kebersamaan, budaya lokal, dan aturan kelompok yang disepakati bersama. Norma sosial ini berfungsi sebagai pedoman perilaku anggota agar kegiatan

kelompok berjalan tertib, harmonis, dan produktif (Zahra et al., 2025). Norma-norma tersebut antara lain partisipasi setiap anggota dalam kegiatan kelompok seperti pertemuan rutin, kerja bersama (gotong royong), dan kegiatan usahatani. Ketidakhadiran tanpa alasan yang jelas biasanya dianggap melanggar komitmen kelompok. Norma ini menumbuhkan rasa tanggung jawab kolektif.

Setiap keputusan penting dalam kelompok diambil melalui musyawarah untuk mencapai mufakat. Kejujuran dalam pengelolaan keuangan kelompok, pembagian hasil, dan pelaksanaan program sangat dijunjung tinggi. Peran perempuan dalam forum-forum musyawarah desa dan kelompok usaha bersama mengalami peningkatan. Namun, norma budaya patriarkal, minimnya dukungan keluarga, serta keterbatasan akses terhadap pelatihan teknis dan sumber daya masih menjadi tantangan utama dalam pengambilan keputusan (Chika et al., 2025). Norma sosial berfungsi sebagai aturan tidak tertulis yang mengatur perilaku anggota, menjaga keharmonisan kelompok, dan meningkatkan kerja sama. Norma ini mencakup kewajiban hadir pertemuan, saling percaya, pembagian tugas berdasarkan kesepakatan, serta aturan bersama yang dipatuhi untuk mencapai tujuan kelompok sehingga hubungan antaranggota menjadi lebih tertib dan produktif (Tondotuon, 2025)

Gotong Royong

Nilai gotong royong yang berlaku dalam Kelompok Wanita Tani (KWT) Tunas Subur di Desa Salimbatu merupakan wujud kerja sama kolektif antaranggota dalam menjalankan kegiatan usahatani dan aktivitas sosial kelompok. Gotong royong tidak hanya dipahami sebagai bantuan tenaga, tetapi juga sebagai bentuk solidaritas sosial yang memperkuat hubungan antar anggota. Anggota saling membantu dalam pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan, hingga panen. Sistem kerja bersama ini meringankan beban pekerjaan, meningkatkan efisiensi waktu, serta memperkuat rasa kebersamaan. Katarina et al., (2025), menambahkan bahwa gotong royong terwujud dalam setiap tahapan usaha tani sebagai mekanisme kerja kolektif yang menekan biaya produksi, mengatasi kekurangan tenaga kerja, sekaligus memperkuat ikatan sosial antarpetani.

Gotong-royong ini sudah terbangun sebelum dibentuknya kelompok tani, masyarakat di Desa Salimbatu sering melakukan aktivitas tersebut tidak hanya dalam pertanian tetapi juga membangun rumah ibadah, membersihkan saluran irigasi serta dalam kegiatan adat dan keagamaan.

Keterlibatan anggota dalam kegiatan gotong royong terbukti meningkatkan kinerja kelompok tani, terutama dalam kegiatan pembukaan lahan, pengendalian hama terpadu, dan pemeliharaan tanaman. Gotong royong berperan sebagai mekanisme sosial yang kuat dalam mendorong rasa kebersamaan, saling membantu, dan tanggung jawab kolektif di antara anggota masyarakat. Interaksi yang terbangun melalui kegiatan ini mempererat

hubungan sosial dan menciptakan semangat kolektif yang penting bagi ketahanan sosial serta meningkatkan kesadaran lingkungan secara signifikan (Sarfanudin et al., 2025)

Jaringan Sosial

Nilai jaringan sosial dalam KWT Tunas Subur di Desa Salimbatu tercermin dari hubungan yang terjalin baik di antara anggota kelompok maupun dengan pihak luar yang mendukung kegiatan pertanian. Jaringan sosial ini menjadi sarana penting untuk memperluas akses informasi, sumber daya, dan peluang usaha bagi anggota kelompok. KWT Tunas Subur membangun hubungan dengan penyuluh pertanian dan instansi terkait untuk memperoleh pendampingan teknis, pelatihan, serta akses terhadap program bantuan. Jaringan ini meningkatkan kapasitas anggota dalam mengelola usahatani di wilayah Kabupaten Bulungan. Kelompok menjalin hubungan dengan pedagang, konsumen, atau pelaku usaha lokal untuk memasarkan hasil pertanian. Jaringan pemasaran membantu meningkatkan nilai jual produk dan memperluas peluang ekonomi anggota.

Kerja sama dengan kelompok tani lain memungkinkan terjadinya pertukaran pengalaman, pembelajaran bersama, dan kolaborasi dalam kegiatan pertanian atau pelatihan. Zulhafandi (2023) mengatakan jaringan social sangat berperan dalam meningkatkan kesejahteraan petani melalui perluasan jaringan pemasaran sehingga petani memiliki pilihan yang baik dalam memasarkan hasil usahatannya. Modal sosial yang berasal dari jaringan juga membantu memperkuat norma sosial, membantu memecahkan masalah kolektif, dan mengurangi biaya transaksi dalam hubungan sosial dan ekonomi (Nurfadillah et al., 2024). Sumarningsih & Kurniasari (2025), menambahkan bahwa peningkatan hubungan sosial antaranggota secara signifikan mendorong keberlanjutan kelompok. Pentingnya komunikasi, kolaborasi, dan jejaring dalam mendukung fungsi kelompok tani secara kolektif.

Partisipasi

Menurut Utari et al (2022), partisipasi adalah ketika seseorang secara sadar berpartisipasi dalam interaksi sosial dalam situasi tertentu. Partisipasi dalam KWT Tunas Subur di Desa Salimbatu mencerminkan keterlibatan aktif anggota dalam setiap tahapan kegiatan kelompok, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi program. Partisipasi tidak hanya dimaknai sebagai kehadiran fisik, tetapi juga sebagai kontribusi ide, tenaga, dan tanggung jawab terhadap kemajuan kelompok. Anggota KWT terlibat dalam musyawarah untuk merumuskan rencana kerja kelompok, menentukan jenis usaha tani, serta menyusun pembagian tugas. Anggota KWT berperan aktif dalam kegiatan usahatani, pelatihan, dan kerja bersama.

Tingkat keikutsertaan yang tinggi mencerminkan komitmen anggota terhadap tujuan kelompok. Partisipasi juga terlihat dalam kepatuhan terhadap aturan kelompok,

pembayaran iuran, serta keterlibatan dalam kegiatan sosial. Partisipasi yang ditunjukkan dengan keaktifan, kehadiran dan konsistensi anggota kelompok, timbal balik yang ditunjukkan melalui tindakan sukarela, respon positif dan kesediaan anggota dalam berbagai kegiatan. Umur, pendidikan formal dan atau nonformal petani, pekerjaan dan akses komunikasi merupakan faktor yang mempengaruhi partisipasi petani (Khasanah et al, 2023; Wuri et al., 2021). Partisipasi tidak hanya berbentuk kehadiran fisik, tetapi juga kontribusi ide, tenaga, dan komitmen untuk mencapai tujuan bersama, sehingga menjadi kunci keberhasilan pemberdayaan dan penguatan kelembagaan Masyarakat (Suryana & Hendris, 2019).

Modal sosial yang berkembang didalam KWT Tunas Subur diantaranya berupa kepercayaan yang sudah ada dan terbangun semenjak kelompok ini berdiri, norma sosial yang berisikan aturan-aturan tertulis maupun tidak tertulis dan gotong-royong dalam melaksanakan aktivitas secara bersama-sama. Jaringan sosial berupa kerjasama yang dibangun untuk menguatkan kapasitas sosial dalam pertukaran informasi dengan kelompok/organisasi lain dan partisipasi kelompok dalam mengikuti kegiatan-kegiatan yang meningkatkan keberdayaan anggota dan keluarga tani.

4 Kesimpulan

Modal sosial (kepercayaan, jaringan sosial, norma, gotong royong, dan partisipasi) berkontribusi signifikan dalam memperkuat keberlangsungan KWT Tunas Subur di Desa Salimbatu. Modal Sosial juga meningkatkan kinerja kelompok, keberlanjutan usaha tani, dan kesejahteraan anggota di wilayah Kabupaten Bulungan. Tingginya tingkat kepercayaan mendorong terciptanya hubungan yang harmonis dan koordinasi yang efektif. Nilai gotong royong memperkuat solidaritas dalam pelaksanaan kegiatan usahatani. Jaringan sosial dapat memperluas akses terhadap informasi, pendampingan, dan peluang pemasaran, sehingga mendukung peningkatan kapasitas anggota. Partisipasi aktif anggota dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kegiatan menunjukkan adanya rasa memiliki terhadap kelompok. Norma sosial yang disepakati bersama mampu menciptakan keteraturan organisasi dan memperkuat komitmen anggota.

Daftar Pustaka

- Adawiyah, C. R., Sumardjo, & Mulyani, E. S. (2017). *Peran Komunikasi Kelompok Tani dalam Adopsi Inovasi: Kasus Upsus Pajale di Kabupaten Malang* [Institut Pertanian Bogor]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/88570>
- Al Nido, R., Rili Windiasih, Adhi Iman Sulaiman, Krismiwati Muatip, & Lilik Kartika Sari. (2024). Model pemberdayaan kelompok wanita tani (KWT) melalui modal sosial untuk menjaga kohesivitas kelompok: Indonesia. *Agrivet: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian dan Peternakan (Journal of Agricultural Sciences and Veteriner)*, 12(1),

- 117–132. <https://doi.org/10.31949/agrivet.v12i1.10088>
- Arum, P. S., Ibrahim, J. T., & Bakhtiar, A. (2023). Pengaruh Modal Sosial Terhadap Kesejahteraan Petani (Studi Kasus di GAPOKTAN (Gabungan Kelompok Tani) Agro Mandiri Desa Selur Kecamatan Ngrayun Kabupaten Ponorogo). *Jurnal Agribest*, 7(2), 155–161. <https://doi.org/10.32528/agribest.v7i2.21123>
- Baruah, S., Mohanty, S., & Rola, A. C. (2022). Empowering women farmers through collective action: A case study of Khanizpur Hamlet, Odisha. *Gender, Technology and Development*, 26(1), 58–73. <https://doi.org/10.1080/09718524.2022.2040218>
- Chika, P. N., Natalia Siregar, G. D., Sinaga, K. M., & Ummah, A. (2025). Ketidaksetaraan Gender dalam Pembangunan Perdesaan dan Partisipasi Perempuan dalam Pengambilan Keputusan di Nusa Tenggara Timur pada Periode Kepemimpinan Victor Laiskodat 2018. *Jurnal Administrasi Pemerintahan Desa*, 6(2), 12. <https://doi.org/10.47134/villages.v6i2.258>
- Handayani, I. F., Mariyono, J., & Gayatri, S. (2025). Faktor-faktor yang Memengaruhi Partisipasi Anggota Pada Kelompok Tani Tampirejo Makmur di Kelurahan Rowosari Tembalang Semarang. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 11(2), 3962. <https://doi.org/10.25157/ma.v11i2.19678>
- Haryanto, Y., Rusmono, M., Aminudin, A., Pury Purboingtyas, T., & Gunawan, G. (2022). Analisis Penguatan Kelembagaan Ekonomi Petani pada Komunitas Petani Padi di Lokasi Food Estate. *Jurnal Penyuluhan*, 18(02), 323–335. <https://doi.org/10.25015/18202241400>
- Hendrita, V., & Firnando, E. (2026). Modal Sosial Dalam Penguatan Kelembagaan Kelompok Tani: Tinjauan Literatur Sistematis dan Pemetaan Bibliometrik. *AgriFo: Jurnal Agribisnis Universitas Malikussaleh*, 11(1), 21–32. <https://doi.org/10.29103/ag.v11i1.26239>
- Irnowati, I., Aisa Lamane, S., & Zainal S, M. (2023). Kapasitas Anggota Kelompok Tani dan Regenerasi Petani. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 19(3), 259–274. <https://doi.org/10.20956/jsep.v19i3.26459>
- Katarina, A., Apriyadin, H., Paji, P., Karakabu, S. E., & Sukoto, L. (2025). Kelembagaan Informal (Gotong Royong) dalam Masyarakat Petani Padi Sawah di Desa Bhera, Kecamatan Mego. *Mikroba: Jurnal Ilmu Tanaman, Sains Dan Teknologi Pertanian*, 2(3), 106–113. <https://doi.org/10.62951/mikroba.v2i3.535>
- Khasanah, I. Y. N., Wibowo, A., & Padmaningrum, D. (2023). Pemberdayaan Kelompok Tani melalui Pengembangan Nilai-Nilai Modal Sosial dalam Pelestarian Lingkungan di Kabupaten Karanganyar. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 4(1), 27–41. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v4i1.628>
- Kurniati, S. A. (2020). Pengaruh Karakteristik Petani Dan Kompetensi Terhadap Kinerja Petani Padi Sawah Di Kecamatan Gunung Toar Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Agribisnis*, 22(1), 82–94.
- Lestari, A. I., Eklemis, K. E., & Abdullah, T. (2025). Hubungan Modal Sosial dengan Tingkat Partisipasi Anggota BUMDes Kecamatan Wedi, Klaten, Jawa Tengah. *Journal of Agricultural Social and Business*, 4(2), 79–85. <https://doi.org/10.31315/agrisociabus.v4i2.15533>
- Nurfadillah, N., Astaman, P., Qinayah, M., Syamsiah, S., Sari, N. A., Azizah, A. N., & Syah, Muh. R. (2024). Peran Modal Sosial Pada Kelompok Tani Di Desa Lamatti Riattang Kecamatan Bulupoddo. *Jurnal Riset Multidisiplin: Agrisosco*, 2(2), 62–73. <https://doi.org/10.61316/jrma.v2i2.43>
- Prayoga, R. A. (2021). Aktivasi Modal Sosial sebagai Strategi Menjaga Kelangsungan

Hidup. *Jurnal Penelitian Kesejahteraan Sosial*, 20(2), 115–128.

- Sarfanudin, M., Zohriyah, A., Sari, N., Nuriyah, & Rizal, A. (2025). Peran Gotong Royong dalam Meningkatkan Solidaritas Sosial dan Meningkatkan Kesadaran Masyarakat terhadap Lingkungan. *Karya Nyata : Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(3), 254–262. <https://doi.org/10.62951/karyanyata.v2i3.2208>
- Sari, S. (2024). Exploring the Role of Social Capital in Strengthening Community Bonds for Sustainable Development. *Journal Social Civilecial*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.71435/610486>
- Serawitu, A. (2021). The Role of Social Capital in Collective Action: The Case Study of Natural Resource Management. *Research on Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.7176/RHSS/11-19-02>
- Subedi, S. R. (2021). Community Development from the Lens of Social Capital: A Sociological Study of Rupa Rural Municipality of Kaski, Nepal. *American Journal of Rural Development*, 9(1), 1–8.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta.
- Sumarningsih, & Kurniasari, D. A. (2025). Analisis Pengaruh Modal Sosial Terhadap Keberlanjutan Kelompok Tani Wethan Kelurahan Banjarsugihan Kota Surabaya. *novasi Inklusif Gender Dalam Sociopreneurship*. Seminar Nasional Dan Call For Paper 2025.
- Suryana, N. K., & Hendris, H. (2019). Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Dalam Pemanfaatan Pekarangan Di Desa Lapri Kabupaten Nunukan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Borneo*, 3(1), 45. <https://doi.org/10.35334/jpmb.v3i1.797>
- Tondatuon, G. M., Lumingkewas, J. R. D., & Memah, M. Y. (2025). Peran Modal Sosial Pada Kelompok Tani Padi Sawah Agakaitombal Di Kelurahan Taratara I Kecamatan Tomohon Barat Kota Tomohon. *Agri-Sosioekonomi*, 21(1), 929–936.
- Utari, W., Eliza, E., & Yulida, R. (2022). Analisis Tingkat Kepuasan Dan Tingkat Harapan Petani Padi Terhadap Atribut Tauke Dalam Pemasaran Padi Di Nagari Sungai Rimbang. *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis*, 25(01), 8–19. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v25i01.20995>
- Wuri, N., Sugihardjo, & Wibowo, A. (2021). Faktor yang Mempengaruhi Partisipasi Petani dalam Kegiatan Pengolahan Pupuk Organik di Desa Banjaratma, Kecamatan Bulakamba, Kabupaten Brebes. *JURNAL TRITON*, 12(1), 89–97. <https://doi.org/10.47687/jt.v12i1.162>
- Zahra, M. H., Afrizal, R., & Nefri, J. (2025). Analisis Pengaruh Unsur Modal Sosial Terhadap Keberhasilan Kelompok Wanita Tani Mama Ceria Di Kabupaten Padang Pariaman. *AGRICORE: Jurnal Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian UNPAD*, 10(2), 491–502.
- Zulhafandi, Z., Munandar, H., Suryana, N. K., Agang, M. W., & Tanjung, H. B. (2023). Kajian Pengembangan Petani Berbasis Modal Sosial (Studi Kasus pada Kelompok Tani Lubek Manis Kecamatan Tanjung Palas Tengah Kabupaten Bulungan). *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 8(5), 187–196. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v8i5.316>

Keanekaragaman, Dominansi, dan Distribusi Lebah Tanpa Sengat (*Meliponini*) Pada Berbagai Tipe Habitat Di Desa Karang Hilir, Kabupaten Kutai Timur

Arbain¹, Mufti Perwira Putra^{1*}, Veronika Murtinah¹

¹ Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jln Soekarno Hatta No 1 Sangatta, Kutai Timur

Email : muftiotie@gmail.com

Submit : 16-04-2026

Revisi : 08-05-2026

Diterima : 11-05-2026

ABSTRACT

*Stingless bees (Meliponini) play an important role as pollinators and producers of non-timber forest products with significant ecological and economic value. This study aimed to analyze species diversity, dominance, and distribution patterns of stingless bees across different habitat types in Karang Hilir Village, East Kutai Regency. Field observations were conducted from March to June 2024 in six habitat types: karst forest, secondary forest, cocoa plantation, oil palm plantation, rubber plantation, and settlement areas. Data were analyzed using Shannon-Wiener diversity index (H'), Simpson dominance index (D), evenness index (E), and Morisita distribution index ($I\delta$). The results showed that a total of 7 species with 53 colonies were recorded, with *Heterotrigona itama* as the most dominant species. The diversity index was low across all habitats ($H' < 1$), indicating limited species variation. Dominance values were generally low, although *H. itama* showed a higher dominance tendency, especially in settlement areas. Most species exhibited a clumped distribution pattern, reflecting habitat preferences and resource availability. These findings highlight the importance of habitat variation in shaping Meliponini community structure and provide a scientific basis for conservation and sustainable meliponiculture development in human-modified landscapes.*

Keywords: Biodiversity, habitat variation, Meliponini, Species distribution, Stingless bees

ABSTRAK

Lebah tanpa sengat (*Meliponini*) memiliki peran penting sebagai penyerbuk dan penghasil hasil hutan bukan kayu yang bernilai ekologis dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman, dominansi, dan pola distribusi lebah tanpa sengat pada berbagai tipe habitat di Desa Karang Hilir, Kabupaten Kutai Timur. Pengamatan lapangan dilakukan pada bulan Maret hingga Juni 2024 di enam tipe habitat, yaitu hutan karst, hutan sekunder, kebun kakao, kebun sawit, kebun karet, dan pemukiman. Analisis data menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), indeks dominansi Simpson (D), indeks pemerataan (E), dan indeks distribusi Morisita ($I\delta$). Hasil penelitian menunjukkan terdapat 7 spesies dengan total 53 koloni, dengan *Heterotrigona itama* sebagai spesies yang paling dominan. Nilai keanekaragaman tergolong rendah pada seluruh habitat ($H' < 1$), yang menunjukkan keterbatasan variasi spesies. Nilai dominansi relatif rendah, namun *H. itama* menunjukkan kecenderungan dominansi terutama pada habitat pemukiman. Sebagian besar spesies memiliki pola distribusi mengelompok yang mencerminkan preferensi habitat dan ketersediaan sumber daya. Hasil ini menegaskan pentingnya variasi habitat

dalam membentuk struktur komunitas Meliponini serta menjadi dasar ilmiah bagi upaya konservasi dan pengembangan budidaya lebah tanpa sengat secara berkelanjutan.

Kata kunci: Distribusi spesies, Keanekaragaman hayati, Lebah tanpa sengat, Meliponini, Variasi habitat

1 Pendahuluan

Lebah tanpa sengat (Meliponinae) termasuk dalam famili Apidae yang merupakan kelompok lebah sosial tanpa sengat dan berperan penting sebagai penyerbuk (pollinator) dan produsen madu (hasil hutan bukan kayu) yang memiliki nilai ekonomi tinggi bagi komunitas sekitar kawasan hutan (Lindawati et al., 2023; Rahmad et al., 2021). Keragaman spesies lebah tanpa sengat yang dibudidayakan maupun yang hidup liar telah teridentifikasi dalam berbagai ekosistem tropis, mulai dari hutan produksi hingga kawasan hutan rakyat dan area rehabilitasi ekosistem (Hirmarizqi et al., 2019; Siska et al., 2023).

Lebah tanpa sengat di Indonesia dikenal dengan berbagai sebutan lokal yang bersifat regional, seperti kelulut, klanceng, lenceng dan galo-galo, yang mencerminkan luasnya distribusi dan interaksi budaya masyarakat dengan spesies ini (Herwina et al., 2022). Secara ekologis, Meliponini memanfaatkan berbagai jenis substrat sarang (nesting substrate), seperti liang pohon, batang hidup, bambu, celah batu, maupun struktur buatan manusia di sekitar hutan dan pemukiman. Preferensi terhadap substrat sarang tersebut sangat dipengaruhi oleh ketersediaan cavity alami dan kondisi habitat, baik pada hutan primer, hutan terfragmentasi, maupun lanskap pertanian (Machado et al., 2023; Silva & Ramalho, 2014).

Meliponini merupakan kelompok lebah dengan keanekaragaman tinggi yang tersebar luas di wilayah tropis dan subtropis, termasuk Asia Tenggara dan Kepulauan Indonesia. Di Kalimantan, lebah tanpa sengat berperan sebagai komponen utama dalam komunitas penyerbuk, dengan kemampuan beradaptasi terhadap berbagai tipe habitat, mulai dari hutan primer hingga lahan yang telah mengalami perubahan. Variasi kondisi habitat tersebut diketahui mempengaruhi keanekaragaman, kelimpahan, serta distribusi koloni Meliponini di suatu lanskap (Syafri et al., 2020; Trianto et al., 2023; Trianto & Purwanto, 2022).

Desa Karangan Hilir, yang terletak di Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, merupakan wilayah dengan karakteristik lanskap yang heterogen, meliputi hutan, kawasan karts, perkebunan, semak belukar, serta pemukiman. Keanekaragaman tipe habitat ini berpotensi mendukung keberadaan berbagai spesies lebah tanpa sengat. Namun demikian, informasi ilmiah mengenai keanekaragaman dan distribusi Meliponini di wilayah Kutai Timur, khususnya di Desa Karangan Hilir, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada identifikasi spesies secara deskriptif tanpa mengkaji struktur komunitas dan aspek ekologisnya secara kuantitatif.

Identifikasi spesies lebah tanpa sengat secara lengkap (keanekaragaman, dominansi, dan pemerataan) diperlukan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi ekologis Meliponini serta mengidentifikasi spesies dominan yang berpotensi dikembangkan untuk budidaya berbasis masyarakat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam upaya konservasi keanekaragaman hayati serta pengembangan pemanfaatan lebah tanpa sengat secara berkelanjutan.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, dari bulan Maret hingga Juni 2024, di Desa Karangan Hilir, Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Desa ini terletak pada koordinat geografis sekitar 1°21'–1°26' LU dan 117°35'–117°45' BT. Tiga tipe habitat yang dijadikan lokasi pengamatan meliputi: (1) Hutan Karst : kawasan hutan disekitar gunung karst termasuk dalam karst, (2) Hutan sekunder : kawasan hutan yang mengalami gangguan parsial namun masih memiliki tutupan vegetasi yang relatif lebat. (3) Kebun Kakao : perkebunan kakao yang dikelola masyarakat, (4) Kebun sawit : perkebunan kelapa sawit milik masyarakat maupun perusahaan, (5) Kebun karet : perkebunan karet milik masyarakat, dan (6) Pemukiman : lahan di sekitar permukiman masyarakat.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode observasi langsung (direct observation) terhadap koloni lebah tanpa sengat yang aktif di lapangan. Pengamatan dilakukan pada pagi hari (pukul 07.00–11.00 WITA) dan sore hari (pukul 14.00–17.00 WITA) untuk meminimalkan bias aktivitas lebah yang dipengaruhi cuaca.

Identifikasi spesies dilakukan berdasarkan karakter morfologi koloni, bentuk sarang, serta ciri-ciri fisik lebah yang teramati menggunakan kaca pembesar dan kamera makro. Identifikasi lebih lanjut merujuk pada kunci identifikasi kelompok supraspesifik Meliponini Indomalaya dan Australasia (Rasmussen et al., 2017; Trianto et al., 2023).

Analisis Data

Data keanekaragaman, dominansi, dan pola distribusi lebah tanpa sengat untuk setiap tipe habitat dianalisa menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener Indeks Kemerataan simpson, indeks dominasi Simpson, dan indeks pola distribusi Morisita (Trianto & Purwanto, 2022). Keanekaragaman spesies dianalisis menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), dengan rumus:

$$H' = - \sum (n_i/N) \ln(n_i/N)$$

Keterangan: H: Indeks keanekaragaman,

n_i : Jumlah tipe individu

N: Jumlah total individu

Kriteria keanekaragaman ditetapkan sebagai berikut: $H' < 1$ (rendah), $1 \leq H' \leq 3$ (sedang), dan $H' > 3$ (tinggi).

Indeks Kemerataan (*Evenness/E*) Shannon dihitung berdasarkan rasio H' terhadap H'_{maks} ($\ln S$, dengan S = jumlah spesies). Rumus indeks kemerataan adalah

$$E = H' / \ln S$$

Indeks Dominansi Simpson (D) dihitung menggunakan rumus:

$$D = \sum (p_i)^2$$

di mana p_i adalah proporsi individu spesies ke- i terhadap total individu, Nilai D mendekati 0 menunjukkan tidak ada dominansi, sementara nilai mendekati 1 menunjukkan dominansi kuat oleh satu spesies.

Pola distribusi spesies dianalisis menggunakan Indeks Morisita ($I\delta$) dengan rumus :

$$I\delta = \frac{n \sum x_i(x_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dimana $I\delta$ adalah Indeks Morisita, n adalah jumlah unit sampel (plot/habitat), x_i adalah jumlah individu ke- i dan N adalah total individu seluruh unit.

3 Hasil dan Pembahasan

Jenis Meliponini yang Ditemukan

Menurut Trianto et al., (2023), Indonesia memiliki 52 spesies lebah tanpa sengat yang sebelumnya hanya 46 spesies. Di Kalimantan terdapat 34 spesies dan yang lainnya adalah Sumatera (27 spesies), Jawa (13 spesies), Nusa Tenggara (1 spesies), Sulawesi (8 spesies), Bali (1 spesies), Maluku (4 spesies), dan Papua (12 spesies). Hasil pengamatan di Desa Karanganyar Hilir, dengan tipe habitat berbeda didapatkan 7 spesies dengan *Heterotrigona itama* paling banyak ditemui. Hasil pengamatan selengkapnya disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Daftar spesies Meliponini yang ditemukan di Desa Karang Hilir, Kutai Timur

Nama Jenis	Tipe Habitat					Pemukiman	Jumlah Koloni
	Hutan Karst	Hutan sekunder	Kebun Kakao	Kebun sawit	Kebun karet		
<i>Tetragonula fuscobalteata</i>	1	1	1	2	1	1	7
<i>Lophotrigona caniforms</i>	3	2	0	0	0	0	5
<i>Tetragonula melanocephala</i>	1	0	2	1	0	0	4
<i>Lepidotrigona terminata</i>	0	1	2	3	0	2	8
<i>Tetragonula iridipennis</i>	1	0	1	1	0	0	3
<i>Heterotrigona itama</i>	2	1	3	4	1	10	21
<i>Tetragonula sarawakensis</i>	2	1	2	0	0	0	5

Heterotrigona itama merupakan lebah tanpa sengat yang memiliki kemampuan adaptasi ekologis yang tinggi terhadap lanskap yang telah dimodifikasi manusia. Spesies ini banyak ditemukan pada pemukiman maupun peternakan. Kemampuan memanfaatkan mosaik habitat perumahan seperti taman, pekarangan, kebun, dan area hijau yang menyediakan sumber pakan menjadikannya mudah beradaptasi. Keberadaan rongga alami maupun buatan di lingkungan perumahan, seperti lubang pohon, celah bangunan, dan papan kayu, juga menyediakan lokasi sarang yang sesuai bagi koloni untuk berkembang (Rudini et al., 2024; Wahyuningsih et al., 2022).

Jumlah koloni paling sedikit ditemui adalah *Tetragonula melanocephala* yaitu pada habitat hutan karst, kebun kakao dan kebun sawit. Aktivitas pariwisata dan penggunaan pestisida untuk pertanian maupun pemukiman menjadi faktor yang menghambat populasi lebah. Menurut Toledo-Hernández et al., (2022), tindakan antropogenik merupakan ancaman nyata bagi populasi lebah tanpa sengat. Aktivitas manusia dapat beresiko menurunkan populasi lebah tanpa sengat diantaranya alih fungsi hutan, penggunaan bahan kimia pertanian, persaingan untuk sumber daya, dan perubahan iklim.

Eksplorasi spesies lebah tanpa sengat dari budidaya lebah di Kalimantan Selatan diantaranya *T. laeviceps*, *T. fuscobalteata*, *T. drescheri*, *T. melanocephala*, *T. biroii*, *H. apicalis*, *H. itama*, *H. canifrons*, *G. thoracica*, dan *L. terminata*. Spesies *T. biroii* merupakan spesies introduksi dari Sulawesi melalui Balikpapan.(Purwanto et al., 2022). Lebah tanpa sengat di Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara, yang ditemukan Syafrizal et al., (2020), yaitu, *G. thoracica*, *H. itama*, *L. terminata*, *H. fimbriata*, *T. biroii*, *T. fuscobalteata*, *T. iridipennis*, *T. laeviceps*, *T. reepeni*, *T. sarawakensis*, dan *T. testaceitarsis*. Sadam, B. et al., (2016), menambahkan lebah tanpa sengat yang ditemukan adalah *T. melanocephala*, *T. geissleri*, *T. fuscobalteata*, dan *T. laeviceps*.

Indeks Keanekaragaman, Dominansi, dan Kemerataan

Nilai indeks keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan Meliponini pada enam tipe habitat disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Indeks keanekaragaman (H'), dominansi (D), dan kemerataan (E) Meliponini

Tipe habitat	H' (Shannon-Wiener)	D (Simpson)	E (Shannon)
Hutan Karst	0,31	0,036	0,11
Hutan sekunder	0,25	0,013	0,06
Kebun Kakao	0,33	0,043	0,12
Kebun sawit	0,33	0,043	0,12
Kebun karet	0,12	0,001	0,02
Pemukiman	0,34	0,060	0,14
Rerata	0,28	0,033	0,09

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman tertinggi ditemukan pada habitat pemukiman ($H' = 0,34$) dan, sedangkan nilai terendah terdapat pada habitat kebun karet ($H' = 0,12$). Nilai indeks keanekaragaman menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman tergolong rendah ($H' < 1$). Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di Desa Karang Hilir kurang mampu mendukung keberadaan berbagai spesies kelulut. Kondisi lingkungan yang telah berubah karena aktivitas manusia dan penggunaan pestisida pada pertanian dan perkebunan menjadikan keanekaragaman kelulut rendah. Berbeda dengan penelitian Lindawati et al., (2023), pada taman nasional bukit baba bukit raya yang menyatakan bahwa kelulut di habitat hutan sekunder memiliki nilai H' sebesar 1,869 dan terendah pada area pemulihan ekosistem $H' = 1,159$.

Nilai indeks dominansi Simpson pada keenam tipe habitat di Desa Karang Hilir berkisar antara 0,001 hingga 0,060 (Tabel 2). Nilai D terendah ditemukan pada habitat kebun karet ($D = 0,001$). Habitat kebun karet, dan hutan sekunder termasuk dalam kategori dominansi rendah. Tidak ada satu spesies Meliponini pun yang menguasai komunitas secara dominan pada kedua habitat tersebut. Nilai D tertinggi terdapat pada habitat pemukiman ($D = 0,060$) yang mengindikasikan adanya kecenderungan dominansi oleh spesies tertentu, yaitu *Heterotrigona itama*. Kondisi serupa dilaporkan oleh Lukman et al., (2021), dalam penelitiannya *H. itama Cockerell* dan *H. bakeri* mudah dibudidayakan karena cepat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Rendahnya dominansi di habitat hutan karst dan kebun kakao dapat dikaitkan dengan keragaman sumber daya yang lebih tinggi pada kedua habitat tersebut. Ketersediaan beragam jenis tanaman berbunga sepanjang tahun dan kelimpahan substrat bersarang yang bervariasi mendorong ko-eksistensi banyak spesies, sehingga tidak ada satu spesies pun yang memperoleh keunggulan kompetitif yang cukup besar untuk mendominasi. Antonini et al.,

(2025), menambahkan bahwa ketersediaan dan kualitas habitat menentukan keberlangsungan hidup lebah tanpa sengat dan menjadi indikator kesesuaian habitat dalam strategi konservasi dan pengelolaan perkotaan yang bertujuan untuk mempertahankan kunci penting bagi penyerbukan.

Dominansi Spesies pada Setiap Habitat

Analisis dominansi pada tingkat spesies untuk masing-masing habitat (Tabel 3).

Tabel 3. Indeks dominansi spesies Meliponini di Desa Karang Hilir

Nama Spesies	Jumlah Koloni	$P_i = n_i/N$	p_i^2	Kategori
Tetragonula fuscobalteata	7	0,132	0,017	Rendah
Lophotrigona canifrons	5	0,094	0,009	Rendah
Tetragonula melanocephala	4	0,075	0,006	Rendah
Lepidotrigona terminata	8	0,151	0,023	Rendah
Tetragonula iridipennis	3	0,057	0,003	Rendah
Heterotrigona itama	21	0,396	0,157	Tinggi
Tetragonula sarawakensis	5	0,094	0,009	Rendah
Jumlah total koloni	53	1	0,224	Dominan Rendah

Berdasarkan hasil analisis indeks dominansi Simpson, diperoleh nilai D sebesar 0,224 yang menunjukkan bahwa tingkat dominansi komunitas lebah tanpa sengat di Desa Karang Hilir tergolong rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat satu spesies yang secara ekstrem mendominasi komunitas. Namun demikian, spesies *H. itama* memiliki nilai proporsi tertinggi (0,157) dengan kontribusi dominansi terbesar dibandingkan spesies lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap berbagai tipe habitat, terutama pada lingkungan yang telah mengalami tekanan antropogenik.

Perubahan lingkungan mempengaruhi kelangsungan hidup lebah tanpa sengat diantaranya berkurangnya ketersediaan sarang, akses makanan, isolasi lanskap yang membatasi mobilitas koloni, dan paparan tekanan antropogenik. Dampak tersebut dapat menyebabkan kelangsungan hidup populasi Meliponini secara regional relatif rendah (Antonini et al., 2025; Toledo-Hernández et al., 2022).

Distribusi Spesies Meliponini

Pola distribusi yang mengelompok juga dipengaruhi oleh ketersediaan lokasi bersarang (*nesting sites*). Meliponini umumnya memilih substrat bersarang berupa lubang di batang pohon mati, celah bebatuan, atau rekahan dinding bangunan. Keterbatasan substrat bersarang yang berkualitas menyebabkan koloni-koloni cenderung terkonsentrasi di area yang menyediakan kondisi tersebut (Audia et al., 2025; Insolia et al., 2022). Distribusi Meliponini di Desa Karang Hilir mengikuti gradien kualitas habitat, dengan kepadatan koloni tertinggi

berada di area hutan karst yang berbatasan langsung dengan kebun campuran. Zona transisi (*ecotone*) antara dua tipe habitat tersebut tampaknya menyediakan kombinasi ideal antara ketersediaan pohon bersarang dari hutan dan sumber pakan nektar dari kebun, sehingga menjadi hotspot keanekaragaman Meliponini di lokasi penelitian.

Tabel 4. pola distribusi spesies *Meliponini* di Desa Karang Hilir

Nama Spesies	Distribusi (xi per habitat)	$\Sigma xi(xi-1)$	N	I $\bar{d}$	Pola Distribusi
<i>Tetragonula fuscobalteata</i>	1,1,1,2,1,1	2	7	0,29	Seragam
<i>Lophotrigona caniforns</i>	3,2,0,0,0,0	8	5	2,4	Mengelompok
<i>Tetragonula melanocephala</i>	1,0,2,1,0,0	2	4	1	Acak
<i>Lepidotrigona terminata</i>	0,1,2,3,0,2	10	8	1,07	Mengelompok
<i>Tetragonula iridipennis</i>	1,0,1,1,0,0	0	3	0	Seragam
<i>Heterotrigona itama</i>	2,1,3,4,1,10	110	21	1,57	Mengelompok
<i>Tetragonula sarawakensis</i>	2,1,2,0,0,0	4	5	1,2	Mengelompok

Hasil analisis Indeks Morisita menunjukkan bahwa sebagian besar spesies memiliki pola distribusi mengelompok ($I\bar{d} > 1$), seperti *H. itama*, *L. caniforns*, dan *T. sarawakensis*. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi koloni cenderung terkonsentrasi pada habitat tertentu yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai. Sementara itu, beberapa spesies seperti *T. fuscobalteata* dan *T. iridipennis* menunjukkan pola distribusi seragam ($I\bar{d} < 1$), yang mengindikasikan penyebaran koloni yang relatif merata. Pola distribusi ini mencerminkan adanya pengaruh faktor lingkungan, ketersediaan sumber pakan, serta kompetisi antar spesies dalam menentukan sebaran koloni lebah tanpa sengat.

Pola distribusi lebah tanpa sengat dipengaruhi oleh faktor habitat (biotik–abiotik), ketersediaan pakan dan sarang, serta kondisi spasial lanskap. Variasi habitat dan perubahan penggunaan lahan menyeleksi lebah tanpa sengat melalui interaksi kompetisi, patogen, dan kondisi lingkungan. Karakter individu lebah menentukan distribusinyaseperti tipe sarang, ukuran koloni, kemampuan foraging, dan toleransi stres (Rouabah et al., 2024; Withaningsih et al., 2023). Struktur komunitas lebah tanpa sengat di Desa Karang Hilir memiliki pola distribusi yang cenderung mengelompok pada habitat tertentu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa variasi tipe habitat berperan penting dalam menentukan keberadaan dan sebaran koloni Meliponini, terutama melalui ketersediaan sumber pakan dan lokasi bersarang. Spesies dengan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, berpotensi dikembangkan dalam kegiatan budidaya berbasis masyarakat.

4 Kesimpulan

Keanekaragaman lebah tanpa sengat (Meliponini) di Desa Karang Hilir tergolong rendah dengan rerata nilai indeks Shannon-Wiener adalah 0,28 dan $H' > 1$ pada seluruh tipe

habitat. Tingkat dominansi komunitas juga relatif rendah, meskipun terdapat kecenderungan dominansi oleh spesies *Heterotrigona itama* yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, khususnya pada habitat yang terpengaruh aktivitas manusia. Pola distribusi sebagian besar spesies cenderung mengelompok, yang menunjukkan adanya ketergantungan terhadap kondisi habitat tertentu, terutama terkait ketersediaan sumber pakan dan lokasi bersarang. Secara keseluruhan, variasi tipe habitat berperan penting dalam membentuk struktur komunitas Meliponini. Hasil penelitian ini memberikan dasar ekologis bagi upaya konservasi dan pengembangan budidaya lebah tanpa sengat secara berkelanjutan di lanskap yang mengalami tekanan antropogenik.

Daftar Pustaka

- Antonini, Y., Martins, R. P., & Cardoso, J. C. F. (2025). Local and landscape features of urban fragments determine the occurrence of stingless bees. *Insect Conservation and Diversity*, 18(6), 1027–1036. <https://doi.org/10.1111/icad.12847>
- Audia, B. H., Buchori, D., Dadang, & Raffiudin, R. (2025). Toksisitas dan dampak empat insektisida sintetik terhadap sintasan dan perilaku makan lebah tanpa sengat *Tetragonula laeviceps* Smith (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae): Toxicity and impact of four synthetic insecticides on survival and feeding behavior of stingless bees *Tetragonula laeviceps* Smith (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 22(3), 197–208. <https://doi.org/10.5994/jei.22.3.197>
- Herwina, H., Janra, M. N., Salmah, S., Mairawita, M., & Jasmi, J. (2022). Analisis Cepat terhadap Budidaya Galo-Galo (Apidae: Meliponini) di Desa Suntur, Kecamatan Barangin, Kota Sawahlunto. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(3), 388. <https://doi.org/10.30651/aks.v6i3.5168>
- Insolia, L., Molinari, R., Rogers, S. R., Williams, G. R., Chiaromonte, F., & Calovi, M. (2022). Honey bee colony loss linked to parasites, pesticides and extreme weather across the United States. *Scientific Reports*, 12(1), 20787. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24946-4>
- Lindawati, P., Saputra, F., Kustiati, & Joharrudin, D. (2023). The Diversity of Stingless Bees (Hymenoptera: Meliponini) in Belaban Resort, Bukit Baka Bukit Raya National Park. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 468–478. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.6234>
- Lukman, L., Hardiansyah, G., & Siahaan, S. (2021). Potensi Jenis Lebah Madu Kelulut (*Trigona* Spp) Untuk Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Galang Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah. *JURNAL HUTAN LESTARI*, 8(4), 792. <https://doi.org/10.26418/jhl.v8i4.44327>
- Machado, E. R., Sá, L. C. E. F., Passaglia, F. B., Brito, D. L. D., Santos, N. E. D., Sá, L. M. E. F., & Silva, C. L. A. D. (2023). Survey and distribution of native stingless bee nests (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in a remnant area of Cerrado, Minas Gerais, Brazil. *International Journal of Biological and Natural Sciences*, 3(10), 2–8. <https://doi.org/10.22533/at.ed.8133102307113>
- Purwanto, H., Soesilohadi, R. C. H., & Trianto, M. (2022). Stingless bees from meliponiculture in South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(3).

<https://doi.org/10.13057/biodiv/d230309>

- Rasmussen, C., Thomas, J. C., & Engel, M. S. (2017). A New Genus of Eastern Hemisphere Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae), with a Key to the Supraspecific Groups of Indomalayan and Australasian Meliponini. *American Museum Novitates*, 3888(3888), 1–33. <https://doi.org/10.1206/3888.1>
- Rouabah, A., Rabolin-Meinrad, C., Gay, C., & Therond, O. (2024). Models of bee responses to land use and land cover changes in agricultural landscapes – a review and research agenda. *Biological Reviews*, 99(6), 2003–2021. <https://doi.org/10.1111/brv.13109>
- Rudini, M., Monita, D. N. K., Kuswanto, E., & Listiana, I. (2024). Identifikasi Jenis Dan Karakteristik Sarang Lebah Madu Tanpa Sengat (Stingless Bee) Di Peternakan Lebah Simpur Desa Kecapi. *Biospecies*, 17(1), 56–64. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v17i1.31362>
- Sadam, B., Hariani, N., & Fachmy, S. (2016). Jenis lebah madu tanpa sengat (stingless bee) di Tanah Merah Samarinda. *Prosiding Seminar FMIPA Unmul*, 374–378.
- Silva, M. D., & Ramalho, M. (2014). Tree species used for nesting by stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in the Atlantic Rain Forest (Brazil): Availability or Selectivity. *Sociobiology*, 61(4), 415–422. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.415-422>
- Syafrizal, Ramadhan, R., Wijaya Kusuma, I., Egra, S., Shimizu, K., Kanzaki, M., & Tangkearung, E. (2020). Diversity and honey properties of stingless bees from meliponiculture in East and North Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(10). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211021>
- Toledo-Hernández, E., Peña-Chora, G., Hernández-Velázquez, V. M., Lormendez, C. C., Toribio-Jiménez, J., Romero-Ramírez, Y., & León-Rodríguez, R. (2022). The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie*, 53(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00913-w>
- Trianto, M., Arisuryanti, T., Purwanto, H., & Ubaidillah, R. (2023). Updated Species Check-list of the Indonesian Stingless Bees (Hymenoptera, Apidae, Apinae, Meliponini). *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 8(2), 77160. <https://doi.org/10.22146/jtbb.77160>
- Trianto, M., & Purwanto, H. (2022). Diversity, abundance, and distribution patterns of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) in Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230214>
- Wahyuningsih, E., Syaputra, M., Komang Suparyana, P., Angga Teja Maya, I. P., & Tri Lestari, A. (2022). Identifikasi Diversitas Sumber Pakan Lebah Berbasis Lahan Pekarangan pada Meliponikultur (Identification of Bee Forage Sources Diversity Based on Home Garden in Meliponicultural). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 19(1), 29–44. <https://doi.org/10.59465/jpht.v19i1.781>
- Withaningsih, S., Diaz, F., Rozi, F., & Parikesit, P. (2023). Distribution and Characteristics of Two Species of Stingless Bee Hives (*Tetragonula* spp.) in the Rural Landscape of Sumedang Regency (Indonesia). *Diversity*, 15(9), 1018. <https://doi.org/10.3390/d15091018>

Bioekologi Potensi Pemanfaatan Cendawan *Beauveria bassiana* di Lahan Pertanaman Kacang Panjang dan Bawang Merah dalam Mengendalikan Hama Terinventarisasi

Dimas Ganda Permana Putra^{1*}, Zenita Afifah Fitriyani², Mega Darmi Novita², Sri Purwanti¹

¹ Fakultas Pertanian, University Mayjen Sungkono, Jalan Irian Jaya No.4, Kelurahan Kranggan, Kecamatan Prajurit Kulon, Kota Mojokerto, Jawa Timur

² Fakultas Ekonomi, University Mayjen Sungkono, Jalan Irian Jaya No.4, Kelurahan Kranggan, Kecamatan Prajurit Kulon, Kota Mojokerto, Jawa Timur

*E-mail : dimasgandaunimas@gmail.com

Submit : 29-10-2025

Revisi : 06-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* hold significant potential as an environmentally friendly biopesticide while simultaneously enhancing the vegetative growth of horticultural crops. This study aimed to evaluate the effect of *B. bassiana* application on the growth of yardlong bean (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) and shallot (*Allium ascalonicum*), as well as to identify infected insect pests under field conditions. The experiment was conducted in Mojokerto Regency from June to September 2025 using a randomized block design (RBD) with a single factor, consisting of four levels of *B. bassiana* concentration (A0 = control, A1 = 10^6 spores L^{-1} , A2 = 10^7 spores L^{-1} , A3 = 10^8 spores L^{-1}) and five replications. Observed parameters included plant height and leaf number at 14, 21, 35, and 42 days after planting (DAP). Analysis of variance revealed significant treatment effects on vegetative growth. In yardlong bean, treatments A2 and A3 produced the highest average plant heights, 340.05 cm and 344.39 cm at 42 DAP, while A2 yielded the highest number of leaves (21.06 leaves). In shallot, treatment A3 produced the tallest plants (43.04 cm) with leaf number comparable to the control, indicating the biostimulant role of *B. bassiana* in enhancing plant vigor. Field observations identified insect pests infected by *B. bassiana* from the orders Coleoptera, Lepidoptera, and Hemiptera, characterized by white mycelial growth. These findings confirm that *B. bassiana* is not only effective as a biological control agent against diverse insect orders but also functions as a biostimulant that promotes vegetative growth of horticultural crops. Its application provides an integrative strategy for integrated pest management (IPM) and supports sustainable agriculture in the upstream area of Kromong II watershed.

Keywords: *Beauveria bassiana*, Biopesticide, Shallot, Vegetative Growth, Yardlong Bean

ABSTRAK

Biopestisida berbasis cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* memiliki potensi besar sebagai alternatif pengendalian hama ramah lingkungan yang sekaligus mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi *B. bassiana* terhadap pertumbuhan kacang panjang (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) dan bawang merah (*Allium ascalonicum*) serta mengidentifikasi serangga hama yang terinfeksi di lapangan. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Mojokerto pada Juni–September 2025 dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor menggunakan empat taraf perlakuan konsentrasi *B. bassiana* (A0 = kontrol, A1 = 10^6 spora L^{-1} , A2 = 10^7 spora L^{-1} , A3 = 10^8 spora L^{-1}) dan lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 14, 21, 35, dan 42 HST. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata antarperlakuan terhadap pertumbuhan vegetatif. Pada kacang panjang, perlakuan A2 dan A3 memberikan rata-rata tinggi tanaman tertinggi, masing-masing 340,05 cm dan 344,39 cm pada

42 HST, sedangkan jumlah daun tertinggi dicapai perlakuan A2 (21,06 helai). Pada bawang merah, perlakuan A3 menunjukkan tinggi tanaman tertinggi (43,04 cm) dan jumlah daun kompetitif dengan kontrol, mengindikasikan peran *B. bassiana* dalam meningkatkan vigor tanaman. Inventarisasi hama menunjukkan adanya serangga terinfeksi dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, dan Hemiptera dengan ciri khas bercak putih miselia. Temuan ini membuktikan bahwa *B. bassiana* tidak hanya efektif sebagai agens pengendali hayati berbagai ordo hama, tetapi juga berperan sebagai biostimulan pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura. Aplikasi ini dapat menjadi strategi integratif dalam pengendalian hama terpadu (PHT) sekaligus mendukung pertanian berkelanjutan di wilayah hulu DAS Kromong II.

Kata kunci: Bawang Merah, *Beauveria bassiana*, Biopestisida, Kacang Panjang, Pertumbuhan vegetatif

1 Pendahuluan

Biopestisida berbasis cendawan entomopatogen merupakan agens hayati yang mampu menginfeksi serangga hama melalui penetrasi kutikula inang dengan menginjektikan senyawa bioaktif secara langsung (Leal et al., 2024; Soth et al., 2022). Salah satu spesies yang banyak dikaji adalah *Beauveria bassiana*, yang diketahui menghasilkan berbagai metabolit sekunder seperti *beauvericin*, *bassianin*, *tenellin*, dan *oosporein*. *Beauvericin* berperan penting dalam proses infeksi dengan memicu pengerasan tubuh inang melalui penetrasi hifa yang kemudian berkembang pesat di dalam jaringan tubuh serangga hingga mengakibatkan kematian inang (Bayu et al., 2021).

Dibandingkan dengan pestisida sintesis, pemanfaatan cendawan entomopatogen memiliki sejumlah keunggulan, antara lain berfungsi sebagai agen pengendali hayati yang ramah lingkungan, dapat digunakan berulang, serta mendukung sistem pertanian berkelanjutan (Ranida et al., 2024). Namun demikian, penerapan biopestisida di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) dataran tinggi masih relatif terbatas. Hal ini terutama disebabkan oleh rendahnya tingkat pengetahuan petani lokal serta minimnya bukti empiris mengenai efektivitas aplikasi *B. bassiana* di lapangan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kromong II membentang di Kecamatan Pacet, Gondang, dan Dlanggu, Kabupaten Mojokerto. Berdasarkan penelitian Putra et al., (2025), di Stasiun III yang berlokasi di lahan Desa Candiwatu (koordinat 7°38'02.6"S dan 112°31'11.2"E) diperoleh hasil pengukuran kualitas lingkungan. Nilai BOD tercatat 11,4 mg/L, COD 28,6 mg/L, kandungan N-total 0,15%, dan C-organik 7,87%. Uji residu pestisida menemukan adanya kandungan profenofos sebesar 8.25 ml/L.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pestisida kimia masih sangat tinggi di lahan kering hulu DAS Kromong II. Kondisi ini tidak hanya memengaruhi kesehatan tanah, tetapi juga berpotensi merusak bioekologi dalam jangka panjang. Minat petani setempat untuk beralih menggunakan biopestisida masih rendah. Hal ini terutama disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan, kurangnya pengalaman langsung, serta minimnya bukti

keberhasilan di lapangan. Akibatnya, praktik budidaya ramah lingkungan di kawasan ini belum banyak berkembang (Mursyid et al., 2023).

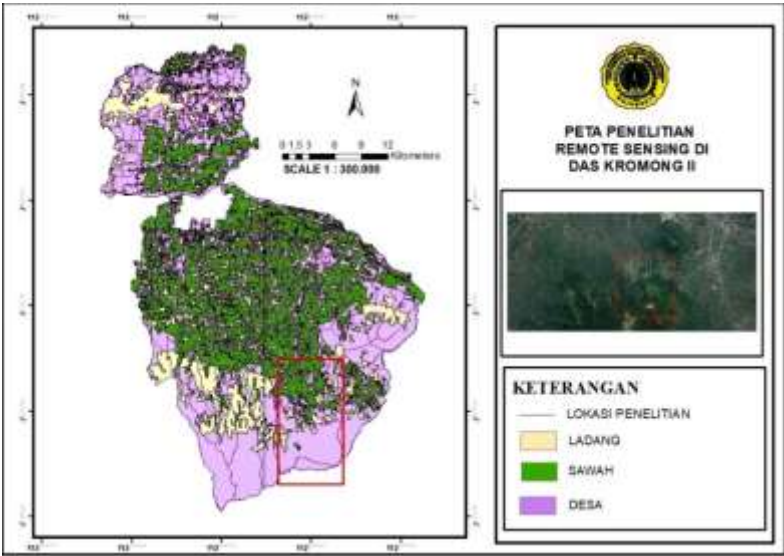
Produksi kacang panjang (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) dan bawang merah (*Allium ascalonicum*) di Indonesia sering terkendala oleh serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang berdampak negatif pada pertumbuhan vegetatif. Selama ini, pengendalian umumnya masih mengandalkan pestisida sintesis yang cepat menekan populasi hama, namun menimbulkan masalah serius seperti resistensi serangga, resurgensi hama, dan residu berbahaya. Kondisi ini menuntut solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui aplikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. Untuk mengevaluasi dampak aplikasinya pada pertumbuhan tanaman, rancangan penelitian yang tepat perlu diterapkan (Rina et al., 2019; Rahayu et al., 2021).

Beauveria bassiana berperan bukan hanya dalam menekan tekanan hama, tetapi juga secara tidak langsung memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman melalui pengurangan kerusakan daun dan peningkatan efisiensi fotosintesis. Dengan demikian, parameter agronomis seperti tinggi tanaman dan jumlah daun menjadi indikator utama untuk mengukur respons fisiologis tanaman terhadap aplikasi cendawan ini. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih detail mengenai bagaimana perlakuan *B. bassiana* berkontribusi terhadap peningkatan vigor tanaman, yang tercermin dalam laju pertumbuhan tinggi batang dan pembentukan daun baru pada kedua komoditas hortikultura tersebut (Gunawan et al., 2022).

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni – September 2025 yang berlokasi di Desa Bendunganjati Kecamatan Pacet dan Desa Randugenengan Kecamatan Dlanggu Kabupaten Mojokerto. Peta lokasi penelitian dan koordinat (Seran et al., 2022) disajikan sebagai berikut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber: Data diolah peneliti ArcGis 10.3, 2025

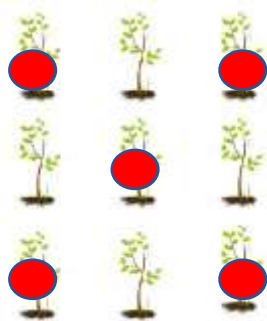
Tabel 1. Koordinat Lokasi Penelitian

No	Lokasi	Titik Koordinat	Tanaman Budidaya
1	Desa Bendungjati	7°38'26.20"S 112°32'56.65"E	Bawang Merah
2	Desa Randugenengan	7°33'43.17"S 112°28'20.34"E	Kacang Panjang

Sumber: Data diolah peneliti, 2025.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk analisis data ini terdiri dari beras jagung, kitosan, PDA, isolat cendawan *Beauveria bassiana*, adjuvant perekat, alkohol 70%, tween 80. Terkait alat yang digunakan yaitu mikroskop, aerator, laminar air flow mini, alumunium foil. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor dengan komposisi empat perlakuan lima ulangan. Perlakuan berupa perbedaan dosis aplikasi *Beauveria bassiana*, yaitu P0 (kontrol tanpa aplikasi), P1 (dosis 10⁶ konidia/mL), P2 (dosis 10⁷ konidia/mL), dan P3 (dosis 10⁸ konidia/mL). Aplikasi biopestisida dilakukan pada fase awal pertumbuhan tanaman dengan interval waktu setiap 7 hari sekali, dimulai sejak 7 hari setelah tanam (HST) sampai 42 HST. Data inventasisasi serangga yang di identifikasi terkena serangan *Beauveria bassiana* diambil di lokasi pengaplikasian. Variabel pengamatan yang dilakukan yaitu jumlah tinggi tanaman dan jumlah daun yang telah di aplikasikan biopestisida entomopatogen (Bayu et al., 2021).



Gambar 2. Ilustrasi perlakuan di lapangan

3 Hasil dan Pembahasan

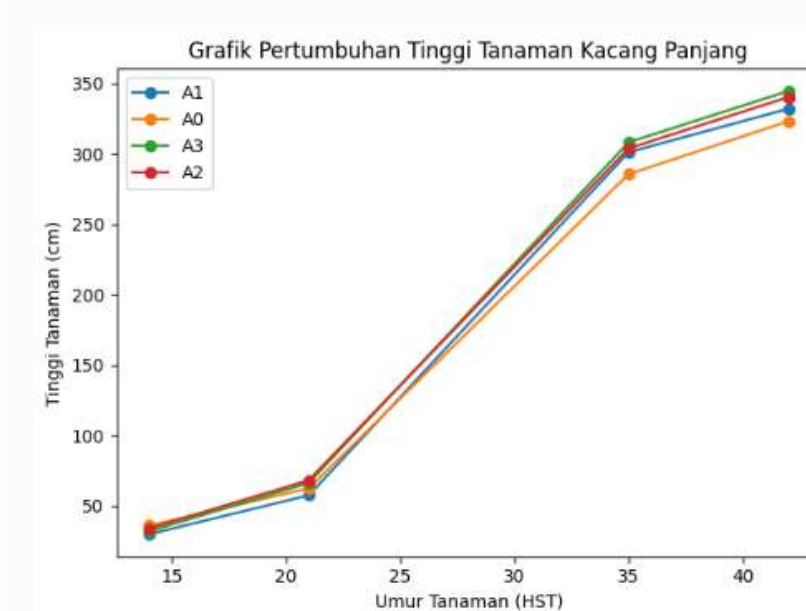
Tinggi tanaman kacang panjang

Tinggi tanaman kacang panjang dari pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan terkait tinggi tanaman kacang panjang setelah dilakukan pengaplikasian pada umur 14, 21, 35, dan 42 HST (Tabel 2).

Tabel 2. Tinggi Tanaman Kacang Panjang

No	Perlakuan	Umur Tanaman			
		14 HST	21 HST	35 HST	42 HST
1	A1	29.85 ^a	57.53 ^a	300.93 ^a	331.76 ^a
2	A0	36.04 ^b	62.48 ^b	285.36 ^b	322.97 ^b
3	A3	31.96 ^c	66.25 ^c	307.98 ^c	344.39 ^c
4	A2	33.91 ^d	68.23 ^d	303.66 ^d	340.05 ^d

Sumber: Data diolah peneliti, 2025



Gambar 3. Grafik tinggi tanaman kacang Panjang

Hasil analisis uji lanjut pada taraf 5%, tinggi tanaman kacang panjang menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan pada setiap waktu pengamatan. Perbedaan notasi huruf pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan memberikan respons pertumbuhan yang berbeda nyata pada fase awal pertumbuhan tanaman (Rina et al., 2019). Tingginya pertumbuhan pada perlakuan A0 mengindikasikan bahwa pada fase adaptasi awal tanaman, perlakuan tersebut mampu mendukung pembentukan jaringan vegetatif secara lebih optimal dibandingkan perlakuan lainnya. Tinggi tanaman yang lebih besar pada A2 menunjukkan bahwa perlakuan tersebut mampu meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman, terutama dalam proses penyerapan unsur hara dan pembentukan

biomassa vegetatif (Mustaniroh et al., 2024). Pada 35 HST, perlakuan A3 lebih efektif dalam mendukung pemanjangan batang dan pembentukan ruas tanaman. Perlakuan A3 dan A2 cenderung memberikan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini diduga berkaitan dengan kemampuan perlakuan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara, aktivitas fotosintesis, dan perkembangan jaringan vegetatif tanaman (Zafar et al., 2024). Aplikasi *B. bassiana* juga meningkatkan pertumbuhan tersebut. Peran cendawan mampu menekan serangan hama dan juga berpotensi berfungsi sebagai endofit dan pemacu pertumbuhan tanaman melalui produksi metabolit sekunder yang mendukung perkembangan tanaman (Gana et al., 2022; Mantzoukas 2022).

Tinggi tanaman bawang merah

Tinggi tanaman bawang merah hasil dari pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan terkait tinggi tanaman kacang panjang setelah dilakukan pengaplikasian pada umur 14, 21, 35, dan 42 HST (Tabel 3).

Tabel 3. Tinggi Tanaman Bawang Merah

No	Perlakuan	Tinggi Tanaman Bawang Merah			
		14 HST	21 HST	35 HST	42 HST
1	A1	18.23 ^a	23.35 ^a	26.33 ^a	38.11 ^a
2	A0	18.07 ^{ab}	20.78 ^{ab}	27.68 ^b	34.63 ^b
3	A3	21.59 ^{bc}	28.22 ^{bc}	30.86 ^{bc}	43.04 ^{bc}
4	A2	20.89 ^{cd}	27.71 ^{cd}	32.39 ^d	40.91 ^d

Sumber : Data diolah peneliti, 2025



Gambar 4. Grafik tinggi tanaman bawang merah

Tinggi tanaman mengalami peningkatan konsisten seiring bertambahnya umur (Gambar 4). Terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan pada uji BNT 0,05. Notasi huruf yang berbeda menandakan adanya perbedaan nyata pada tingkat pertumbuhan tanaman,

sedangkan huruf yang sama mengindikasikan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda secara signifikan. Pada fase awal pertumbuhan (14 HST), perlakuan A1 (18,23 cm) dan A0 (18,07 cm) menunjukkan bahwa pada tahap awal, pengaruh perlakuan belum tampak berbeda nyata terhadap parameter tinggi tanaman. Perlakuan A3 (21,59 cm) dan A2 (20,89 cm) menunjukkan nilai lebih tinggi dengan notasi berbeda yang menandakan bahwa intervensi yang diterapkan pada perlakuan tersebut sudah mulai menunjukkan efek fisiologis yang mendorong pertumbuhan vegetatif lebih cepat.

Memasuki fase pertumbuhan vegetatif menengah (21 HST), peran perlakuan dalam mempercepat elongasi batang semu (Rahayu et al., 2021). Pertambahan umur tanaman memberikan respons pertumbuhan tanaman tidak bersifat linier dan sangat dipengaruhi kebutuhan fisiologis tanaman pada tahap perkembangan tertentu. Pada fase generatif (42 HST), perlakuan A3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi. Perbedaan respons antar perlakuan dapat dijelaskan oleh tingkat ketersediaan nutrisi, efisiensi penyerapan hara, serta aktivitas metabolisme tanaman bawang merah dalam merespons kondisi lingkungan. Penggunaan biopestisida berbasis cendawan entomopatogen *B. bassiana* dapat diintegrasikan sebagai bagian dari manajemen tanaman terpadu. Kemampuan *B. bassiana* sebagai endofit memungkinkan cendawan mengkolonisasi jaringan tanaman sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, aktivitas fisiologis, serta toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan (Abdelhameed et al., 2024).

Jumlah Daun tanaman kacang panjang

Pengamatan selanjutnya yaitu terkait jumlah daun tanaman kacang panjang untuk mengetahui laju perkembangan daun yang telah dilakukan aplikasi cendawan *B. bassiana* (Tabel 4).

Tabel 4. Jumlah Daun Tanaman Kacang Panjang

No	Perlakuan	Umur Tanaman			
		14 HST	21 HST	35 HST	42 HST
1	A1	5.44 ^a	6.60 ^a	12.62 ^a	18.80 ^a
2	A0	5.28 ^{ab}	6.45 ^{ab}	13.15 ^{ab}	18.93 ^{ab}
3	A3	5.11 ^{abc}	6.48 ^{abc}	12.82 ^{abc}	20.21 ^{abc}
4	A2	5.32 ^{abcd}	7.30 ^{abcd}	13.67 ^{abcd}	21.06 ^{abcd}

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Analisis jumlah daun kacang panjang menunjukkan adanya variasi pertumbuhan yang berbeda antar perlakuan. Pada fase awal (14 HST), jumlah daun masih relatif homogen (5,11–5,44 helai). Hal ini mengindikasikan bahwa sejak fase vegetatif awal, terdapat pengaruh perlakuan terhadap pembentukan daun. Fase pertumbuhan menengah (21–35 HST), perlakuan A2 jumlah daun tertinggi. Fase lanjut (42 HST), perlakuan A1 mampu mempertahankan efek stimulatif terhadap pertumbuhan daun hingga fase generatif awal. Perlakuan berbasis *B. bassiana* berpotensi memberikan efek ganda, sebagai pengendali hayati yang menekan serangan hama pengisap daun dan mampu

meningkatkan vitalitas tanaman melalui mekanisme fisiologis yang memperkuat efisiensi fotosintesis dan penyerapan nutrisi (Mustaniroh et al., 2024).

Jumlah Daun tanaman bawang merah

Jumlah daun tanaman bawang merah hasil pengamatan terkait ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah

No	Perlakuan	Umur Tanaman			
		14 HST	21 HST	35 HST	42 HST
1	A1	4.24 ^a	8.84 ^a	12.63 ^a	16.77 ^a
2	A0	4.71 ^{ab}	8.13 ^{ab}	12.49 ^{ab}	18.45 ^{ab}
3	A3	4.15 ^{abc}	9.38 ^{abc}	12.73 ^{abc}	17.10 ^{abc}
4	A2	4.58 ^{abcd}	9.42 ^{abcd}	12.56 ^{abcd}	15.93 ^{abcd}

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Hasil pengamatan jumlah daun bawang merah menunjukkan dinamika pertumbuhan vegetatif yang berbeda antar perlakuan pada setiap fase pengamatan. Pada 14 HST, jumlah daun belum menunjukkan perbedaan mencolok antarperlakuan (4,15–4,71 helai; notasi a–abcd), karena tanaman masih memprioritaskan perkembangan akar dan adaptasi fisiologis. Memasuki fase 21–35 HST, jumlah daun meningkat signifikan, dengan A1 secara konsisten unggul (notasi "a"), sementara A0, A2, dan A3 tidak berbeda nyata satu sama lain namun tetap lebih rendah dibanding A1.

Pada fase lanjut (42 HST), perbedaan antar perlakuan tetap terlihat, dengan A0 menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi (18,45 helai), diikuti oleh A3 (17,10 helai) dan A1 (16,77 helai). Fenomena ini memberikan gambaran bahwa intervensi perlakuan tidak hanya berimplikasi pada fase vegetatif awal, tetapi juga dapat memengaruhi perkembangan daun hingga fase akhir pertumbuhan. Penerapan *B. bassiana* pada bawang merah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan awal tanaman, selain sebagai agen pengendali hayati. Peningkatan ini diduga berkaitan dengan kemampuan *B. bassiana* menghasilkan hormon tumbuh yang mendukung perkembangan vegetatif bibit bawang merah (Nasution et al., 2026; Yuliana et al., 2023).

Sampel Serangga

Pengambilan sampel serangga yang telah ditemukan di lapangan diidentifikasi kemudian dikelompokkan berdasarkan ordo masing-masing untuk membuktikan keefektifan dari hasil serangan cendawan entomopatogen *B. bassiana* yang dibuktikan dengan bercak putih pada setiap tubuh serangga. Bercak putih pada serangga membuktikan miselia telah berhasil masuk kedalam tubuh dan membunuhnya. Inventarisasi serangga yang terinfeksi aplikasi *B. bassiana* (Tabel 6) mencakup ordo *Coleoptera*, *Lepidoptera*, dan *Hemiptera*, yang masing-masing memiliki peran penting sebagai pengganggu dalam fase pertumbuhan tanaman (Ginting et al., 2025). Jumlah serangga yang teridentifikasi pada perlakuan A0

lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang memperoleh aplikasi *B. bassiana* (A1, A2, dan A3). Kondisi ini menunjukkan bahwa aplikasi *B. bassiana* mampu menekan keberadaan berbagai jenis hama pada kedua komoditas. Hama dari ordo *Coleoptera* yang ditemukan pada kacang panjang berpotensi merusak daun dan polong melalui aktivitas pengunyahan. Ordo *Lepidoptera* yang ditemukan pada bawang merah berperan sebagai pemakan jaringan daun. Ordo *Hemiptera* merusak tanaman dengan cara menghisap cairan sel sehingga dapat menurunkan aktivitas fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Efendi et al., 2020).

Tabel 6. Inventarisasi serangga yang terkena aplikasi *B. bassiana*

No	Dokumentasi	Jenis Tanaman ditemukannya Hama	Ordo
1		Kacang Panjang	Coleoptera
2		Bawang Merah	Lepidoptera
3		Kacang Panjang	Hemiptera
4		Bawang Merah	Lepidoptera

Sumber: Data diolah Peneliti, 2025.

B. bassiana memiliki kemampuan menginfeksi berbagai kelompok serangga, baik yang bertipe alat mulut pengunyah maupun penusuk-penghisap. Setelah spora menempel pada kutikula serangga, cendawan akan berkecambah, menembus integumen, berkembang di dalam hemocoel, dan akhirnya menyebabkan kematian inang sehingga populasi hama dapat ditekan (Wahjono et al., 2024; Fahmiati, 2023). Kemampuan infeksi *B. bassiana* pada serangga dicirikan dengan tubuh yang mengeras, aktivitas yang menurun,

hingga munculnya miselium berwarna putih pada permukaan tubuh setelah kematian (Dannon et al., 2020). Semakin banyak hama yang ditemukan terinfeksi menunjukkan semakin luas jangkauan pengendalian yang dapat diberikan oleh *B. bassiana*. Kondisi ini sangat relevan dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT), karena satu agens hayati dapat menekan beberapa kelompok hama sekaligus tanpa menimbulkan residu berbahaya bagi lingkungan. Penggunaan *B. bassiana* berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintesis, menekan risiko resistensi hama, serta mendukung sistem budidaya hortikultura yang lebih berkelanjutan.

4 Kesimpulan

Aplikasi *Beauveria bassiana* berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura, khususnya kacang panjang (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) dan bawang merah (*Allium ascalonicum*). Perlakuan dengan konsentrasi tinggi mampu meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun secara signifikan dibandingkan kontrol. *B. bassiana* juga mampu menginfeksi hama dari ordo *Coleoptera*, *Lepidoptera*, dan *Hemiptera*. Serangga yang terinfeksi memperlihatkan gejala khas berupa pertumbuhan miselium putih, dan mampu menekan populasi hama penting pada ekosistem pertanian kacang panjang dan bawang merah. *B. bassiana* dapat dijadikan komponen utama dalam strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang ramah lingkungan dan berkelanjutan serta dapat mendukung produktivitas tanaman hortikultura di kawasan hulu DAS Kromong II.

Daftar Pustaka

- Abdelhameed, R. E., Soliman, E. R. S., Gahin, H., & Metwally, R. A. (2024). Enhancing drought tolerance in *Malva parviflora* plants through metabolic and genetic modulation using *Beauveria bassiana* inoculation. *BMC Plant Biology*, 24(1), 662. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05340-w>
- Bayu, M. S. Y. I., Prayogo, Y., & Indiaty, S. W. (2021). *Beauveria bassiana*: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Palawija*, 19(1), 41. <https://doi.org/10.21082/bulpa.v19n1.2021.p41-63>
- Dannon, H. F., Dannon, A. E., Douro-Kpindou, O. K., Zinsou, A. V., Houndete, A. T., Toffa-Mehinto, J., Elegbede, I. A. T. M., Olou, B. D., & Tamò, M. (2020). Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00061-5>
- Efendi, S., Febriani, F., & Yusniwati, Y. (2020). Inventarisasi Hama Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Pada Daerah Endemik Serangan Di Kabupaten Dharmasraya. *AGRIFOR*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.31293/af.v19i1.4476>
- Fahmiati, Susila, W. A., Anindita, N. S., & Nugraheni, I. A. (2023). Uji efektifitas agen biokontrol *Beauveria bassiana* sebagai pengendali ulat grayak (*Spodoptera litura*). *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1.
- Gana, L. P., Etsassala, N. G. E. R., & Nchu, F. (2022). Interactive Effects of Water

- Deficiency and Endophytic *Beauveria bassiana* on Plant Growth, Nutrient Uptake, Secondary Metabolite Contents, and Antioxidant Activity of *Allium cepa* L. *Journal of Fungi*, 8(8), 874. <https://doi.org/10.3390/jof8080874>
- Ginting, S., Djamilah, Sipriyadi, & Permata Sari, S. (2025). Morphological and Molecular Characterization of Entomopathogenic Fungi *Beauveria* spp. Bengkulu Isolate. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(4), 1103–1108. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.4.1103-1108>
- Gunawan, B., Arsi, A., & Anisyatulusna, I. (2022). Inventarisasi Arthropoda dan Tingkat Serangan Hama pada Teknik Budidaya Padi (*Oryza sativa* L.) di Desa Bumi Agung Kecamatan Lempuing: Inventory of Arthropoda and Pest Attack Rate on Rice (*Oryza Sativa* L.) Cultivation Techniques in Bumi Agung Village Lempuing Sub-District. *J-Plantasimbiosa*, 4(2), 29–40. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v4i2.2676>
- Leal, L. J. A., Huerta De La Peña, A., Ocampo Fletes, I., Antonio López, P., Villa-Ruano, N., & Romero-Arenas, O. (2024). Virulence Bioassay of Entomopathogenic Fungi against Adults of *Atta mexicana* under Controlled Conditions. *Applied Sciences*, 14(7), 3039. <https://doi.org/10.3390/app14073039>
- Mantzoukas, S., Daskalaki, E., Kitsiou, F., Papantzikos, V., Servis, D., Bitivanos, S., Patakioutas, G., & Eliopoulos, P. A. (2022). Dual Action of *Beauveria bassiana* (Hypocreales; Cordycipitaceae) Endophytic Stains as Biocontrol Agents against Sucking Pests and Plant Growth Biostimulants on Melon and Strawberry Field Plants. *Microorganisms*, 10(11), 2306. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112306>
- Mursyid, M., Astari, C., Hamka, H. N., Akbar, A. S., & Slamet, N. S. (2023). Quantitative Analysis Of Profenofos Pesticide Residues On Cabbage (*Brassica oleracea*) By Gas Chromatography Method. *Jambura Journal of Health Sciences and Research*, 5(1), 229–241. <https://doi.org/10.35971/jjhsr.v5i1.17199>
- Mustaniroh, S. A., Sunyoto, N. M. S., Yulianingsih, R., Zahro, F. A., Andriani, R. D., & Kirana, W. C. (2024). Diseminasi Teknologi Produksi Agens Hayati sebagai Solusi Alternatif dalam Produktivitas Buah Naga. *Jurnal Abdimas Madani dan Lestari (JAMALI)*, 127–138. <https://doi.org/10.20885/jamali.vol6.iss2.art6>
- Nasuiton, L., Sembiring, R., Simbolon, D. H., Saragih, M., Sembiring, S., Dahang, D., Sembiring, R. D. V., Siregar, R. T., Eren, M. F., & Tarigan, Y. F. (2026). Respon Perkecambahan Benih Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan Perlakuan Rendaman Cendawan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *DINAMIKA PERTANIAN*, 42(1), 99–109.
- Putra, D. G. P., Fitriyani, Z. A., Ardiyanto, F. R., Dewi, Y. R., Khusumawati, T., Alfariy, F. K., Novita, M. D., & Soesanto, S. (2025). The Effect of Pesticide Residues on Environmental Quality in the Kromong II Watershed, Pacet District, Mojokerto Regency. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 9(2), 128–139. <https://doi.org/10.55043/jaast.v9i2.348>
- Rahayu, M., Susanna, S., & Hasnah, H. (2021). Potensi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Isolat Lokal) dalam Mengendalikan Hama Ordo Coleoptera. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(2), 155–165. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i2.17183>
- Ranida, P. N., Sayuthi, M., & Susanna, S. (2024). Efektivitas Cendawan *Beauveria bassiana* sebagai Bioinsektisida pada Rayap (*Nasutitermes matangensis* Haviland) di Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1), 662–670. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v9i1.27616>
- Rina, P. Y., Gusmiaty, & Restu, M. (2019). Eksplorasi Cendawan Rhizosfer Pada Tegakan Hutan Rakyat suren Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *Bioma: Jurnal*

Biologi Makassar, 4(2), 153–160.

- Seran, A. M. D., Ngana, F. R., & Pian, M. (2022). Pemetaan Wilayah Lahan Kering Menggunakan Penginderaan Jauh Di Wilayah Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 7(2), 42–47. <https://doi.org/10.35508/fisa.v7i2.9345>
- Soth, S., Glare, T. R., Hampton, J. G., Card, S. D., Brookes, J. J., & Narciso, J. O. (2022). You are what you eat: Fungal metabolites and host plant affect the susceptibility of diamondback moth to entomopathogenic fungi. *PeerJ*, 10, e14491. <https://doi.org/10.7717/peerj.14491>
- Wahjono, T. E., Yuliani, Y., & Hadiyanto. (2024). Beauveria Bassiana; Insect Pathogen And Biopesticide Producer As An Effective And Environmentally Friendly Alternative For Biological Control. *JURNAL ILMIAH AGRINECA*, 24(1), 97–112. <https://doi.org/10.36728/afp.v24i1.2885>
- Yuliana, A., Trizelia, T., & Sulyanti, E. (2023). Aplikasi Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana pada Benih Bawang Merah dan Pengaruhnya Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Bibit. *Jurnal Sains Agro*, 8(2), 88–96. <https://doi.org/10.36355/jsa.v8i2.1164>
- Zafar, J., Shoukat, R. F., Zhu, Z., Fu, D., Xu, X., & Jin, F. (2024). Two-Sex Life Table Analysis for Optimizing Beauveria bassiana Application against Spodoptera exigua (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Fungi*, 10(7), 469. <https://doi.org/10.3390/jof10070469>

Respon Pertumbuhan Miselium Jamur Tiram Kuning (*Pleurotus citrinopileatus*) Terhadap Berbagai Formulasi Media Baglog

Thomas Yoga Prasetya Susilo¹ dan Ruth Meike Jayanti^{1,2*}

¹Program Studi S1 Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No.52-60, Salatiga, Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah

²PT Mikoo Sijamur Cantik Jl Mutiara No 35, Kebonsamas, Kel. Bugel, Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah

Email : ruth.jayanti@uksw.edu

Submit : 29-10-2025

Revisi : 06-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

Yellow oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*) is one of the edible mushroom commodities that has the potential to be developed as an alternative source of nutritious food. Optimization of the growing media is an important factor in supporting mycelial growth because the substrate must provide lignocellulosic compounds as the main carbon source. This study aimed to analyze the response of mycelial growth rate of yellow oyster mushroom to different baglog media formulations and to determine the best growing media for yellow oyster mushroom spawn development. The research was conducted from June to December 2025 using a randomized block design (RBD) with a single factor, namely media formulation consisting of seven treatments with three replications. The media treatments consisted of combinations of sengon sawdust, cocopeat, corn, and millet. The observed parameter was mycelial growth rate measured on days 7, 14, 21, and 30. Data were analyzed using ANOVA at a 5% significance level followed by Tukey's test (HSD). The results showed that media formulation had a highly significant effect on mycelial growth rate. Treatment P1 (100% sengon sawdust) produced the highest mycelial growth rate of 0.526 cm/day and was significantly different from other treatments, while treatments P2–P7 produced growth rates ranging from 0.252–0.341 cm/day. Pure sengon sawdust media resulted in faster mycelial growth and earlier baglog colonization due to its high lignocellulose content and porous substrate structure, which supports aeration and optimal mycelial growth.

Keywords: Growth rate, Lignocellulose, Media, Mycelium, *Pleurotus citrinopileatus*

ABSTRAK

Jamur tiram kuning (*Pleurotus citrinopileatus*) merupakan salah satu komoditas jamur pangan yang berpotensi dikembangkan sebagai alternatif sumber pangan bergizi. Optimalisasi media tanam menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan miselium karena media harus mampu menyediakan senyawa *lignoselulosa* sebagai sumber karbon utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning terhadap formulasi media baglog serta mengetahui media tanam terbaik untuk pertumbuhan bibit jamur tiram kuning. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni–Desember 2025 menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan satu faktor yaitu formulasi media tanam yang terdiri atas tujuh perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan media meliputi kombinasi serbuk kayu sengon, cocopeat, jagung, dan millet. Parameter yang diamati adalah laju pertumbuhan miselium yang diukur pada hari ke-7, 14, 21, dan 30. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji Tukey (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap laju pertumbuhan miselium. Perlakuan P1 (serbuk kayu sengon 100%) menghasilkan laju pertumbuhan miselium tertinggi yaitu 0,526 cm/hari dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan P2–P7 menghasilkan laju pertumbuhan berkisar antara 0,252–0,341 cm/hari. Media serbuk kayu sengon murni memberikan pertumbuhan miselium paling cepat dan kolonisasi baglog lebih awal karena memiliki kandungan

lignoselulosa tinggi serta struktur substrat yang berpori sehingga mendukung aerasi dan pertumbuhan miselium secara optimal.

Kata kunci: Laju pertumbuhan, *Lignoselulosa*, Media tanam, Miselium, *Pleurotus citrinopileatus*

1 Pendahuluan

Jamur tiram kuning (*Pleurotus citrinopileatus*) merupakan salah satu jenis jamur pangan yang dapat dibudidayakan dan dapat dijadikan komoditas alternatif selain jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). Jamur *Pleurotus citrinopileatus* memiliki karakteristik pertumbuhan berumpun dengan jumlah individu yang relatif banyak. Jamur ini termasuk dalam famili *Pleurotaceae* yang diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif (fenolik dan asam linoleat), protein, karbohidrat, lemak, dan mineral esensial (kalsium, kalium, magnesium, fosfor, besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), dan mangan (Mn)) (Galappaththi et al., 2021).

Data Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa tingkat konsumsi jamur di Indonesia mencapai 66.910 ton (2023) meningkat menjadi 70.950 ton (2024). Produksi nasional mencapai 53.790 ton (2023) dan 55.460 ton (2024). Peningkatan produksi juga diiringi penambahan impor dari 14.770 ton (2023) menjadi 17.250 ton (2024). Permintaan jamur tiram mengalami peningkatan 6% setiap tahunnya baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri (Pusat data dan Sistem Informasi Pertanian, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem budidaya jamur tiram yang ada saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan pasar secara optimal. Sistem budidaya masih memerlukan peningkatan pada ketersediaan bibit F1, media baglog dan sistem kemitraan serta pelatihan untuk penanganan pascapanen (Rusadi, 2020).

Pengembangan budidaya jamur tiram berbasis media alternatif juga memiliki relevansi terhadap implementasi konsep *urban farming* sebagai upaya peningkatan ketersediaan pangan lokal di wilayah perkotaan dengan keterbatasan lahan (Nurjasmi, 2021). Pemanfaatan limbah *lignoselulosa* seperti serbuk kayu dan cocopeat sebagai media tanam tidak hanya berfungsi sebagai substrat pertumbuhan miselium, tetapi juga berkontribusi terhadap sistem produksi pangan berkelanjutan berbasis sumber daya lokal (Rambey et al., 2018).

Media baglog umumnya dari serbuk gergaji kayu sengon (*Albizia chinensis*). Adawiyah et al., (2017), mengkombinasikan serbuk kayu dengan ampas tebu dan jerami padi untuk mendukung pertumbuhan miselium dan produktifitas jamur tiram putih. Jagung dan cocopeat merupakan dua alternatif bahan tambahan yang berpotensi meningkatkan kualitas media baglog. Perlakuan kombinasi cocopeat dengan tepung tapioka menghasilkan pertumbuhan jamur tiram putih yang terbaik (Jayanti, 2015). Tongkol jagung sebanyak 100% juga memiliki pertumbuhan miselium jamur tiram putih yang paling banyak dan paling

cepat (Parhusip, 2025). Penggunaan serbuk kayu sebagai media tanam mampu menyediakan kandungan selulosa sebesar 47,82% yang berfungsi sebagai sumber karbon utama bagi pertumbuhan miselium (Boadu et al., 2023). Penggunaan media cocopeat sebagai media alternatif mampu meningkatkan pertumbuhan miselium serta mempercepat waktu panen jika dilakukan pengkombinasian dengan serbuk kayu (Rambey et al., 2018).

Sebagian besar penelitian formulasi media baglog masih berfokus pada jamur tiram putih, sedangkan pada jamur tiram kuning masih terbatas, salah satunya hanya menguji komposisi serbuk gergaji dengan ampas teh (Mursidawati et al., 2021). Kombinasi spesifik antara serbuk kayu sengon, jagung, dan cocopeat sebagai formulasi media baglog perlu dilakukan untuk memperoleh komposisi media tanam yang lebih optimal dalam mendukung pertumbuhan miselium dan produktivitas tubuh buah jamur tiram kuning. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning terhadap formulasi media baglog (*Pleurotus citrinopileatus*), dan mengetahui media tanam yang paling baik untuk pertumbuhan bibit jamur tiram kuning (*Pleurotus citrinopileatus*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan formulasi media tanam yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta mendukung implementasi teknologi budidaya jamur tiram skala rumah tangga sebagai bagian dari sistem produksi pangan lokal yang adaptif terhadap tantangan ketahanan pangan di masa depan.

2 Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, dan Laboratorium Mikologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, yang berlangsung pada bulan Juni sampai Desember 2025.

Penelitian ini masuk dalam penelitian eksperimental menggunakan satu faktor yaitu formulasi media tanam jamur tiram. Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan jumlah taraf sebanyak tujuh dan tiga ulangan. Substrat utama yang digunakan adalah serbuk kayu sengon, cocopeat, jagung, dan millet sesuai konsentrasi tiap faktor yang dijelaskan sebagai berikut:

P1: Serbuk kayu 100%.

P2: Serbuk kayu 25%+Jagung 25%+Cocopeat 50%.

P3: Serbuk kayu 50%+Jagung 25%+Cocopeat 25%.

P4: Serbuk kayu 25%+Jagung 50%+Cocopeat 25%.

P5: Serbuk kayu 25%+Millet 25%+Cocopeat 50%.

P6: Serbuk kayu 50%+Millet 25%+Cocopeat 25%.

P7: Serbuk kayu 25%+Millet 50%+Cocopeat 25%.

Formulasi dan Sterilisasi Media

Formulasi media dimulai dengan penimbangan substrat sesuai perlakuan, dengan berat total 250 gram. Tambahkan dolomit dan tepung jagung (maizena) lalu dihomogenkan. Media dilanjutkan dengan pengukuran pH menggunakan pH meter untuk memastikan nilai pH berada di kisaran 7. Selain itu, kelembaban media juga diukur menggunakan moisture meter dan dipastikan berada pada rentang 50–60% agar kondisi media tetap optimal (Rosmiah et al., 2020). Substrat yang telah siap kemudian dimasukkan ke dalam plastik berukuran 13 × 20 cm. Selanjutnya baglog diberi cincin, ditutup dengan kapas, kemudian kapas ditutup menggunakan kertas yang diberi karet. Proses sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C yang stabil selama 20 menit dengan tekanan 1 atm, kemudian media didinginkan selama satu hari sebelum dilakukan inokulasi untuk menjaga viabilitas bibit jamur.

Inokulasi dan Inkubasi

Metode inokulasi jamur tiram dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Inokulasi dilakukan di dekat bunsen dengan metode permukaan menggunakan bibit F1 yang diletakan di permukaan baglog dekat cincin baglog. Peletakan bibit F1 ke baglog menggunakan spatula dengan berada di sekitar bunsen. Inkubasi baglog diletakkan pada rak susun dengan suhu optimal 22–28°C dengan kelembaban 60–80%. Inkubasi dilakukan selama 30 hari pengamatan.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan parameter laju pertumbuhan dan pengamatan visual miselium. Pengamatan dilakukan di hari ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-30. Pengukuran dilakukan menggunakan mistar dengan ketelitian 0,1 cm. setiap pengamatan dilakukan dokumentasi secara berkala. Setelah pengamatan selesai dilanjutkan dengan penghitungan Laju pertumbuhan miselium dihitung berdasarkan rumus Zadoks dan Schein (1979) (Herawati et al., 2022):

$$R = \frac{L2 - L1}{T2 - T1}$$

Keterangan:

R = Laju pertumbuhan miselium (cm/hari).

$L2-L1$ = Selisih panjang pertumbuhan miselium dari titik tumbuh kedua (cm) dengan titik tumbuh pertama (cm)

$T2-T1$ = Selisih waktu pengukuran kedua dengan pengukuran pertama (hari).

Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari penghitungan laju pertumbuhan dianalisis menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan

perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Tukey (BNJ) pada taraf $\alpha = 0,05$ untuk membandingkan rata-rata antar ketujuh taraf perlakuan. Sementara itu, data time series seperti pertumbuhan miselium. Dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan pola pertumbuhan selama periode pengamatan dalam bentuk kurva.

3 Hasil dan Pembahasan

Laju Pertumbuhan Miselium

Miselium vegetatif berfungsi untuk menyerap nutrisi dari substrat dan juga untuk menjangkarkan diri. Miselium yang kokoh untuk menyangga tubuh buah berupa tangkai dan banyak mengandung kitin (Lianah, 2020).

Tabel 1. Hasil laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning

Perlakuan	Laju pertumbuhan miselium (cm/hari)
P1	0,526 ^a
P2	0,341 ^b
P3	0,332 ^b
P4	0,292 ^b
P5	0,291 ^b
P6	0,278 ^b
P7	0,252 ^b
Rata-rata umum	0,330
F hitung perlakuan	10,898
Koefisien variasi (CV)	14,564%

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom notasi menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning.

Nilai rata-rata umum laju pertumbuhan miselium pada seluruh perlakuan sebesar 0,330 cm/hari (Tabel. 1). Secara keseluruhan media tanam yang digunakan masih mampu mendukung pertumbuhan miselium jamur tiram kuning dengan baik. Formulasi media tanam berbasis limbah pertanian berpengaruh sangat nyata terhadap laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning. Hal ini terlihat dari hasil F hitung perlakuan dengan nilai sebesar 10,898 pada nilai $P < 0,05$, yang mengindikasikan bahwa perbedaan komposisi media memberikan respon yang berbeda terhadap kecepatan pertumbuhan miselium. Hasil Koefisien variasi (CV) sebesar 14,564% menunjukkan laju pertumbuhan miselium dengan tingkat keragaman pada kategori sedang.

Menurut Dianty et al., (2024), menyatakan bahwa CV digunakan untuk mengukur tingkat penyebaran dan konsistensi data. Nilai CV yang lebih tinggi menunjukkan variasi yang lebih besar, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan data yang lebih stabil. CV juga digunakan untuk membandingkan variabilitas antar kelompok dengan skala berbeda. Kategori nilai $CV \leq 20\%$ masih dianggap dapat diterima, dengan kategori variasi sedang berada pada kisaran 5–15% atau 10–20%.

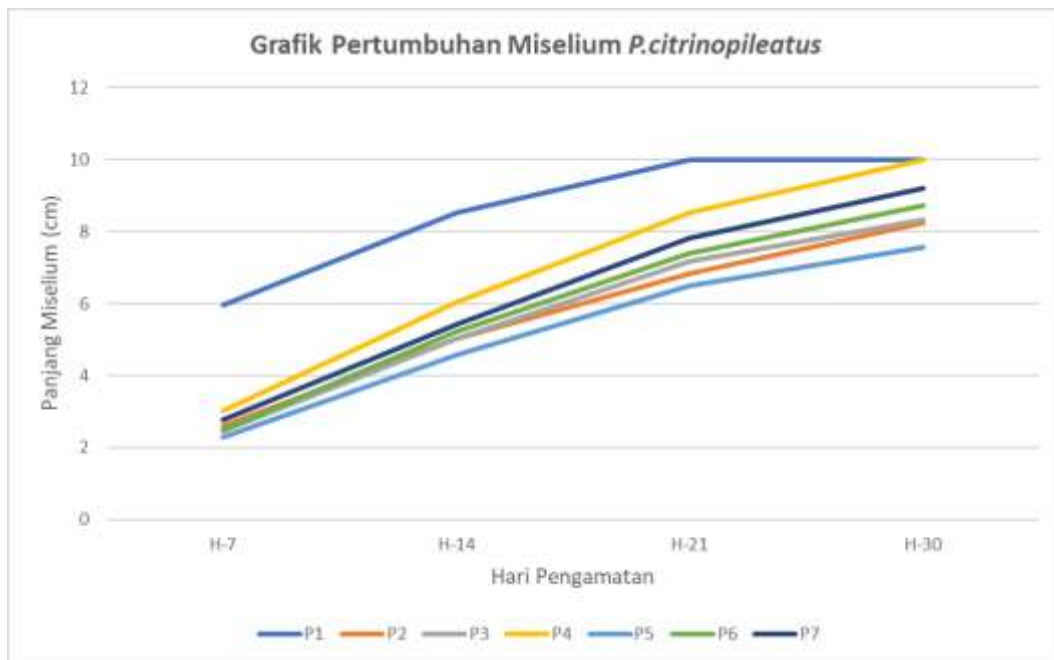
Serbuk gergaji memiliki kandungan selulosa sebesar 47,82% sebagai sumber karbon utama, hemiselulosa 16,63% sebagai sumber nutrisi tambahan, dan *lignin* 33,29% yang berperan dalam membentuk struktur substrat. pH substrat berkisar antara 6–9 yang tergolong optimal untuk pertumbuhan miselium. Rasio C/N sebesar 76,68 menunjukkan ketersediaan nitrogen yang memadai untuk sintesis protein dan aktivitas metabolisme jamur (Boadu et al., 2023). Wahidah & Saputra (2015), menyatakan bahwa media 100% serbuk gergaji menghasilkan produksi jamur tiram lebih tinggi dibandingkan jerami padi. Kandungan nutrisi pada serbuk gergaji lebih sesuai dan dapat mempertahankan kelembaban media. Menurut Elfandari et al., (2021), serbuk kayu sengon terbukti efektif meningkatkan produktivitas jamur tiram dan mempengaruhi laju pertumbuhan miselium.

Hasil penghitungan laju pertumbuhan P2 memiliki rerata tercepat nomor dua setelah serbuk kayu sengon 100%. Hal ini diduga kombinasi jagung minim dan cocopeat 50% termasuk cukup tinggi. Kombinasi komposisi cocopeat 50% dan kayu 25% mampu memperkaya *lignin*, *selulosa*, dan *hemiselulosa* yang dibutuhkan oleh jamur tiram. Pada media berbasis millet, pertumbuhan terbaik terdapat pada perlakuan P5 dengan rerata 0,291, namun secara keseluruhan perlakuan biji millet memiliki hasil rerata terendah dibanding media campuran biji jagung maupun serbuk kayu sengon 100%. Biji millet yang memiliki ukuran relatif kecil akan mempengaruhi porositas media yang mana miselium jamur tiram tetap memerlukan oksigen untuk bertumbuh dengan baik. Secara umum, perlakuan P2–P7 menghasilkan laju pertumbuhan berkisar 0,252–0,341 cm/hari dan tidak berbeda nyata, sehingga menunjukkan bahwa serbuk kayu sengon murni merupakan substrat paling optimal untuk mendukung pertumbuhan miselium jamur tiram kuning dibandingkan media campuran.

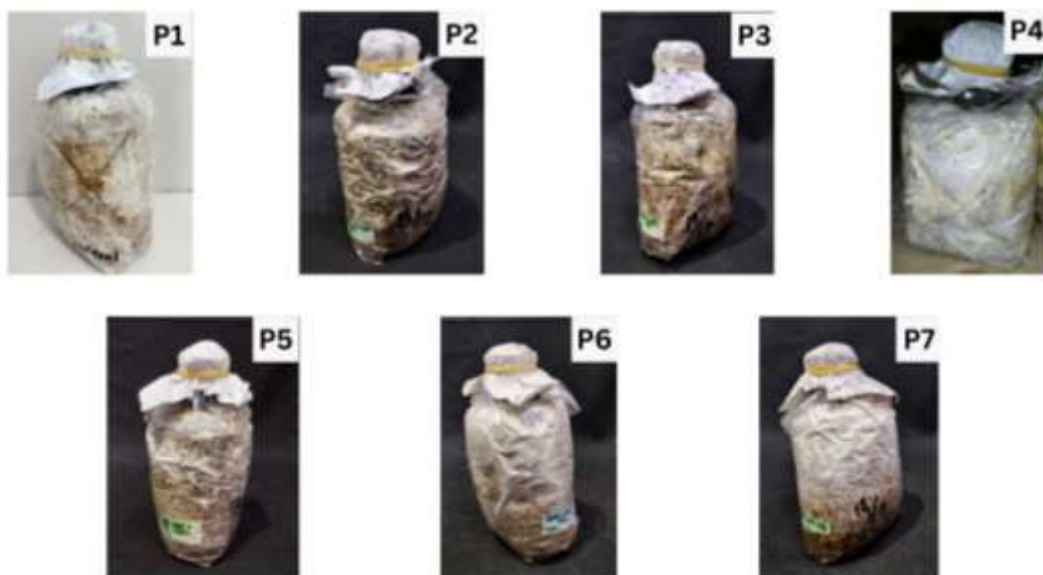
Menurut (Kurniawan, 2022) sabut kelapa berpotensi sebagai media alternatif budidaya jamur tiram karena mengandung *lignin* sebesar 35–45%, selulosa 23–43%, *hemiselulosa* 10,25%, dan *pektin* 3,0% yang berperan sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan miselium. Penambahan cocopeat pada media serbuk kayu berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *P. ostreatus*. Komposisi 30% cocopeat menghasilkan pertumbuhan miselium tercepat, sedangkan 20% cocopeat mempercepat waktu panen dibandingkan media tanpa cocopeat (Rambey et al., 2018). Formulasi baglog menggunakan limbah pertanian tongkol jagung sebanyak 100% menyebabkan pertumbuhan miselium jamur tiram putih menjadi cepat dengan yield yang lebih tinggi dibandingkan baglog ampas kopi maupun serbuk kayu (Parhusip et al., 2025). Porositas media sangat mempengaruhi ketersediaan oksigen bagi pertumbuhan jamur. Serbuk kayu memiliki porositas sedang dan stabil, sedangkan millet memiliki porositas rendah, mudah menyerap air, dan cenderung mengurangi aerasi sehingga dapat menghambat pertumbuhan miselium.

Grafik Pertumbuhan

Jenis media berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan jamur tiram yaitu fase vegetatif dan generatif, bobot basah, jumlah tudung, diameter tudung, panjang tangkai, dan efisiensi biologis (Herliyana & Muhyi, 2023). Pertambahan panjang miselium jamur tiram kuning meningkat secara bertahap dari hari ke-7 hingga hari ke-30 pada seluruh media tanam (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik Pertambahan Panjang Miselium. P1= Kontrol kayu , P2= serbuk kayu 25%+jagung 25%+cocopeat 50%, P3= serbuk kayu 50%+jagung 25%+cocopeat 25%, P 4=serbuk kayu 25%+jagung 50%+cocopeat 25%, P5=serbuk kayu 25%+millet 25%+cocopeat 50% , P6= serbuk kayu 50%+millet 25%+cocopeat 25% , P7= serbuk kayu 25%+millet 50%+cocopeat 25%.



Gambar 2. Foto Pertumbuhan Maksimal Miselium. P1= Kontrol kayu, P2= serbuk kayu 25%+jagung 25%+cocopeat 50%, P3= serbuk kayu 50%+jagung 25%+cocopeat 25%, P4=serbuk kayu 25%+jagung 50%+cocopeat 25%, P5=serbuk kayu 25%+millet 25%+cocopeat 50% , P6= serbuk kayu 50%+millet 25%+cocopeat 25% , P7= serbuk kayu 25%+millet 50%+cocopeat 25%.

25%+jagung 50%+cocopeat 25%, P5=serbuk kayu 25%+millet 25%+cocopeat 50%, P6= serbuk kayu 50%+millet 25%+cocopeat 25%, P7= serbuk kayu 25%+millet 50%+cocopeat 25%.

Perlakuan P1 dan P2 mampu mencapai kolonisasi penuh hingga batas maksimum baglog (10 cm) pada hari ke-21 hingga ke-30, sedangkan perlakuan P3–P7 belum mencapai kolonisasi penuh hingga akhir pengamatan. Perlakuan P3–P7 memerlukan waktu lebih dari 30 hari untuk mencapai kolonisasi maksimum (Gambar 2).

Perlakuan P2 hingga P7 menunjukkan pola pertumbuhan miselium yang relatif lebih lambat dibandingkan P1. Kemiringan kurva yang lebih rendah pada media campuran menunjukkan bahwa penambahan bahan (jagung, millet, dan cocopeat) dapat memperlambat kecepatan kolonisasi miselium karena mempengaruhi sifat fisik dan kimia media. Perlambatan tersebut dipengaruhi oleh struktur substrat, ketersediaan dan kelebihan nutrisi, serta kapasitas aerasi yang berperan penting dalam mendukung aktivitas metabolisme dan pertumbuhan miselium. Penambahan tepung jagung (maizena) pada media millet dan jagung yang sudah mengandung pati tinggi membuat pertumbuhan miselium lambat karena memunculkan karakteristik substrat yang lengket dan padat sehingga aerasi terganggu. Menurut Putri et al., (2020), miselium akan tumbuh lebih aktif pada media dengan sumber nutrisi rendah. Semakin banyak nutrisi yang diberikan maka kemampuan miselium dalam menguraikan nutrisi yang diberikan di dalam media baglog membuat waktu perombakan nutrisi lebih lama.

Laju pertumbuhan tetap lebih tinggi pada perlakuan P1, yang menunjukkan bahwa komposisi media sangat mempengaruhi kecepatan kolonisasi miselium. Serbuk kayu kaya akan kandungan *selulosa*, *lignin*, dan *lignoselulosa* sehingga mempengaruhi percepatan kolonisasi, serbuk kayu sagon juga lebih baik dalam daya simpan yang lama dan tidak rentan kontaminasi dibanding biji millet. Penggunaan millet secara tunggal menghasilkan laju kolonisasi paling lambat yang disebabkan oleh ukuran partikel kecil sehingga menghambat sirkulasi udara dalam media (Hatta & Agussalim, 2024).

Miselium yang tampak tebal terlihat pada P1, P4, P6, dan P7 (Gambar 2). Meskipun keempat perlakuan tersebut tampak memiliki miselium yang tebal, tetapi rerata perambatan secara kuantitatif maupun dokumentasi visual tidak memenuhi seluruh baglog. Media dengan penambahan tepung jagung tinggi cenderung menghasilkan miselium lebih tebal. Laju pertumbuhan lebih lambat karena kandungan pati yang tinggi. Pertumbuhan optimal jamur tiram lebih didukung oleh substrat yang kaya *lignin*, *selulosa*, dan *hemiselulosa* (Ridwan et al., 2021).

4 Kesimpulan

Respon formulasi media baglog berpengaruh sangat nyata terhadap laju pertumbuhan miselium jamur tiram kuning (*Pleurotus citrinopileatus*). Perbedaan

komposisi media menyebabkan variasi kecepatan kolonisasi miselium pada baglog. Perlakuan P1 (100% serbuk kayu sengon) menunjukkan laju pertumbuhan miselium tertinggi sebesar 0,526 cm/hari dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan P2 hingga P7 memiliki laju pertumbuhan tidak berbeda nyata (0,252–0,341 cm/hari). Media baglog terbaik adalah serbuk kayu sengon 100%, karena kandungan *lignoselulosa* yang tinggi sebagai sumber karbon serta struktur substrat yang berpori yang mendukung aerasi dan pertumbuhan miselium secara optimal.

Daftar Pustaka

- Adawiyah, R., Hidayat, N., & Rahmah, N. L. (2017). The Addition of Sugarcane Bagasse and Rice Straw on Sengon (*Albizia chinensis*) Wood Dust Plant Medium to the Growth and Productivity of White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 159–166. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2017.006.03.7>
- Boadu, K. B., Nsiah-Asante, R., Antwi, R. T., Obirikorang, K. A., Anokye, R., & Ansong, M. (2023). Influence of the chemical content of sawdust on the levels of important macronutrients and ash composition in Pearl oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *PLOS ONE*, 18(6), e0287532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287532>
- Dianty, M. A., Suhartawan, B., Daawia, Mohzana, Suprpto, A., Agustini, N. P., Erlyn, P., Buan, F. C. H., Mataram, I. K. A., & Achmad. (2024). *Statistika Dasar*. Yayasan Cendikia Mulia Mandiri.
- Elfandari, H., Yusanto, Y., & Septiana, S. (2021). Pertumbuhan Dan Produktivitas Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Pada Komposisi Media Tanam Sengon Dan Jerami. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(2), 301. <https://doi.org/10.23960/jat.v9i2.4915>
- Galappaththi, M. A., Dauner, L., Madawala, S., & Karunarathna, S. C. (2021). Nutritional and medicinal benefits of Oyster (*Pleurotus*) mushrooms: A review. *Fungal Biotech*, 1(2), 65–87. <https://doi.org/10.5943/FunBiotech/1/2/5>
- Hatta, M & Agussalim, A.A.R. (2024). Optimasi Media Dan Teknik Sterilisasi Untuk Meningkatkan Kualitas Miselium Bibit F2 Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*). *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 8(2), 119–125. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v8i2.617>
- Herawati, E. (2022). Biakan Murni (F0) Jamur Tiram Merah Muda (*Pleurotus flabellatus*) Dengan Menggunakan Media PDA dan Media Campuran Jagung dan Dedak. *Buletin Loupe*, 18(02), 22–28. <https://doi.org/10.51967/buletinloupe.v18i02.1582>
- Herliyana, E. N., & Muhyi, A. (2023). Kultivasi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Pada Log Dan Ranting Kayu Karet, Lamtoro, Randu, Dan Balsa. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 14(1), 80–89.
- Jayanti, D. (2015). Pengaruh Penggunaan Media Tanam Cocopeat dengan Penambahan Berbagai Nutrisi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 3(2), 143–152. <https://doi.org/10.36084/jpt.v3i2.106>
- Kurniawan, F. (2022). Pemanfaatan Berbagai Jenis Limbah Pertanian Sebagai Media Tanam Jamur. *Bioedunis Journal*, 1(2), 51–58. <https://doi.org/10.24952/bioedunis.v1i2.6634>
- Lianah. (2020). *Budidaya Jamur Pangan Konsumsi Lokal*. CV Alinea Media Dipantara.

- Mursidawati, N., Badariah, & Novallyan, D. (2021). Pengaruh Ampas Teh Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram Kuning (*Pleurotus citrinopileatus* Singer). *EDU-BIO: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 60–71.
- Nurjasmi, R. (2021). Review: Potensi Pengembangan Pertanian Perkotaan oleh Lanjut Usia untuk Mendukung Ketahanan Pangan. *Jurnal Ilmiah Respati*, 12(1), 11–28. <https://doi.org/10.52643/jir.v12i1.1406>
- Parhusip, A. J. N., Dipakalyano, Matita, I. C., Irawati, W., & Silalahi, R. (2025). Formulasi Baglog Dari Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Serbuk Kayu Dalam Budidaya Jamur Tiram Putih. *Jurnal Abdi Insani*, 12(5), 2224–2236. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i5.2367>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2025). *Statistik Konsumsi Pangan 2025*. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Putri, M. G., Maghfoer, M. D., & Murdiono, W. E. (2020). Perbedaan Komposisi Sumber Nutrisi pada Pertumbuhan dan Hasil Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Produksi Tanaman*, 8(2), 248–255.
- Rambey, R., Matondang, G. P. N., & Siregar, E. B. M. (2018). Growth and productivity of mushroom oyster (*Pleurotus ostreatus*) on mixed planting media of cocopeat with sawdust. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 209, 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/209/1/012035>
- Ridwan, R., Jamaluddin P, & Patang. (2023). Optimalisasi Pertumbuhan Miselium Jamur Tiram Putih Dengan Variasi Komposisi dan Posisi Baglog. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(2), 145–154.
- Rosmiah, R., Aminah, I. S., Hawalid, H., & Dasir, D. (2020). Budidaya Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Sebagai Upaya Perbaikan Gizi Dan Meningkatkan Pendapatan Keluarga. *Altifani: International Journal of Community Engagement*, 1(1). <https://doi.org/10.32502/altifani.v1i1.3008>
- Rusadi, N. W. P. (2020). Strategi Pengembangan Budidaya Jamur Tiram sebagai Komoditas Pertanian di Perkotaan. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 5(4), 122. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v5i4.12722>
- Wahidah, B. F., & Saputra, F. A. (2015). Perbedaan Pengaruh Media Tanam Serbuk Gergaji dan Jerami Padi Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 3(1), 11–15. <https://doi.org/10.24252/bio.v3i1.560>

Pengembangan Komoditi Unggulan Pertanian dalam Perspektif *Digital marketing* di Kecamatan Ganding

Anis Kurli^{1*}, Rillia Aisyah Haris¹, Fauzi Helmi¹, Hidayat¹,
Deni Fardiansyah Putra²

¹ Universitas Wiraraja, Jl. Raya Sumenep - Pamekasan Km 5.Patean, Sumenep,
69451, Indonesia

² Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus PSDKU, Jalan Imam Bonjol KM 5,7
Batuan, Sumenep, 69412 Indonesia

¹Email : aniskurli@wiraraja.ac.id

Submit : 10-03-2026

Revisi : 11-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

The development of superior agricultural commodities from a Digital marketing perspective in Sumenep Regency is important to do. The industrial revolution 4.0 towards the era of society 5.0 forces various products or services to implement internet-based systems to reach wider consumers. The purpose of this study is to identify the media used and involved in the development of superior agricultural commodities in Ganding District, and what are the steps for developing sustainable superior agricultural commodities in Ganding District. The method in this study uses a qualitative case study method. The qualitative case study method attempts to provide an in-depth description of the development of superior agricultural commodities from a Digital marketing perspective. The results of the study show that Digital marketing has a significant role in increasing the selling price of superior agricultural commodities, especially tobacco as a superior agricultural product in Ganding District that is able to reach the market. It can be concluded that the development of superior agricultural commodities in Ganding District through a Digital marketing perspective is a strategic step taken by farmers to increase the competitiveness of agricultural commodity products such as rice, corn and tobacco in a wider market so that it is easier for buyers to recognize and know the quality produced.

Keywords: Agriculture leading commoditie, Agriculture product marketing, Digital marketing, Farmer empowerment, Sustainable development

ABSTRAK

Pengembangan komoditi unggulan pertanian dalam perspektif *digital marketing* di Kabupaten Sumenep penting untuk dilakukan. Revolusi industri 4.0 menuju era society 5.0 memaksa berbagai produk atau jasa menerapkan sistem berbasis internet untuk menjangkau konsumen yang lebih luas. Adapun tujuan dari penelitian untuk mengidentifikasi media yang digunakan dan yang terlibat dalam pengembangan komoditi unggulan hasil Pertanian Kecamatan Ganding, dan Bagaimana langkah-langkah pengembangan komoditi unggulan hasil pertanian Kecamatan Ganding yang berkelanjutan. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif study kasus. Metodet kualitatif study kasus berusaha memberikan uraian mendalam untuk pengembangan komoditi unggulan pertanian dalam perspektif digital marketing. Hasil penelitian menunjukkan *digital marketing* memiliki peran signifikan dalam meningkatkan harga penjualan komoditas unggulan hasil pertanian terutama tembakau sebagai produk unggulan hasil pertanian di Kecamatan Ganding mampu menjangku pasar. Dapat disimpulkan dalam pengembangan komoditi unggulan pertanian Kecamatan Ganding melalui perspektif digital marketing, merupakan sebuah langkah strategis yang dilakukan oleh petani untuk meningkatkan daya saing produk komoditas hasil pertanian padi, jagung dan tembakau di pasar lebih luas sehingga memudahkan pembeli untuk mengenal dan mengetahui kualitas yang dihasilkan.

Kata kunci: Digital marketing, Komoditas unggulan pertanian, Pemasaran produk pertanian, Pemberdayaan petani, Pengembangan berkelanjutan

1 Pendahuluan

Kegiatan promosi dan menawarkan produk atau jasa bisa dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis media digital. Teknologi digital dan perangkat yang didukung koneksi internet mencapai target pemasaran. *Digital marketing* dapat diartikan sebagai kegiatan pemasaran melibatkan penggunaan jaringan dan teknologi digital untuk mencapai tujuan pemasaran tertentu (Arifin et al., 2019; Zulham et al., 2024). Perkembangan pemasaran digital tidak lepas dari adanya revolusi industri 4.0 menuju era society 5.0, yang memaksa berbagai produk atau jasa menerapkan sistem berbasis digital atau internet untuk menjangkau konsumen yang lebih luas. Pengguna internet telah merambah sampai pelosok desa terpencil di Indoensia. Hal ini, memicu pertumbuhan platform e-commerce dan transaksi online lainnya (Afrilia, 2018; Nazar & Salsabila, 2024). Kondisi tersebut mendorong pergeseran perilaku masyarakat yang mulai beralih dan menggandrungi media internet untuk memenuhi seluruh kebutuhan rumah tangganya. Kegiatan pemasaran melalui media digital, dipandang lebih efektif dan efisien (Wijaya & Wijaya, 2021).

Peluang inilah yang perlu dikembangkan ke dalam kegiatan pemasaran komoditi unggulan hasil pertanian, khususnya di Wilayah Kecamatan Ganding, Kabupaten Sumenep, agar pemasaran dapat langsung menjangkau pasar yang lebih luas sesuai target pasar. Kabupaten Sumenep merupakan salah satu kabupaten di Pulau Madura yang memiliki luas lahan pertanian (agropolitan) mencapai 207.010 hektar yang tersebar di wilayah daratan dan kepulauan. Potensi agropolitan tersebut didominasi oleh tanaman padi, jagung, dan tembakau, dengan jumlah produksi mencapai 828.814 ton (Farahdiba, 2020). Struktur perekonomian Kabupaten Sumenep tahun 2024 masih didominasi oleh Lapangan Usaha Pertanian, Kehutanan dan Perikanan sebesar 37,20 persen, diikuti oleh sektor lain seperti pertambangan, perdagangan, konstruksi, dan industri pengolahan. Sektor pertanian yang memiliki kontribusi signifikan sebesar 38,23% terhadap PDRB daerah (2024) dan sedikit menurun dibandingkan tahun 2023 yang mencapai 38,23% (BPS Kab Sumenep, 2025; Isdiantoni, 2024).

Besarnya potensi tersebut tidak sebanding dengan kemampuan Sumber Daya Manusia (SDM) Petani dalam kegiatan pemasarannya. Peningkatan SDM memiliki peran krusial untuk mengembangkan hasil komoditi unggulan pertanian, yaitu melalui kegiatan pemasaran yang memanfaatkan platform media digital untuk menjangkau konsumen sesuai yang diinginkan oleh produsen (Pardede, 2025). Kesenjangan ini terlihat jelas pada kondisi riil masyarakat dimana mata pencaharian penduduk di Kabupaten Sumenep Kecamatan Ganding rata-rata bekerja sebagai petani dengan potensi lahan pertanian yang

sangat menjanjikan dibandingkan sektor lainnya. Kondisi perekonomian masyarakatnya tidak menunjukkan taraf hidup yang layak. Jumlah penduduk miskin Kabupaten Sumenep menempati urutan kelima di Provinsi Jawa Timur (188,5 ribu jiwa) (BPS Prov Jawa Timur, 2025).

Pengembangan komoditi unggulan hasil pertanian selama ini belum mampu mengangkat taraf kehidupan yang lebih baik di tingkat petani. Keterbatasan akses pasar, rendahnya literasi keuangan petani, dan minimnya inovasi teknologi pertanian menjadi faktor penghambat (Wahyuni et al., 2025). Kendala dalam kegiatan pemasaran diantaranya panjangnya saluran pemasaran melalui pedagang pengumpul membuat posisi tawar petani menjadi rendah, sehingga harga di tingkat petani sangat murah dan pendapatan yang diperoleh terbilang kecil dan sedikit (Sulfaniyeh et al., 2024). Hal ini menyebabkan ketidakefektifan dalam pemasaran yang dilakukan, dibutuhkan keterlibatan semua pihak untuk berkolaborasi dalam mengembangkan komoditi unggulan hasil pertanian Kabupaten Sumenep khususnya Kecamatan Ganding terutama dalam pemasarannya.

Pendekatan *Digital marketing* diharapkan dapat menjadi solusi guna mencapai target penjualan produk (barang dan jasa) yang sesuai dengan kebutuhan konsumen dan pelanggan, sekaligus meningkatkan mutu dan standar hidup masyarakat menjadi lebih baik. Perspektif *Digital marketing* sendiri merupakan perspektif yang relevan digunakan oleh peneliti seiring dengan perkembangan teknologi digital yang semakin kompetitif dan paradigma baru di era revolusi industri 4.0 menuju era society 5.0 (Şahin & Dirsehan, 2023). Sebelum perspektif *Digital marketing* yang berkelanjutan ini diterapkan perlu adanya identifikasi media yang digunakan serta pihak-pihak yang terlibat dalam pengembangan komoditi unggulan hasil pertanian di Kecamatan Ganding sehingga pendekatan *Digital marketing* dapat mencapai target penjualan produk (barang dan jasa), yang sesuai dengan kebutuhan konsumen dan pelanggan, dan meningkatkan mutu dan standar hidup masyarakat menjadi lebih baik.

Pengembangan komoditi unggulan hasil pertanian cukup krusial terutama dalam aspek pemasarannya, dan membutuhkan perhatian dari semua pihak, terutama mengingat kondisi perekonomian masyarakat yang kurang baik. Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengembangan komoditi unggulan hasil pertanian Kabupaten Sumenep khususnya di Kecamatan Ganding yang berkelanjutan.

2 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif yaitu suatu proses penelitian dan pemahaman yang didasarkan atas metodologi yang diselidiki pada suatu fenomena sosial dan masalah sosial masyarakat. Penelitian kualitatif merupakan penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari setiap

orang dan perilaku yang diamati dalam beraktifitas sehari-hari, (Hardani et al, 2022). Fokus dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui langkah-langkah yang dilakukan dalam Peningkatan SDM Pedesaan Kabupaten Sumenep khususnya di Kecamatan Ganding dalam Kegiatan Komuniaksi Pemasaran Menuju Ekonomi Digital.

Langkah-langkah peningkatan SDM Pedesaan tersebut meliputi pelatihan dan pendidikan penggunaan e-commerce dan media sosial untuk pemasaran, program pemberdayaan mengembangkan potensi desa, dan penguatan keterampilan digital (Kusuma & Sugandi, 2019). Pendekatan *Digital marketing* untuk mengasah keterampilan masyarakat dalam menggunakan media digital dalam pemasarannya, (Arifin Butanol et al., 2019).

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode observasi partisipatif, yaitu mengkaji dokumen-dokumen, studi kepustakaan dan melakukan wawancara melalui kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) (Sutikno & Hadisaputra, 2021). Peneliti melakukan dialog terbuka dengan informan kunci dan informan yang lain dan selanjutnya menangkap makna, memahami dan menganalisis informasi yang diperoleh dari berbagai informan sesuai dengan fokus penelitian yang telah ditetapkan. Analisis data menggunakan Miles dan Huberman dengan tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Miles et al., 2014).

3 Hasil dan Pembahasan

Pengembangan komoditi unggulan pertanian di Kecamatan Ganding menggunakan pendekatan digital marketing, yaitu integrasi teknologi informasi dan komunikasi untuk mengenalkan serta memasarkan produk pertanian unggulan guna meningkatkan harga jual dari produsen kepada konsumen akhir. *Digital marketing* sendiri merupakan proses promosi dan pencarian pasar melalui platform digital dengan memanfaatkan seluruh tools pemasaran secara online, (Ramadhi et al., 2023), yang memungkinkan jangkauan pemasaran menembus batasan geografis dan waktu, (Mashuri et al., 2022). Sebagai wilayah dengan potensi pertanian besar, Kecamatan Ganding berpeluang mengembangkan produk unggulan bernilai ekonomis tinggi melalui strategi media sosial yang terintegrasi dengan calon konsumen.

Potensi Komoditi Unggulan Pertanian

Kecamatan Ganding merupakan salah satu wilayah agraris yang memiliki potensi besar dalam sektor pertanian di Kabupaten Sumenep. Kondisi alam yang mendukung untuk pertanian menjadikan sumber penghidupan utama bagi masyarakat setempat (Sulianta, 2020; Kurli et al., 2024). Data BPS Kab Sumenep (2025), mencatat komoditas pertanian unggulan di Kecamatan Ganding meliputi padi dengan produksi mencapai kurang lebih

15.000 ton/tahun Jagung mencapai 32.000 ton/tahun, dan tembakau mencapai kurang lebih 2.000 ton/tahun. Komoditi unggulan tersebut memiliki nilai ekonomi yang signifikan serta peluang untuk dikembangkan menjadi produk bernilai tambah dengan dukungan pemasaran yang baik.

Padi

Sebagian besar lahan pertanian di Kecamatan Ganding digunakan untuk budidaya padi pada musim hujan, sebagai sumber pangan pokok masyarakat lokal sekaligus penopang ketahanan pangan nasional. Petani Ganding memiliki pengalaman dalam budidaya padi, dan sebagian kelompok tani telah menerapkan metode pertanian terpadu untuk meningkatkan hasil panen. Selain dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari, padi juga menjadi sumber penghasilan utama petani, sekaligus meminimalisir masuknya beras dari luar wilayah karena hasil panen yang melimpah. Kondisi ini membuka peluang bagi padi/beras Ganding untuk dikembangkan tidak hanya sebagai komoditas konsumsi, tetapi juga menjangkau pasar lebih luas melalui pendekatan digital marketing, berdasarkan hasil FGD yang disampaikan oleh Sulaiha.

Keberadaan komoditas unggulan pertanian padi telah memberikan ketahanan pangan yang baik bagi petani di Kecamatan Ganding, dan telah membantu petani dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, sehingga petani terjamin kebutuhannya. (Hasil FGD tanggal 22 Oktober 2024).

Kondisi tanah cukup mendukung kegiatan produksi pertanian padi ditambah pengelolaan lahan pertanian yang optimal mulai dari bercocok tanam, perawatan sampai masuk musim panen. Produksi tanaman padi di wilayah Kecamatan Ganding masih bergantung pada kondisi cuaca dan musim tanam yang tidak bisa diprediksi karena lahan pertanian airnya berasal dari air tadah hujan. Petani seringkali menghadapi tantangan dalam mendapatkan harga yang menguntungkan. Petani sebagai produsen dari komoditas pertanian padi harus memiliki kemampuan dalam membuat kemasan produk dan kegiatan pemasarannya (Yusran et al., 2023).

Jagung

Jagung merupakan komoditi alternatif dimana pembudidayaannya secara musiman sesuai kondisi lahan pertanian petani. Produksi jagung dilakukan untuk melengkapi komoditas pertanian padi yang juga dikonsumsi sehari-hari. Rata-rata komoditas pertanian jagung petani dijual kepada pengepul untuk pakan ternak dan lain sebagainya. Jagung memiliki ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca daripada komoditas pertanian padi yang membutuhkan banyak air dalam proses produksi dan perawatannya. Permasalahan lainnya yang menjadi tantangan bagi petani pada komoditas pertanian jagung di pasar sering kali harganya tidak stabil dan pendapatan petani jagung cenderung rendah

dibandingkan dengan komoditas pertanian padi, dalam kegiatan FGD disampaikan oleh salah satu petani atas nama Sofi.

Benih jagung yang ditanam oleh petani sudah menggunakan berbagai macam varietas jagung. Hasil panennya sudah melimpah, Cuma memang banyak petani belum mampu membuat olahan lain yang berasal dari bahan dasar jagung, sehingga ketika dijual kepasar jika musim panen harganya anjlok. (Hasil FGD tanggal 22 Oktober 2024).

Peningkatan kualitas pertanian harus sejalan dengan pengembangan SDM petani melalui pelatihan pengembangan teknologi pengolahan hasil pertanian, dan akses pasar menuju platform media digital. Peningkatan kualitas pertanian jagung dan pengembangan kualitas SDM harus melibatkan semua pihak khususnya pemerintah sebagai leading sektor kebijakan melalui Organisasi Perangkat Daerah (OPD) terkait. Hal ini akan memberikan solusi terbaik bagi petani untuk mengembangkan dan meningkatkan harga dan nilai jual jagung. Petani cenderung merugi ketika harga pasar tidak sesuai dengan modal yang dikeluarkan untuk proses produksi. Pendekatan-pendekatan lainnya perlu dilakukan yaitu pengolahan menjadi tepung, dan makanan ringan.

Tembakau

Tembakau merupakan komoditas paling penting dan sebagai sumber penghasilan utama bagi petani ketika masuk musim kemarau. Kecamatan Ganding merupakan wilayah yang potensi lahan pertanian tembakaunya sangat menjanjikan dan terdiri dari tembakau pegunungan, tegalan dan sawah. Tembakau menjadi satu-satunya komoditas pertanian yang menjanjikan untuk meningkatkan kesejahteraan petani. Pemasarannya mampu menembus pedagang ditingkat lokal dan wilayah sehingga harga lebih bervariasi dengan banyaknya pedagang dari luar yang masuk di Kecamatan Ganding.

Kondisi iklim dan tanah yang cenderung kering, sangat cocok dalam pembudidayaan komoditas pertanian tembakau. Kualitas tembakau di daerah ganding sangat bagus dan mendorong hasil tembakaunya petani untuk dibeli lebih mahal dari wilayah lainnya di Kabupaten Sumenep. Petani umumnya masih menggunakan teknik tradisional dalam proses produksi, mulai dari penggunaan pupuk organik hingga pemanenan manual, yang berperan penting dalam menjaga kualitas daun tembakau agar sesuai dengan permintaan pasar, sebagaimana hasil FGD yang disampaikan oleh Datin Nakiyah:

Tembakau merupakan komoditas utama untuk mendukung perekonomian masyarakat, sehingga proses pertanian yang dilakukan harus betul-betul diperhatikan untuk menopang kualitas tembakau yang lebih baik. (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Banyak petani menjual tembakau secara langsung kepada pengepul lokal atau tengkulak dari luar wilayah. Tengkulak memiliki peran penting dalam kegiatan pemasaran komoditas pertanian tembakau di Kecamatan Ganding. Peran tengkulak adalah menjadi penghubung utama antara petani dan beberapa pabrik rokok ditingkat lokal, daerah dan di

luar wilayah. Peran ini menjadikan pemasaran tembakau memiliki jangkauan lebih luas. Hal ini menyebabkan ketergantungannya sangat tinggi terhadap tengkulak.

Harga tembakau di Kecamatan Ganding cukup fluktuatif, tergantung pada kualitas daun, kondisi cuaca saat panen, serta permintaan pasar. Kebijakan cukai tembakau juga telah berdampak signifikan pada harga jual tembakau ditingkat petani. Kenaikan cukai rokok akan berdampak terhadap menurunnya permintaan pabrik rokok dan menekan harga ditingkat petani. Pada musim panen tahun 2024, kondisi tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap harga tembakau. Tembakau memberikan sumbangsih terhadap peningkatan perekonomian yang baik bagi petani. Hasil FGD petani di Desa Larangan Ibu simah menyampaikan:

Petani saat ini sangat bersyukur komoditas pertanian tembakau telah membangkitkan perekonomian pedesaan setelah diterpa badai covid-19 selama kurang lebih tiga tahun, dan alhamdulillah sekarang perekonomian petani sudah membaik. (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Tembakau sebagai sumber pendapatan utama bagi petani telah menciptakan lapangan kerja yang menjanjikan untuk petani, pedagang dan pengepul. Komoditas pertanian tembakau telah mendukung peningkatan ekonomi lokal dan membantu meningkatkan taraf kehidupan masyarakat menjadi lebih baik. Ketergantungan terhadap satu jenis komoditas telah membuat masyarakat rentan terhadap fluktuasi harga. Cara untuk mengatasi terjadinya fluktuasi harga adalah melakukan diversifikasi produk seperti produksi rokok herbal atau berbagai macam produk turunan lainnya yang dapat memperkuat harga komoditas lokal tembakau (Arifin et al., 2021). Petani juga bisa berkolaborasi dengan pemerintah atau LSM untuk meningkatkan kualitas produk dan membuka akses ke pasar ekspor. Sistem irigasi modern dan pengolahan pasca panen dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi tembakau.

Pendekatan *Digital marketing*

Kegiatan pemasaran dengan pendekatan *Digital marketing* memiliki peran sangat signifikan dalam memasarkan dan mengenalkan produk unggulan komoditas hasil pertanian (Wijoyo et al., 2020). *Digital marketing* telah memberikan kemudahan kepada petani dalam mempromosikan komoditas pertaniannya secara efektif menggunakan berbagai platform media sosial. Platform media sosial berjalan efektif apabila pengguna telah memahami dari masing-masing karakteristik kosumennya sehingga produk yang dipromosikan akan menjadi perhatian konsumen (Rubiyanto et al., 2024). Platform media sosial akan memberikan jangkauan pasar lebih luas terhadap komoditas pertanian dari tingkat lokal hingga nasional. Hal ini akan menjadikan harga komoditas pertanian lebih seimbang harganya daripada pembeli tingkat lokal. Proses ini akan lebih menguntungkan terhadap petani sebagai produsen, dalam FGD dengan petani disampaikan :

Keberadaan pembeli dari luar wilayah Kecamatan Ganding telah memberikan efek signifikan terhadap harga komoditas pertanian petani. Harganya lebih mahal dari pembeli ditingkat lokal, sehingga persaingan harganya lebih kompetitif, seperti hasil komoditas pertanian tembakau yang cukup menjanjikan dan tiap tahun cenderung naik harga di petani. (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Digital marketing telah memungkinkan terjadinya komunikasi langsung dan interaktif antara petani sebagai produsen dan pembeli secara langsung. Kritik dan saran dari konsumen untuk proses mengambil keputusan, membantu peningkatan kualitas (Kusuma & Sugandi, 2019). Kegiatan pemasaran yang dilakukan oleh petani masih belum maksimal dan lebih dominan menggunakan tehnik *door to door* langsung antara petani dan pembelinya, seperti yang disampaikan dalam kegiatan FGD dengan petani :

Petani di Kecamatan Ganding belum sepenuhnya menggunakan media sosial sebagai media pemasarannya, karena belum familiar dan hanya beberapa orang saja yang menjadikan konten komoditas unggulan pertaniannya untuk dipromosikan kepada halayak umum, mereka belum memiliki kreatifitas yang baik dalam menyusun pesan-pesan konten pemasaran yang baik, sehingga belum efektif dan efisien, (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Pelaku usaha pertanian belum banyak memanfaatkan *Digital marketing* secara maksimal. Potensi pasar online untuk produk komoditas hasil pertanian sangat tinggi. *Digital marketing* menawarkan biaya yang lebih efisien dan murah karena strategi yang digunakan dapat disesuaikan dengan target yang lebih spesifik dan disesuaikan dengan karakteristik pembeli dan konsumennya (Jayanti & Kusumawardhani, 2023). Strategi digital yang tepat diperlukan agar produk pertanian dapat lebih mudah diakses oleh konsumen dari berbagai daerah, bahkan hingga tingkat nasional, sehingga berpotensi meningkatkan penjualan dan pendapatan petani. Petani sebagai produsen komoditas unggulan hasil pertanian perlu memperhatikan proses pemasaran melalui pendekatan *digital marketing* agar lebih efektif dan efisien.

Langkah strategis dalam optimalisasi *digital marketing* adalah membentuk identitas merek (*brand*) komoditas hasil pertanian. Penciptaan citra produk sangat penting untuk memasarkan komoditas padi, jagung, dan tembakau dengan kualitas terbaik dibandingkan komoditas sejenis di Kabupaten Sumenep (Djogo, 2022). *Branding* merupakan bagian terpenting untuk mencapai kesuksesan dalam kegiatan pemasaran produk komoditas hasil pertanian. Konsumen dapat mengetahui nilai dari produk yang ditawarkan (Likita VS et al., 2021). Potensi tersebut harus terus dipromosikan dengan baik agar dikenal dan diketahui oleh masyarakat luas, seperti pada kegiatan FGD yang disampaikan oleh petani atas nama Farida :

Kegiatan branding pertanian belum secara maksimal dikembangkan dan dikerjakan oleh petani khususnya pada produk komoditas hasil pertanian padi dan jagung, karena bermacam-macam bibit yang ditanam oleh petani sehingga branding yang berusaha disampaikan kepada publik tidak konsisten, (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Langkah strategis selanjutnya adalah pemanfaatan media sosial sebagai media pemasaran. Platform media sosial telah menjadi bagian yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Media sosial dapat bermanfaat sebagai media hiburan, media pembelajaran terkait komoditas unggulan hasil pertanian petani di Kecamatan Ganding. Platform media sosial seperti *instagram*, *facebook*, *youtube*, dan *WhatsApp* dapat dijadikan media yang informatif dan edukatif secara visual dan interaktif antara produsen dengan konsumen (Miles et al., 2014). Pola pikir dan kemampuan petani harus terus ditingkatkan untuk memahami fungsi platform media sosial dalam pemasaran produk pertanian. Pemanfaatan media *e-commerce* dan pembuatan *marketplace* di saluran media sosial akan memudahkan konsumen untuk mengakses produk komoditas unggulan pertanian secara daring (*online*) (Jayanti & Kusumawardhani, 2023). Aktivitas ini memudahkan petani untuk berinteraksi dan berkomunikasi dengan pembeli langsung secara daring tanpa bergantung pada perantara di setiap wilayahnya. Dalam kegiatan FGD petani telah menyampaikan terkait fenomena pemasaran petani terhadap komoditas hasil pertaniannya, sebagaimana yang disampaikan datin sebagai berikut:

Petani masih tabu dengan pembentukan marketplace di media sosial, sehingga penting kedepan untuk diadakan pendampingan dalam bidang tersebut sehingga proses yang diinginkan bisa maksimal dan langsung menyasar pada pembeli atau konsumen dari produk komoditas unggulan pertanian tersebut, (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Tantangan dan Solusi dalam Penerapan *Digital marketing*

Fenomena *digital marketing* yang menawarkan banyak keuntungan dalam kegiatan pemasaran, terdapat tantangan khususnya dalam konteks wilayah pedesaan. Akses internet yang kurang stabil, keterbatasan pengetahuan petani dibidang teknologi informasi menjadi tantangan dalam *digital marketing*. Tantangan ini harus segera diselesaikan untuk memberikan perubahan signifikan terhadap perkembangan perekonomian petani untuk semakin baik dan kompetitif. Berbagai tantangan dalam kegiatan *digital marketing* perlu segera diselesaikan agar penjualan produk komoditas unggulan pertanian dapat meningkat. Permasalahan ini telah menjadi pembicaraan dalam kegiatan FGD yaitu :

Petani perlu dibekali kemampuan dan kemerdekaan dalam pemanfaatan dan penggunaan platform media sosial kearah yang lebih bermanfaat sehingga petani berdaya dalam bidang pemasaran menggunakan digital marketing, (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Berbagai upaya bisa dilakukan dalam meningkatkan pengetahuan petani dalam bidang *digital marketing* adalah pelatihan penggunaan teknologi digital bagi produsen, dan pelatihan strategi pemasaran *online*. Harapannya petani tidak hanya menjadi produsen tetapi mampu melaksanakan kegiatan pemasaran menggunakan *digital marketing* (Hildawati et al., 2024).

implementasi *digital marketing* dalam pemasaran komoditi unggulan di Kecamatan Ganding diharapkan dapat memberikan dampak yang baik dan signifikan terhadap kegiatan pemasaran. Tembakau merupakan salah satu komoditas unggulan hasil pertanian yang sudah menggunakan platform media digital walaupun tidak maksimal. Dampak yang diperoleh adalah keseimbangan harga dengan wilayah lain. Aktivitas tersebut memberikan dampak yang positif terhadap perekonomian petani menjadi semakin baik dan meningkat. Petani atas nama Sofi dalam kegiatan FGD menyampaikan bahwa :

Pemanfaatan Digital marketing petani telah sukses dikembangkan pada komoditas unggulan hasil pertanian petani yaitu tembakau. Proses Digital marketing yang dilakukan mulai proses produksi sampai panen raya sehingga pembeli / konsumen bisa memantau perkembangannya melalui platform media digital seperti facebook, instagram dan WhatsApp. (Hasil FGD 22 Oktober 2024).

Aktivitas pemasaran secara online mengurangi ketergantungan pada rantai pasok konvensional yang seringkali merugikan petani dalam kegiatan pemasaran produknya. Dampak lain yang dirasakan adalah peningkatan keterlibatan masyarakat lokal dalam ekonomi digital dan meningkatkan literasi digital masyarakat lokal. Pencapaian ini diharapkan bisa dikembangkan dengan baik pada komoditas lainnya (padi dan jagung). Adanya akses langsung dari petani ke konsumen melalui pemasaran digital, produk dapat dijual lebih cepat dan segar tanpa memerlukan penyimpanan yang lama, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan produk.

4 Kesimpulan

Digital marketing merupakan langkah strategis yang dilakukan petani untuk meningkatkan daya saing produk komoditas hasil pertanian padi, jagung dan tembakau di pasar dengan jangkauan lebih luas di luar wilayah Kecamatan Ganding. Platform media digital seperti media sosial dan pemasaran berbasis data memudahkan petani memperkenalkan produk kepada konsumen. Penerapan *Digital marketing* membangun loyalitas konsumen melalui interaksi langsung dan testimoni pelanggan secara aktif. *Digital marketing* telah berperan aktif dalam mengangkat harga dan jumlah penjualan hasil komoditas pertanian. Implementasi *Digital marketing* dalam pengembangan komoditi unggulan di Kecamatan Ganding tidak hanya menjadi pendorong untuk meningkatkan pendapatan petani, tetapi juga berperan dalam memperkuat posisi produk lokal pada pasar yang jangkauannya lebih luas.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Universitas Wiraraja melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan dukungan kepada peneliti dalam bentuk finansial Hibah Internal dengan nomor kontrak: 059/LPPM/PP

04/L01/UNIJA/VIII/2024, sehingga peneliti bisa menyelesaikan berbagai tahapan dan luaran yang telah dijanjikan.

Daftar Pustaka

- Afrilia, A. M. (2018). Digital Marketing Sebagai Strategi Komunikasi Pemasaran “Waroenk Ora Umum” Dalam Meningkatkan Jumlah Konsumen. *Jurnal Riset Komunikasi*, 1(1), 147–157. <https://doi.org/10.24329/jurkom.v1i1.21>
- Arifin, B., Muzakki, A., & Kurniawan, M. W. (2019). Konsep Digital Marketing Berbasis Seo (Search Engine Optimization) Dalam Strategi Pemasaran. *Ekombis Sains: Jurnal Ekonomi, Keuangan dan Bisnis*, 4(2), 87–94. <https://doi.org/10.24967/ekombis.v4i2.474>
- Arifin, Z. Z., Sitorus, S. R. P., & Hidayat, J. T. (2021). Arahana Rencana Pengembangan Komoditas Unggulan Di Kabupaten Sumenep Wilayah Daratan, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 22(2). <https://doi.org/10.33751/teknik.v22i2.5011>
- BPS Kab Sumenep. (2025a). *Kabupaten Sumenep dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep.
- BPS Kab Sumenep. (2025b). *Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sumenep 2024*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep.
- BPS Prov Jawa Timur. (2025). *Jumlah Penduduk Miskin menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur (Ribu Jiwa), 2025*. Badan Pusat Statistik Prov. Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDIxIzI=/jumlah-penduduk-miskin-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur.html>
- Djogo, O. (2022). Strategi Manajemen Pemasaran Dalam Era Digital Pada Masa Sekarang. *Kebijakan : Jurnal Ilmu Administrasi*, 13(1), 43–47. <https://doi.org/10.23969/kebijakan.v13i1.5028>
- Farahdiba, D. (2020). Konsep Dan Strategi Komunikasi Pemasaran: Perubahan Perilaku Konsumen Menuju Era Disrupsi. *Jurnal Ilmiah Komunikasi Makna*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.30659/jikm.v8i1.7992>
- Hildawati, Haryani, Najirah Umar, Degdo Suprayitno, Iqbal Ramadhani Muklis, Dina Indrati Dyah Sulistyowati, Yusuf Unggul Budiman, Saktisyahputra, Tri Wulandari Ginting, Faisal, Andy Thomas, Mingsep Rante Sampebua, Maria Imelda Novita Susiang, & Loso Judijanto. (2024). *Literasi Digital: Wawasan Cerdas dalam Perkembangan Dunia Digital Terkini*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Isdiantoni. (2024). Strategi Pengembangan Pemasaran Pertanian Di Kabupaten Sumenep. *KARATON: Jurnal Pembangunan Sumenep*, 4(1), 87–112.
- Jayanti, I. S. D., & Kusumawardhani, A. (2023). Social Media Marketing Melalui Tiktok Sebagai Sarana Pemasaran Produk UMKM Fashion ‘Tulus Signature’ Dan ‘Ghaffa The Label.’ *NOCTIS: Jurnal Kajian dan Analisis Industri Kreatif*, 2(1), 16–29.
- Kusuma, D. F., & Sugandi, M. S. (2019). Strategi Pemanfaatan Instagram Sebagai Media Komunikasi Pemasaran Digital Yang Dilakukan Oleh Dino Donuts. *Jurnal Manajemen Komunikasi*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.24198/jmk.v3i1.12963>
- Likitha VS, Jacob Joseph K, & Tijo Thomas. (2021). Customer Engagement – A Literature Review. *Journal of Tianjin University Science and Technology*. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/EHFMQ>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods*

Sourcebook (3 ed.). SAGE Publications, Inc.

- Nazar, M., & Salsabila, T. (2024). Pemanfaatan Potensi E-Commerce pada Peningkatan Keragaman Bisnis Lokal di Sulawesi Selatan; Perspektif Transformasi Digital. *GIAT: Teknologi untuk Masyarakat*, 3(1), 25–37. <https://doi.org/10.24002/giat.v3i1.9152>
- Pardede, G. I. (2025). Pengaruh Media Sosial Terhadap Efektivitas Pemasaran Produk Pertanian di Era Digital. *Jurnal Agroteknologi*, 4(02), 217–228. <https://doi.org/10.53863/agronu.v4i02.1741>
- Rubiyanto, R., Herari, N., & Waluyo, W. (2024). Komunikasi Pemasaran Digital: Analisis Kolaborasi Konten Komedi pada Dua Merek Berbeda di Instagram. *Scriptura*, 14(1), 59–71. <https://doi.org/10.9744/scriptura.14.1.59-71>
- Şahin, A., & Dirsehan, T. (2023). An Overview of Search Engine Marketing: A Systematic Literature Review. *GSU Managerial and Social Sciences Letters*, 1(2), 125–142.
- Sulfaniyeh, Ihsannudin, & Suprpti, I. (2024). Analisis saluran pemasaran marning jagung lokal Madura di UD. Sinar Murni Desa Manding Timur Kecamatan Manding Kabupaten Sumenep. *Agriscience*, 5(2), 171–184.
- Sulianta, F. (2020). *Literasi Digital, Riset dan Perkembangannya dalam Perspektif Social Studies*.
- Sutikno, M. S., & Hadisaputro, P. (2021). *Penelitian Kualitatif*. Holistica.
- Wahyuni, P. R., Hamzah, A., & Kurdi, M. (2025). Strategi Pengembangan Agribisnis Berbasis Komoditas Lokal Di Kecamatan Manding, Kabupaten Sumenep. *PERFORMANCE : Jurnal Bisnis & Akuntansi*, 15(1), 206–211.
- Wijaya, H. A., & Wijaya, L. S. (2021). Analisis Strategi Komunikasi Pemasaran Terpadu dalam Meningkatkan Penjualan dan Brand Awareness. *Jurnal Ilmiah Media, Public Relations, dan Komunikasi (IMPRESI)*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.20961/impresi.v2i1.51711>
- Wijoyo, H., Haudi, Ariyanto, A., Sunarsi, D., & Akbar, M. F. (2020). Pelatihan Pembuatan Konten Digital Marketing Dalam Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa (Pengabdian Kepada Masyarakat Kerjasama Antar Kampus). *IKRA-ITH ABDIMAS*, 3(3), 169–175.
- Yusran, Y., Rosada, I., & Haris, A. (2023). Strategi Pengembangan Komoditi Unggulan Pertanian Di Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 4(2), 277–288. <https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v4i2.346>
- Zulham, Z. S., Andysah, A. P. U. S., Ibrahim, I., Bambang, B. S., Ayu, A. O. S., & Anzas, A. I. Z. (2024). Strategi Digital Marketing Dengan Metode SEO (Search Engine Optimization) untuk UMKM di Desa Klambir 5 Kebun. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Gemilang (JPMG)*, 4(1), 16–19. <https://doi.org/10.58369/jpmg.v4i1.157>

Analisis Indeks Kualitas Tanah pada Perkebunan Jeruk di Distrik Teluk Kimi Nabire, Papua Tengah

Aprilia Damayanti¹, Ishak Musaad^{1*}, Amin Mbusango¹

¹Jurusan Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian Universitas Papua, Jln. Gunung Salju, Kampus UNIPA Amban Manokwari, Papua Barat

Email: i.musaad@unipa.ac.id

Submit : 13-03-2026

Revisi : 08-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

Citrus production in Nabire Regency, Central Papua, has declined, despite the region's reputation as a leading producer of sweet orange. This decline is believed to be related to soil degradation due to land management and intensive use of chemical fertilizers. This study aimed to analyze the physical, chemical, and biological properties of the soil and determine the soil quality index (SQI) in citrus plantations in Teluk Kimi District, Nabire Regency, Central Papua. The method used was a survey, with soil quality scoring based on Lal's criteria. Soil samples were taken at a depth of 0-30 cm from four plantation locations and one forest site as a comparison. Parameters observed included bulk density, porosity, texture, pH, Cation Exchange Capacity (CEC), Base Saturation (BSC), total nitrogen (N-total), organic carbon (C-organic), available phosphorus (P-available), total mycorrhizae, and total mesofauna. The results showed that the soil bulk density and porosity were generally good, but the texture was dominated by clay (a limiting factor due to extreme weight). The soil was very acidic with low nutrient content and biological activity. The soil quality index across all fields is classified as poor, with scores ranging from 31 to 36. The main limiting factors include pH, KB, available P, total N, mycorrhizae, and mesofauna. Improved soil management through liming, organic matter addition, and monitoring of fertilizer and pesticide use is recommended to sustainably improve soil quality and citrus productivity.

Keywords: Citrus, Limiting factor, Nabire, Soil acidity, Soil quality index

ABSTRAK

Produksi jeruk di Kabupaten Nabire, Papua Tengah menurun meskipun daerah ini terkenal sebagai penghasil jeruk manis di Papua. Penurunan tersebut diduga terkait dengan penurunan kualitas tanah akibat pengelolaan lahan dan penggunaan pupuk kimia yang intensif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta menentukan indeks kualitas tanah (IKT) pada lahan perkebunan jeruk di Distrik Teluk Kimi, Kabupaten Nabire Papua Tengah. Metode yang digunakan adalah metode survei, dan skoring kualitas tanah berdasarkan kriteria Lal. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm dari empat lokasi lahan perkebunan, dan satu lokasi lahan hutan sebagai pembandingan. Parameter yang diamati meliputi berat volume, porositas, tekstur, pH, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), Nitrogen total (N-total), Karbon organik (C-organik), Fosfor tersedia (P-tersedia), total mikoriza dan total mesofauna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum berat volume dan porositas tanah tergolong baik, namun tekstur didominasi liat (faktor pembatas berat ekstrem). Tanah bersifat sangat masam dengan kandungan hara dan aktivitas biologi rendah. Nilai indeks kualitas tanah di seluruh lahan tergolong buruk dengan kisaran skor 31-36. Faktor pembatas utama meliputi pH, KB, P-tersedia, N-total, mikoriza dan mesofauna. Disarankan agar dilakukan perbaikan pengelolaan tanah melalui pengapuran, penambahan bahan organik, serta pengawasan penggunaan pupuk dan pestisida untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas jeruk secara berkelanjutan.

Kata Kunci : Faktor pembatas, Indeks kualitas tanah, Jeruk, Kemasaman tanah, Nabire

1 Pendahuluan

Agribisnis komoditas hortikultura, khususnya tanaman jeruk (*Citrus sp.*), kini menempati posisi strategis dalam struktur ketahanan pangan dan ekonomi pertanian di Indonesia. Volume produksi jeruk nasional pada tahun 2024 telah menyentuh angka yang sangat masif, yakni mencapai 2.447.897,462 ton (BPS, 2025). Sentra-sentra produksi tidak lagi terkonsentrasi di satu pulau saja, melainkan telah terdistribusi hampir di seluruh provinsi. Diversitas spasial ini sekaligus membuktikan tingginya tingkat adaptabilitas genetik dari berbagai varietas tanaman hortikultura unggulan lokal. Pembagian ini terlihat jelas dari sebaran jeruk siam yang sangat adaptif di lahan rawa dan dataran rendah, jeruk keprok yang berproduksi optimal di dataran tinggi, hingga jeruk pamelos yang memiliki daya tahan serta pasarnya tersendiri. Tren positif dalam budidaya jeruk nusantara ini, secara fundamental digerakkan oleh pergeseran kurva permintaan pasar (*market demand*).

Minat dan partisipasi petani merespons sinyal pasar yang menjanjikan prospek ekonomi komersial yang tinggi dengan membudidayakan ragam varietas jeruk lokal. Peningkatan volume dan kualitas jeruk nusantara menjadi keunggulan komparatif berupa tingkat kesegaran (*freshness level*), harga yang lebih kompetitif, serta kekayaan cita rasa khas spesifik lokasi (*terroir*). Kualitas buah jeruk mencakup tingkat kemanisan (*Brix*), ukuran, ketebalan kulit, dan warna. Pertumbuhan vegetatif dan generatif yang optimal hanya dapat dicapai apabila tanaman dibudidayakan pada tanah dengan profil fisik, kimia, dan biologi yang berstatus baik (Guo et al., 2023; Singh et al., 2025).

Kualitas tanah didefinisikan sebagai kapasitas tanah untuk berfungsi dalam batas ekosistem alami atau yang dikelola dan untuk mempertahankan produktivitas tanaman sambil mengurangi degradasi tanah. Berbagai parameter atau indikator tanah telah diidentifikasi untuk memperkirakan praktik pengelolaan dan karakteristik tanah. Istilah kualitas tanah digambarkan sebagai komponen dari ekosistem yang mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman, mengatur aliran air, menjaga kualitas lingkungan dan meningkatkan kesehatan hewan dan manusia (Yeilagi et al., 2021; Isong et al., 2022).

Kualitas tanah merupakan indikator kemampuan jangka panjang suatu lahan dalam menjalankan fungsi ekologisnya. Peran tanah sebagai media tanam untuk memacu produktivitas vegetasi dan juga mencakup keseimbangan parameter fisik, kimia, dan biologi tanah yang saling terintegrasi (Purba et al., 2021). Kualitas tanah mempengaruhi performa agronomis tanaman baik secara kuantitas dan kualitas produksi hortikultura. Karakteristik tanah Papua memiliki potensi hara alami yang sangat menunjang budidaya tanaman spesifik lokasi. Kabupaten Nabire menjadi pusat produksi jeruk manis di Papua Tengah. Sejak awal tahun 2000-an, "Jeruk Nabire" telah menjadi simbol identitas daerah yang bernilai ekonomi tinggi dan memiliki daya tarik wisata agro. Distribusi pasar yang luas melampaui batas Kabupaten hingga Sorong, Manokwari, Jayapura, Serui, dan luar Papua.

Keberlanjutan produksi ini sangat bergantung pada kesehatan tanah sebagai fondasi utama ekosistem perkebunannya.

Dinamika pembangunan wilayah telah memicu pergeseran geospasial perkebunan jeruk ke arah barat yaitu Distrik Wanggar, Makimi, dan Teluk Kimi (Bimas dan Penyuluhan Pertanian, 2016). Degradasi luasan lahan dari 644 ha dengan produksi 14.270 ton (2013) menjadi 558 ha dan produksi 12.690 ton (2022). Penurunan ini mengindikasikan adanya konversi lahan dan tantangan untuk mempertahankan produktivitas di lahan pengembangan baru. Ketersediaan hara yang terbatas membutuhkan adanya pemupukan eksternal. Pupuk pun menjadi faktor pembatas (*limiting factor*) bagi kuantitas hasil dan kualitas organoleptik, terutama akumulasi gula untuk rasa manis yang konsisten.

Pemulihan produktivitas jeruk manis di Nabire menjadi penting karena adanya pergeseran lahan perkebunan dan keterbatasan ketersediaan hara di dalam tanah. Masniar (2018), menemukan adanya perbedaan karakteristik tanah yang cukup signifikan di Distrik Teluk Kimi, yang berpengaruh terhadap kualitas maupun jumlah hasil panen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan sebaran Indeks Kualitas Tanah (IKT) secara multidimensi pada area perkebunan jeruk di Distrik Teluk Kimi. Diharapkan penelitian ini menjadi solusi preskriptif bagi manajemen lahan jeruk yang lebih tangguh di Kabupaten Nabire, Papua Tengah.

2 Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Distrik Teluk Kimi, Kabupaten Nabire, Papua Tengah. Letak Kabupaten Nabire pada koordinat 134°35'–136°33'BT, 2°25'– 3°56'LS (Gambar 1). Waktu penelitian pada Oktober 2024 sampai Januari 2025.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ring sampel, bor tanah (*auger*), laptop, alat tulis, plastik sampel, meteran, kertas label, pisau, *coolbox*, timbangan, mortal, botol semprot, gelas cup, pH meter, saringan 2 mm dan 0,5 mm, mesin pengcocok, beaker glass, labu ukur, gelas ukur, botol kocok plastik, tabung reaksi, cawan petri, pipet dan spatula. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel tanah, aquades, alkohol 70%, KCL, asam sulfat (H_2SO_4), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), H_2O_2 , NaOH, agar *Tryptic Soy* dan medium agar kentang. Penelitian ini menggunakan metode survei dan metode skoring untuk penentuan kualitas tanah. Metode skoring adalah teknik analisis data kuantitatif yang digunakan untuk memberikan nilai pada masing-masing parameter dalam sebuah survei. Data lapangan dan hasil analisis di laboratorium, dikumpulkan lalu di kategorikan berdasarkan *skoring*. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lima lokasi yaitu HU (Hutan), KJ 1 (Kebun Jeruk 1), KJ 2 (Kebun Jeruk 2), KJ 3 (Kebun Jeruk 3), KJ 4 (Kebun Jeruk 4) yang tersebar di 3 area kebun jeruk. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm menggunakan bor tanah dan ring sampel. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Papua, dan Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air BPSIP Maros, Sulawesi Selatan.

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini meliputi sifat kimia tanah yang terdiri atas KTK (Kapasitas Tukar Kation), Kejenuhan Basa (KB), pH, C-organik, Nitrogen-total dan P-tersedia (Eviati et al., 2023). Sifat Fisik Tanah yang dianalisis adalah tekstur tanah, porositas, berat jenis. Pengamatan struktur tanah di lapangan menggunakan *feeling method* berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan. Sifat biologi tanah yang diukur adalah total keragaman dan kelimpahan *mesofauna*.

Analisis Data.

Analisis penilaian kualitas tanah menggunakan pengkategorian (kategorisasi) faktor pembatas dan penilaian skor relatif pada masing-masing indikator kualitas tanah berdasarkan metode (Lal et al., 1994). Kualitas tanah ditentukan dengan menghitung nilai Indeks Kualitas Tanah (IKT) yang merupakan penjumlahan skor nilai tiap indikator kualitas tanah dengan persamaan:

$$IKT = SF + SK + SB$$

,Keterangan : IKT = Indeks Kualitas Tanah; SF= Sifat Fisika; SK= Sifat Kimia; SB= Sifat Biologi. Nilai IKT yang telah didapat dikelompokkan menjadi 5 kelas yaitu sangat baik (<20), baik (20-25), sedang (25-30), buruk (30-40) dan sangat buruk (>40).

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah untuk menentukan kualitas tanah pada perkebunan jeruk dengan kode HU (Hutan), KJ 1(Kebun Jeruk 1), KJ 2 (Kebun Jeruk 2), KJ 3 (Kebun Jeruk 3), KJ 4 (Kebun Jeruk4) disajikan pada Tabel 1 sampai 5.

Sifat fisik tanah

Beberapa sifat fisik tanah yang tidak optimal dapat menghambat pertumbuhan dan produksi jeruk di Distrik Kimi Nabire. Hasil analisis Berat Volume (BV) dan porositas tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis berat volume (bv) dan porositas tanah pada perkebunan jeruk

No	Lahan	Berat Volume (BV)	Skor	Porositas (%)	Skor
1	HU	0,66	1	72,4	1
2	KJ 1	1,26	2	24,42	1
3	KJ 2	1,01	1	46,77	1
4	KJ 3	0,92	1	49,56	1
5	KJ 4	0,98	1	51,03	1

Sumber: Faktor Pembatas dan Skor Relatif (Triadiawarman *et al.*, 2022)

Nilai Faktor Pembatas; 1. Tanpa faktor pembatas; 2. Faktor pembatas ringan; 3. Faktor pembatas sedang; 4. Faktor pembatas berat; 5. Faktor pembatas ekstrim (Lal, 1994).

Berdasarkan hasil analisis berat volume tanah menunjukkan bahwa pada lahan HU, KJ 2, KJ 3, KJ 4 tergolong faktor pembatas skor 1 (faktor tanpa pembatas), sedangkan lokasi KJ 1 tergolong faktor pembatas 2 (faktor pembatas ringan). Tekstur tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh liat dan lempung berliat. Kedua tekstur tanah ini memiliki ukuran pori yang kecil dan banyak sehingga dapat menahan air serta kepadatan tanah yang tinggi. Porositas yang tinggi di lokasi penelitian juga dapat menyebabkan berat volume tanah menjadi kecil, karena pori-pori yang banyak dan besar dapat mengurangi berat volume tanah. Menurut Triadiawarman (2022), berat volume berkaitan erat dengan pengelolaan tanah yang mempengaruhi kepadatan tanah, akar tanaman, dan aerasi. Berat volume tanah juga dipengaruhi oleh penggunaan tanah tersebut, semakin intensif penggunaan lahan maka tanah akan semakin padat jika tidak disertai dengan pemberian pupuk organik.

Nilai porositas tanah pada lokasi HU, KJ1, KJ2, KJ 3 dan KJ 4 termasuk faktor pembatas 1 (tanpa faktor pembatas). Tingginya porositas membuat volume pori yang tidak terisi oleh bahan padat juga besar. Hal ini menyebabkan berat volume tanah rendah karena bahan padat memiliki berat yang lebih kecil dibandingkan dengan volume tanah yang memiliki porositas rendah. Menurut Syawal *et al.* (2017), porositas total tanah mempengaruhi daya simpan air secara maksimum oleh tanah, semakin besar nilai porositasnya maka semakin besar daya simpan air dan udara di antara partikel-partikel tanah. Porositas yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan stabilitas struktur tanah, terutama pada tanah bertekstur halus seperti liat (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis tekstur tanah pada perkebunan jeruk

No	Lahan	%			Kelas Tekstur	Skor
		Pasir	Debu	Liat		
1	HU	25,37	30,40	44,22	C	5
2	KJ 1	25,78	30,24	43,98	C	5
3	KJ 2	12,57	8,20	79,23	C	5
4	KJ 3	20,32	36,99	42,69	C	5
5	KJ 4	26,91	35,54	38,27	CL	4

Keterangan : L = loam (lempung); Si = silt (debu); S = sand (pasir); C = clay (liat), SiL = silty clay loam (lempung liat berdebu), CL = clay loam (lempung berliat), SL = sandy loam (lempung berpasir). Nilai Faktor Pembatas; 1. Tanpa faktor pembatas; 2. Faktor pembatas ringan; 3. Faktor pembatas sedang; 4. Faktor pembatas berat; 5. Faktor pembatas ekstrim (Lal, 1994).

Hasil analisis tekstur tanah pada lahan HU, KJ 1, KJ 2, KJ 3 adalah liat dengan nilai faktor pembatas 5 (faktor pembatas ekstrim), sedangkan pada lahan KJ 4 adalah lempung berliat dengan nilai faktor pembatas 4 (faktor pembatas berat). Hal ini menunjukkan bahwa tekstur tanah pada lokasi pengamatan termasuk halus hingga agak halus yang berarti tanah tersebut mampu menahan air dan unsur hara dengan cukup baik, tetapi memiliki drainase dan aerasi yang terbatas. Tekstur tanah berpengaruh besar terhadap infiltrasi, kapasitas menahan air, aerasi, dan pengolahan tanah. Fraksi liat yang tinggi menyebabkan tanah menjadi padat dan sulit diolah, terutama ketika kondisi tanah basah, karena struktur agregat mudah rusak dan pori-pori makro berkurang (Salam, 2020).

Sifat Kimia Tanah

Beberapa sifat kimia tanah seperti pH, P-tersedia, KTK, KB, C-organik, dan N total sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, khususnya tanaman jeruk di Teluk Kimia. Hasil analisis pH dan P-tersedia disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis pH dan P-tersedia tanah pada perkebunan jeruk

No	Lahan	pH (H ₂ O)	Kriteria	Skor	P-tersedia (ppm)	Skor
1	HU	5,7	Agak Masam	3	2,7	5
2	KJ 1	4,4	Sangat Masam	5	3,75	5
3	KJ 2	3,3	Sangat Masam	5	10,25	4
4	KJ 3	3,97	Sangat Masam	5	4,9	5
5	KJ 4	5,3	Masam	4	2,75	5

Nilai Faktor Pembatas; 1. Tanpa faktor pembatas; 2. Faktor pembatas ringan; 3. Faktor pembatas sedang; 4. Faktor pembatas berat; 5. Faktor pembatas ekstrim (Lal, 1994)

Nilai kemasaman (pH) tanah pada lahan HU tergolong faktor pembatas 3 (sedang), lahan KJ 1, KJ 2, KJ 3 faktor pembatas 5 (faktor pembatas ekstrim) dan pada lahan KJ 4 nilainya tergolong faktor pembatas 4 (pembatas berat). Variasi pH tanah mulai dari 5,7 hingga 3,3 menunjukkan tingkat kemasaman yang tinggi, memberikan indikasi rendahnya kesuburan tanah. Salah satu penyebab (pH rendah karena curah hujan yang tinggi, menyebabkan pencucian basa-basa seperti Ca, Mg, K sangat intensif. Selama ini perkebunan jeruk pada lokasi penelitian di Teluk Kimi sangat bergantung pada pemupukan dengan menggunakan pupuk kimia.

Fosfor tersedia pada semua lokasi sangat rendah. Pada lahan HU, KJ 1, KJ 3 dan KJ 4 tergolong faktor pembatas 5 (faktor pembatas ekstrim) sedangkan pada lahan KJ 2 tergolong faktor pembatas 4 (faktor pembatas berat). Hal tersebut karena nilai pH tergolong rendah sampai sangat rendah. Pada pH tanah yang rendah, fosfor dapat bereaksi dengan logam-logam seperti aluminium (Al) dan besi (Fe) membentuk senyawa yang tidak larut sehingga fosfor menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Robbo *et al.*, 2025). Reaksi tanah (pH) juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus fosfor sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan fosfor bagi tanaman. Rendahnya kandungan P di dalam tanah yaitu disebabkan karena rendahnya cadangan mineral yang mengandung P dan rendahnya pH tanah (Li *et al.*, 2023; Sari *et al.*, 2017).

Hasil analisis Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB) tanah pada perkebunan jeruk di Distrik Teluk Kimi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa tanah pada perkebunan jeruk

No	Lahan	KTK (cmol (+)/kg)	Skor	KB (%)	Skor
1	HU	14,74	4	1,75	5
2	KJ 1	8,7	4	98,13	1
3	KJ 2	29,63	2	81,25	1
4	KJ 3	24,40	3	70,74	1
5	KJ 4	17,85	3	1,40	5

Nilai Faktor Pembatas; 1. Tanpa faktor pembatas; 2. Faktor pembatas ringan; 3. Faktor pembatas sedang; 4. Faktor pembatas berat; 5. Faktor pembatas ekstrim (Lal, 1994)

Hasil analisis KTK menunjukkan bahwa nilai KTK pada lahan HU dan KJ 1 tergolong faktor pembatas 4 (faktor pembatas berat). Lahan KJ 2 tergolong faktor pembatas 2 (faktor pembatas ringan) dan lahan KJ 3 serta KJ 4 tergolong faktor pembatas 3 (faktor pembatas sedang). Hal ini menunjukkan perbedaan kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyediakan hara. Rendahnya KTK pada KJ 1 menunjukkan tanah kekurangan bahan organik, sedangkan pada LH sangat dipengaruhi oleh jenis mineral liat. Rendahnya KTK menyebabkan hara mudah terlindi. Nilai KTK 17,85-24,40 me 100g⁻¹ (sedang) dan 29,63 me 100g⁻¹ (tinggi) pada lahan KJ2,KJ3, KJ4 ideal untuk budidaya jeruk karena mampu mempertahankan har yang bersumber dari pupuk yang diberikan. Menurut Salam (2020) bahwa nilai KTK sangat beragam dan tergantung pada sifat dan ciri tanah tersebut. Selain itu, jumlah bahan organik dan macam mineral liat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai KTK. Menurut Williams, (2022), bahwa tradisi dan budaya juga seringkali memiliki dampak signifikan pada karakteristik fisik dan kimia tanah yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hasil analisis Kejenuhan Basa pada lahan HU dan KJ 4 tergolong faktor pembatas 5 (faktor pembatas ekstrim) sedangkan pada lahan KJ 1, KJ 2 dan KJ 3 tergolong faktor pembatas 1 (tanpa faktor pembatas). Nilai KB dan pH tanah memiliki hubungan timbal balik yang erat dalam menentukan kesuburan tanah (Robbo, *et al.*, 2025). Jika pH tanah rendah menyebabkan KB rendah, dan sebaliknya tanah yang mempunyai pH tinggi

mempunyai KB yang tinggi. Kemasaman tanah di lokasi penelitian pada KJ 1, KJ 2 dan KJ 3 tergolong dalam faktor pembatas ekstrim tetapi kejenuhan basa tergolong tanpa faktor pembatas. Hasil KB yang tinggi terjadi karena KB dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah kation basa dan total KTK. Meskipun jumlah basa sedikit, jika nilai KTK nya rendah, persentase kejenuhan basanya relatif tinggi. Penggunaan pupuk yang intensif seperti KCl atau urea dapat meningkatkan kation basa. Pada lahan HU dan KJ 4, pH tanah tergolong dalam faktor pembatas sedang hingga faktor pembatas berat tetapi KB tergolong dalam faktor pembatas ekstrim. Rendahnya KB dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Perbaikan KB pada tanah dapat dilakukan dengan cara pemupukan, pengapuran dan pengelolaan air yang baik. Nilai N-total dan C-organik tanah di Distrik Teluk Kimi, Kabupaten Nabire disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis N-total dan C-Organik tanah pada perkebunan jeruk

No	Lahan	N-total (%)	Skor	C-organik	Skor
1	HU	0,20	5	2,86	3
2	KJ 1	0,19	4	1,89	3
3	KJ 2	0,38	3	2,12	3
4	KJ 3	0,2	4	2,59	3
5	KJ 4	0,21	3	0,21	3

Nilai Faktor Pembatas; 1. Tanpa faktor pembatas; 2. Faktor pembatas ringan; 3. Faktor pembatas sedang; 4. Faktor pembatas berat; 5. Faktor pembatas ekstrim (Lal, 1994)

Hasil analisis terhadap parameter N-total dan C-Organik di Distrik Teluk Kimi (Tabel 5) mengungkap adanya degradasi kesuburan kimiawi yang cukup signifikan, yang secara langsung berimplikasi pada kapasitas produksi tanaman jeruk. Lahan HU menunjukkan status faktor pembatas ekstrem (Skor 5) dengan kadar N-total sebesar 0,20%, sementara area KJ 1 dan KJ 3 terjebak pada faktor pembatas berat (Skor 4). Defisiensi nitrogen yang masif ini secara alami menyebabkan pH tanah berada pada rentang agak masam hingga sangat masam. Kondisi asiditas yang tinggi ini menciptakan lingkungan yang suboptimal bagi bakteri pelaku proses nitrifikasi. Transformasi nitrogen dari bentuk amonium menjadi nitrat menjadi terhambat. Fluktuasi kelembapan tanah, suhu mikroklimat, dan keterbatasan stok bahan organik yang bertindak sebagai buffer ketersediaan nitrogen memperparah kondisi lingkungan (Ayiti & Babalola 2022; Guo et al., 2021).

Kandungan C-Organik pada seluruh lokasi (HU, KJ 1 hingga KJ 4) hasil klasifikasi termasuk dalam faktor pembatas sedang (Skor 3). Level C-Organik meskipun saat ini mampu memfasilitasi aktivitas mikroorganisme dan retensi air secara moderat, status ini masih berada di bawah ambang ideal untuk mendopang ekosistem perkebunan jeruk yang produktif. Rendahnya karbon organik mengindikasikan perlunya transisi dari pola budidaya konvensional menuju manajemen lahan berbasis konservasi melalui pengembalian residu tanaman ke dalam tanah, aplikasi kompos, serta pengintegrasian pupuk organik untuk

memperbaiki struktur tanah dan kapasitas tukar kation. Pengelolaan hara yang presisi menjadi krusial mengingat tanaman jeruk mensyaratkan kondisi spesifik berupa kedalaman solum minimal 1 m dengan tekstur lempung hingga lempung berpasir untuk menjamin drainase dan aerasi yang optimal. Ambang batas pH tanah yang ideal untuk optimasi metabolisme jeruk manis berada pada kisaran 5,5 - 6,5. Kondisi tanah yang bersifat masam di lokasi penelitian menjadi hambatan budidaya jeruk. Tanaman akan mengalami cekaman abiotik yang diakibatkan adanya hambatan serapan hara mikro dan kegagalan perkembangan morfologi buah secara sempurna. Perbaikan pH tanah dapat dilakukan melalui pengapuran (*liming*) dan peningkatan input bahan organik (Enesi et al., 2023), terutama pada lahan dengan faktor pembatas sedang-berat di Distrik Teluk Kimi agar memiliki indeks kualitas tanah yang baik.

Sifat Biologi Tanah

Hasil analisis total mikoriza dan total mesofauna dari lokasi HU (lahan hutan) dan lokasi 1 sampai 4 (lahan perkebunan jeruk) disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis total mikoriza (skoring) dan total mesofauna pada perkebunan jeruk

No	Lahan	Total Mikoriza	Skor	Total Mesofauna	Skor
1	HU	47 (4)	4	2	1
2	KJ 1	25 (4)	4	0	1
3	KJ 2	40 (4)	4	4	2
4	KJ 3	53 (4)	4	5	3
5	KJ 4	33 (4)	4	6	3

Keterangan: Skor 1 (kualitas rendah); Skor 2 (sedang); Skor 3 (baik) Skor 4 (sangat baik)

Hasil analisis total mikoriza tergolong faktor pembatas 4 (buruk). Rendahnya mikoriza pada lahan tersebut dikarenakan pH tanah yang rendah dan ketersediaan P yang tinggi. Mikoriza hidup pada pH tanah yang agak masam. Ketersediaan P dalam di tanah rendah, mikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap P. Jika ketesediaan P tanah tinggi, aktivitas mikoriza akan menurun. Hal ini menyebabkan tanaman tidak lagi membutuhkan mikoriza untuk membantu menyerap P. Siklus biogeokimia fosfor dalam agroekosistem dimediasi oleh mikroba tanah (Enebe & Babalola, 2021). Pemupukan yang berlebihan berdampak terhadap keseimbangan mikroorganisme tanah. Pupuk NPK secara signifikan mengurangi kelimpahan relatif *Chloroflexia* dan *Firmicutes*, namun meningkatkan *Actinobacteria* dan *Proteobacteria* (Bongoua-Devisme et al., 2024)

Populasi total mesofauna di lokasi penelitian terklasifikasi ke dalam kategori faktor pembatas buruk. Hal ini menunjukkan adanya penurunan integritas ekosistem tanah. Keberadaan fauna tanah merupakan hasil dari interaksi pH, nutrien (N, P, K), ketersediaan stok karbon, struktur vegetasi dan kondisi mikroklimat lingkungan (Zhang et al., 2022). pH dan kadar bahan organik adalah faktor utama untuk keberlangsungan hidup organisme tanah. Fluktuasi pH yang ekstrem di luar batas akan mengganggu kemampuan sistem hidup organisme tanah. Degradasi komunitas mesofauna di wilayah ini juga disebabkan

adanya praktik manajemen lahan yang intensif. Penggunaan pestisida anorganik dan metode pengendalian gulma yang agresif secara sistemik menurunkan keanekaragaman hayati tanah (Wardhani & Husamah, 2025; Beaumelle et al., 2023). Hasil analisis laboratorium ditemukan 17 individu yang terbagi ke dalam tiga kelompok takson, yakni *Acari*, *Hymenoptera*, dan *nematoda*, masing-masing 8, 6, dan 3 individu. Rendahnya jumlah populasi dan kekayaan spesies ini menandakan bahwa fungsionalitas biologi tanah di perkebunan tersebut sedang mengalami tekanan lingkungan yang berat, sehingga memerlukan intervensi pemulihan ekosistem untuk mengembalikan peran mesofauna sebagai bioindikator kesuburan tanah yang vital. Menurut Schlöter et al., (2018) pertanian intensif dengan penggunaan pupuk dan pestisida anorganik serta perubahan iklim menjadi beban pada fungsi tanah.

Indeks Kualitas Tanah

Indeks kualitas tanah yang ditentukan berdasarkan sifat fisik, kimia, dan biologi (Tabel 7). Hasil perhitungan nilai IKT pada kebun jeruk menunjukkan nilai kualitas tanah buruk. Faktor penentu penyebab kualitas tanah buruk adalah tekstur, pH, KB, P-tersedia, N-total, total mikoriza dan total mesofauna.

Tabel 7. Indeks kualitas tanah pada lahan perkebunan jeruk

No	Parameter	Lahan				
		HU	KJ 1	KJ 2	KJ 3	KJ 4
1	BV	0,66 (1)	1,26 (2)	1,01 (1)	0,92 (1)	0,98 (1)
2	Tekstur	C (5)	C (5)	C (5)	C (5)	CL (4)
3	Porositas	72,24 (1)	24,41 (1)	46,77 (1)	49,56 (1)	51,03 (1)
4	pH	5,7 (3)	4,4 (5)	3,3 (5)	2,97(5)	5,3(4)
5	KTK	14,74 (4)	8,7 (4)	29,63 (2)	24,40 (3)	17,85 (3)
6	KB	1,75(5)	98,13(1)	81,25 (1)	70,74 (1)	1,40(5)
7	P-tersedia	2,7 (5)	3,75(5)	10,25 (4)	4,9 (5)	0,21(3)
8	N-total	0,20(4)	0,19(4)	0,38(3)	0,2(4)	0,21(3)
9	C-organik	2,86(3)	1,89(3)	2,12(3)	2,32(3)	2,59(3)
10	Total Mikoriza	47(4)	25(4)	40(4)	53(4)	33(4)
11	Total Mesofauna	2 (1)	0(1)	4 (2)	5 (3)	6 (3)
Nilai Total Skor dan Korelasi Kualitas Lahan						
IKT		36 (B)	35 (B)	31 (B)	35 (B)	34 (B)

Nilai Indeks Kualitas Tanah <20 (Sangat Baik); 25-30 (Sedang); 30-40 (Buruk); >40 (SB).

Faktor pengelolaan tanah oleh petani dan ketergantungan penggunaan pupuk anorganik mengakibatkan rusaknya kualitas tanah. Kandungan bahan organik menurun dan aktivitas mikroorganisme tidak optimal. Kualitas tanah menentukan kualitas lingkungan, produktivitas tanah, keamanan pangan dan kesehatan manusia yang saling berinteraksi. Produktivitas tanah mempengaruhi kemampuan tanah untuk dapat memberikan hasil tanaman yang optimal. Tanah yang produktif adalah tanah yang relatif subur dan berkualitas (Cahyana et al., 2026).

4 Kesimpulan

Indeks kualitas tanah di empat lokasi lahan perkebunan jeruk Distrik Teluk Kimi, berdasarkan sifat fisik, kimia dan biologi tanah termasuk kategori buruk. Rendahnya

kualitas tanah disebabkan pH sangat masam, kandungan hara dan aktivitas biologi rendah. Nilai indeks kualitas tanah di seluruh lahan tergolong buruk dengan kisaran skor 31-36. Faktor pembatas utama yaitu pH, KB, P-tersedia, N-total, mikoriza dan mesofauna. Nilai total skor kualitas tanah pada lahan KJ2 lebih rendah (kualitas tanah lebih baik) dibandingkan lahan yang lain. Pengelolaan tanah melalui pengapuran, penambahan bahan organik, serta pengawasan penggunaan pupuk dan pestisida untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman jeruk secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Ayiti, O. E., & Babalola, O. O. (2022). Factors Influencing Soil Nitrification Process and the Effect on Environment and Health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 821994. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.821994>
- Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., Thouvenot, L., & Phillips, H. R. P. (2023). Pesticide effects on soil fauna communities—A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 60(7), 1239–1253. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437>
- Bimas & Penyuluhan Pertanian. (2016). *Luas Dan Produksi Tanaman Jeruk*. Dinas Pertanian, Kab Nabire.
- Bongoua-Devisme, A. J., Kouakou, S. A. A., Kouadio, K.-K. H., & Lemonou Michael, B. F. (2024). Assessing the influence of diverse phosphorus sources on bacterial communities and the abundance of phosphorus cycle genes in acidic paddy soils. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1409559. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1409559>
- BPS. (2025). *Produksi Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, 2024*. Badan Pusat Staistik.
- Cahyana, D., Karolinoerita, V., Manurung, E. D., & Wulanningtyas, H. S. (2026). Bridging the conceptual gap between soil quality and soil health for one health. *Soil Security*, 22, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100219>
- Enebe, M., & Babalola, O. (2021). The Influence of Soil Fertilization on the Distribution and Diversity of Phosphorus Cycling Genes and Microbes Community of Maize Rhizosphere Using Shotgun Metagenomics. *Genes*, 12(7), 1022. <https://doi.org/10.3390/genes12071022>
- Enesi, R. O., Dyck, M., Chang, S., Thilakarathna, M. S., Fan, X., Strelkov, S., & Gorim, L. Y. (2023). Liming remediates soil acidity and improves crop yield and profitability—A meta-analysis. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1194896. <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1194896>
- Eviati, Sulaeman, Herawaty, L., Anggria, L., Usman, Tantika, H. E., Prihatini, R., & Wuningrum, P. (2023). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. BPSI Tanah dan Pupuk.
- Guo, D., Bayu, B., Pan, K., Shen, S., Zhang, J., Jiang, X., Yu, Z., Li, J., & Luo, H. (2021). Response of nitrification and nitrifying microorganisms to different nitrogen sources in the acid Ultisols of Jinyun Mountain. *Soil Science and Plant Nutrition*, 67(5), 576–584. <https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1963639>
- Guo, H., Zheng, Y.-J., Wu, D.-T., Du, X., Gao, H., Ayyash, M., Zeng, D.-G., Li, H.-B., Liu, H.-Y., & Gan, R.-Y. (2023). Quality evaluation of citrus varieties based on phytochemical profiles and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1165841. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1165841>

- Isong, I. A., John, K., Okon, P. B., Ogban, P. I., & Afu, S. M. (2022). Soil quality estimation using environmental covariates and predictive models: An example from tropical soils of Nigeria. *Ecological Processes*, 11(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s13717-022-00411-y>
- Lal, R. (1994). *Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources in the Tropics*. Dept. of Agronomy, Ohio State University.
- Li, Y., Lu, X., Su, J., & Bai, Y. (2023). Phosphorus availability and planting patterns regulate soil microbial effects on plant performance in a semiarid steppe. *Annals of Botany*, 131(7), 1081–1095. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad012>
- Masniar. (2018). *Karakteristik Tanah Dan Kesesuaian Lahan Untuk Pengembangan Jeruk Manis (Citrus sinensis L.) Di Kabupaten Nabire*. Universitas Papua.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, Refa Firgiyanto, & Arsi. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan kita menulis.
- Robbo, A., Azizah, F. R., Setianingsih, T. E., Musaad, I., Siahaan, L., Yulina, H., Djuuna, I. A. F., Paise, E. K., & Sulichantini, E. D. (2025). *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. CV Get Press Indonesia.
- Salam, A. K. (2020). *Ilmu Tanah*. Global Madani Press.
- Sari, M. N., Sudarsono, & Darmawan. (2017). Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor Pada Tanah-Tanah Kaya Al Dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1), 65–71.
- Schlöter, M., Nannipieri, P., Sørensen, S. J., & Van Elsas, J. D. (2018). Microbial indicators for soil quality. *Biology and Fertility of Soils*, 54(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00374-017-1248-3>
- Singh, N., Sharma, R. M., Dubey, A. K., Sharma, N., Awasthi, O. P., Saha, S., Bharadwaj, C., Sevanthi, A. M., Shivran, M., Akshay, Kadam, D. M., & Kumar, A. (2025). Developing new interspecific citrus hybrids for improved fruit quality: Physico-chemical and sensory characterization. *Journal of Agriculture and Food Research*, 24, 102453. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102453>
- Syawal, F., Rauf, A., & Rahmawaty. (2017). Upaya Rehabilitasi Tanah Sawah Terdegradasi Dengan Menggunakan Kompos Sampah Kota Di Desa Serdang Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Pertanian Tropik*, 4(3). <https://doi.org/10.32734/jpt.v4i3.3089>
- Triadiawarman, D., Amprin, A., & Sinta, K. (2022). Analisis Indeks Kualitas Tanah pada Lahan Sawah di Desa Cipta Graha, Kecamatan Kaubun. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 10(2), 131–140. <https://doi.org/10.36084/jpt.v10i2.453>
- Vernica Williams. (2023). The role of geography, climate, and organisms in soil development. *Global Journal of Plant and Soil Sciences*, 7(1), 1.
- Wardhani, D. S. P. & Husamah. (2025). Evaluasi Dampak Penggunaan Pestisida terhadap Kualitas Tanah pada area Pertanian Sayur-Mayur. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi X*, 11(1), 212–216.
- Yeilagi, Sh., Rezapour, S., & Asadzadeh, F. (2021). Degradation of soil quality by the waste leachate in a Mediterranean semi-arid ecosystem. *Scientific Reports*, 11(1), 11390. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90699-1>
- Zhang, Y., Peng, S., Chen, X., & Chen, H. Y. H. (2022). Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: A meta-analysis. *Geoderma*, 411, 115694. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115694>

Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) di Kabupaten Lima Puluh Kota

Diana Putri^{1*}, Ankardiansyah Pandu Pradana², Arifda Ayu Swastini Waruwu¹

^{1,3} Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Jl. Lintas Sumatera km. 4 Dharmasraya, Sumatera Barat

² Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Jawa Timur

Email : dianna.12658@gmail.com

Submit : 23-03-2026

Revisi : 08-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

Endophytic bacteria can be found in all plant tissues but do not cause any disturbance or damage to the plant. This study aims to explore and characterize the morphology of endophytic bacteria isolated from the roots of gambier plants. Gambier root samples were taken from West Sumatra, Lima Puluh Kota Regency from 5 different locations. Isolation was carried out to obtain single isolates of endophytic bacteria. Characterization included observation of colony morphology, gram test with 3% KOH and pathogenicity test on tobacco plants. The results of the isolation obtained 23 single isolates of endophytic bacteria, where from morphological observations were dominated by irregular colony shapes, smooth, non-glossy surfaces, flat elevations and milky white colony colors. Of the 23 isolates tested for gram with 3% KOH, 11 isolates were classified as gram-negative and 12 other isolates were gram-positive. Pathogenicity test on tobacco leaves showed that 7 isolates showed hypersensitive reactions characterized by symptoms of necrosis, while the other 16 isolates did not show symptoms of necrosis on tobacco leaves.

Keywords: Endophytic bacteria, Exploration, Gambier, Isolation.

ABSTRAK

Bakteri endofit dapat ditemukan dari semua jaringan tanaman tetapi tidak menyebabkan gangguan atau kerusakan pada tanaman tersebut. Tujuan penelitian untuk mengeksplorasi dan mengkarakterisasi morfologi bakteri endofit dari akar tanaman gambir. Sampel akar gambir diambil dari Sumatera Barat, Kabupaten Lima Puluh Kota dari 5 titik Lokasi yang berbeda. Isolasi dilakukan untuk memperoleh isolate tunggal bakteri endofit. Karakterisasi meliputi pengamatan morfologi koloni, uji gram dengan KOH 3% serta uji patogenesitas pada daun tembakau. Hasil isolasi diperoleh 23 isolat tunggal bakteri endofit, dimana dari pengamatan morfologi didominasi oleh bentuk koloni yang tidak beraturan, permukaan yang halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu. Dari 23 isolat yang diuji gram dengan KOH 3%, sebanyak 11 isolat tergolong gram negatif dan 12 isolat lainnya kelompok gram positif. Uji patogenesitas pada daun tembakau diperoleh hasil sebanyak 7 isolat menunjukkan reaksi hipersensitif yang ditandai dengan gejala nekrosis, sedangkan 16 isolat lainnya tidak menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau.

Kata kunci: Bakteri endofit, Eksplorasi, Gambir, Isolasi.

1 Pendahuluan

Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) sebagai salah satu komoditas tanaman perkebunan penting di Indonesia yang dikenal mempunyai aktivitas antimikroba dan antioksidan yang kuat karena memiliki senyawa folifenol seperti katekin dan tanin. Senyawa tersebut mampu menangkap radikal bebas serta menghambat pertumbuhan mikroba patogen, sehingga

banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik dan pangan (Faadilah, 2025; Anggraini & Syukri, 2023). Sumatera Barat merupakan daerah utama penghasil gambir nasional karena lebih dari 80–90% produksi gambir Indonesia berasal dari provinsi ini. Sentra produksi gambir terbesar di Sumatera Barat terdapat di Kabupaten Lima Puluh Kota. Pada tahun 2022, produksi gambir di Kabupaten Lima Puluh Kota mencapai 7.846 ton dengan luas lahan 17.536 ha (BPS Provinsi Sumatera Barat, 2023).

Optimalisasi pemanfaatan tanaman gambir tidak hanya bergantung pada faktor genetik dan lingkungan, tetapi juga pada interaksi mikroorganisme yang berada di dalam jaringan tanaman tersebut. Bakteri endofit diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, menghasilkan metabolit sekunder, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres. Penelitian tentang bakteri endofit yang hidup dalam jaringan tanaman, terutama akar, memiliki keragaman yang tinggi dan berpengaruh terhadap fungsi fisiologis tanaman inangnya (Fan et al., 2023).

Bakteri endofit yang dieksplorasi dari berbagai jenis tanaman telah menjadi fokus penelitian karena potensinya sebagai sumber agen hayati dan penghasil senyawa bioaktif baru. Akar tanaman merupakan salah satu jaringan yang menjadi inang bakteri endofit karena menyediakan lingkungan yang kaya nutrisi dan dapat berinteraksi langsung dengan rizosfer, sehingga sering ditemukan jumlah isolat yang lebih tinggi dibandingkan jaringan lainnya (Li et al., 2023). Isolasi dan identifikasi awal bakteri endofit melalui karakterisasi morfologi koloni menjadi tahap penting dalam memahami keragaman mikroba sebelum dilakukan analisis molekuler dan uji potensi lebih lanjut.

Karakterisasi bakteri endofit seperti pengamatan morfologi koloni, uji Gram dengan KOH 3%, serta uji hipersensitif pada daun tembakau merupakan pendekatan dasar yang umum digunakan untuk mengetahui sifat fisiologis dan potensi patogenisitas isolat bakteri. Uji hipersensitif berperan dalam membedakan bakteri patogen tanaman dengan bakteri non patogen. Bakteri patogen akan memicu reaksi nekrosis cepat pada jaringan tanaman indikator (Novitasari et al., 2024). Pendekatan ini penting dalam proses seleksi isolat yang berpotensi dikembangkan sebagai agen hayati atau sumber metabolit sekunder yang aman.

Meskipun penelitian mengenai endofit telah banyak dilakukan pada berbagai jenis dan bagian tanaman, informasi mengenai keragaman dan karakteristik bakteri endofit pada tanaman gambir masih terbatas, khususnya yang berasal dari jaringan akar. Keterbatasan data ini menjadi salah satu kendala dalam pemanfaatan mikroba endofit sebagai sumber agen hayati berbasis sumber daya lokal. Eksplorasi dan karakterisasi bakteri endofit dari akar gambir menjadi langkah penting untuk menemukan potensi mikroba yang berasosiasi dengan tanaman ini serta memberikan dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan terkait identifikasi molekuler dan pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh

isolat bakteri endofit dari akar gambir serta mengarakterisasi sifat fenotipiknya melalui pengamatan morfologi koloni, uji Gram dengan metode KOH 3%, dan uji hipersensitif pada daun tembakau sebagai tahap awal penentuan potensi dan keamanan isolat.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2025 hingga Februari 2026. Sampel diambil dari sentra Perkebunan gambir masyarakat Sumatera Barat, tepatnya di Kabupaten Lima Puluh Kota. Isolasi dan karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fitopatologi, Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel akar tanaman gambir, tanaman tembakau, akuades steril, larutan hipoklorit, alkohol 70%, KOH 3%, *Ketoconazole* dan media *Nutrient Agar* (NA). Sedangkan alat yang digunakan seperti mikroskop, gelas objek dan kaca penutup, cawan petri, autoklaf, lampu bunsen, jarum ose, mortar, *laminar air flow*, timbangan analitik, Erlenmeyer.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel

Sampel tanaman diambil dari sentra perkebunan gambir masyarakat Sumatera Barat, tepatnya di Kabupaten Lima Puluh Kota. Bagian tanaman yang diambil adalah akar tanaman gambir sehat yang tidak menunjukkan gejala serangan penyakit. Sampel diambil secara *purposive sampling* pada 5 titik lokasi dengan masing-masing titik sebanyak 5 ulangan. Sampel selanjutnya dimasukkan kedalam plastik dan dibawa ke Laboratorium Fitopatologi Prodi Agroekoteknologi Universitas Andalas untuk di lakukan isolasi.

Isolasi Bakteri Endofit

Sampel akar tanaman gambir terlebih dahulu ditimbang sebanyak 1 gram dan di potong-potong sepanjang 1 cm. Selanjutnya sampel dicuci pada air mengalir yang bertujuan membersihkan sisa kotoran dan tanah yang menempel. Sampel kemudian di sterilisasi permukaan dengan cara merendamnya secara berturut-turut dalam alkohol 70% selama 60 detik, larutan hipoklorit 2,5% selama 60 detik, kemudian dibilas akuades steril sebanyak 3 kali. Sampel digerus menggunakan mortar dengan menambahkan 10 mL akuades steril dan dibuat pengenceran sampai tingkat 10^{-3} . Sebanyak 100 μL suspensi dituangkan pada media NA dan diratakan dengan metode sebar. Inkubasi pada suhu ruang (29-30°C) dilakukan selama 24-48 jam. Koloni berbeda yang tumbuh pada media selanjutnya dimurnikan dengan cara digores secara kuadran, lalu diinkubasi selama 24 hingga 48 jam sampai diperoleh isolat murni (Parween & Jha, 2025).

Karakterisasi Morfologi Bakteri Endofit

Isolat tunggal bakteri endofit diidentifikasi secara makroskopis dengan mengamati bentuk morfologi koloni (berturan, tidak beraturan, bulat), warna koloni (putih susu, putih kekuningan, kuning keemasan), elevasi (datar, sedikit cembung, cembung) serta permukaan koloni (halus, kasar, mengkilap, tidak mengkilap (Emitaro et al., 2024).

Uji Gram Bakteri Endofit

Uji gram bakteri endofit dengan KOH 3% dilakukan dengan cara meneteskan sebanyak 1 tetes KOH 3% pada kaca objek steril, selanjutnya isolat yang berumur 48 jam diambil dengan jarum ose dan diaduk selama 30 detik. Apabila ujung jarum ose diangkat keatas dan suspensi berlendir serta ikut terangkat, maka dikategorikan bakteri gram negatif, dan jika suspensi tidak berlendir serta tidak terangkat bersama jarum ose, maka dikategorikan bakteri gram positif (Hardiansyah et al., 2020).

Uji Hipersensitif Bakteri Endofit pada Tumbuhan

Uji hipersensitif dilakukan terhadap tanaman tembakau berumur 2 bulan. Sebanyak 15 ml akuades steril ditambahkan pada isolat bakteri endofit dalam cawan petri dan diluruhkan. Selanjutnya suspensi bakteri endofit sebanyak 3 ml diinjeksikan menggunakan suntikan steril pada daun tembakau sampai membasahi ruang antar sel. Kontrol positif menggunakan patogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades steril. Inkubasi dilakukan selama 48-72 jam atau sampai muncul gejala. Reaksi positif bakteri endofit akan menunjukkan gejala berupa nekrosis, sedangkan reaksi negatif tidak terlihat gejala nekrosis pada daun tembakau (Huh, 2022).

Analisis Data

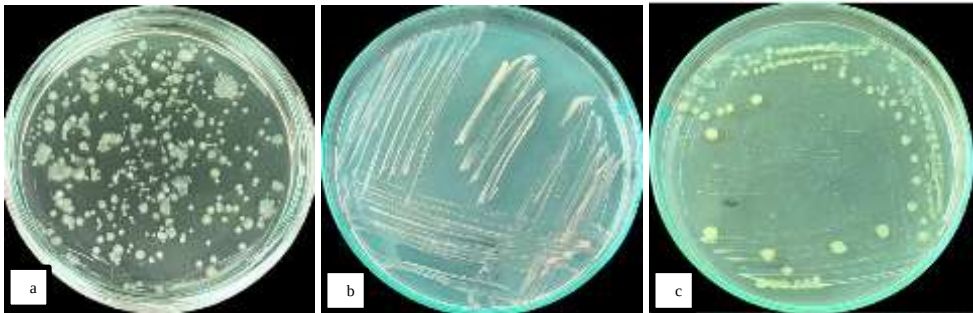
Hasil dari penelitian ini diperoleh data kualitatif berupa inventarisasi bakteri endofit dari akar tanaman gambir dan Karakterisasi morfologi isolat bakteri endofit. Data pengamatan morfologi yang diamati meliputi bentuk koloni dan permukaan koloni, warna koloni serta elevasi, serta sifat gram bakteri dan uji hipersensitif terhadap tanaman tembakau.

3 Hasil dan Pembahasan

Isolasi bakteri Endofit

Sampel tanaman gambir yang digunakan berasal dari sentra Perkebunan petani gambir Sumatera Barat, Kabupaten Lima Puluh Kota. Bagian tanaman yang digunakan yaitu akar segar dari tanaman sehat. Sebelum di isolasi sampel akar di sterilisasi permukaan, yang bertujuan supaya tidak ada bakteri kontaminan yang tumbuh pada media NA. Sterilisasi permukaan merupakan tahapan penting yang harus dilakukan dalam mengisolasi mikroba endofit, karena bertujuan untuk mencegah kontaminasi dari mikroba

epifit, sehingga hanya mikroba endofit yang tumbuh pada media kultur (Srivastava et al., 2024). Hasil isolasi diperoleh sebanyak 23 isolat berasal dari akar tanaman gambir. dengan karakter morfologi yang beragam (gambar 1). Karakteristik pengamatan morfologi disajikan pada tabel 1.



Gambar 1. Hasil isolasi bakteri endofit tanaman gambir pada media NA. (a) isolasi awal dengan metode sebar (b, c) isolat murni dengan metode gores kuadran

Tabel 1. Karakteristik morfologi bakteri endofit asal tanaman gambir

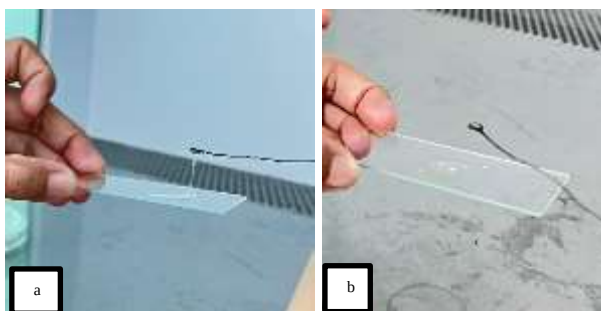
Kode Isolat	Morfologi Koloni			
	Bentuk koloni	Permukaan	Elevasi	Warna
AG1.1	bulat kecil, beraturan	Halus, tidak mengkilap	sedikit cembung	Putih susu
AG1.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG1.3	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG1.4	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG1.5	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG1.6	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG2.1	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG2.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG2.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG2.4	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih kekuningan
AG3.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG3.2	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG3.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG3.4	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih kekuningan
AG4.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG4.2	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG4.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG4.4	Bulat beraturan, kecil-kecil	Halus, tidak mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG4.5	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG4.6	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG5.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	cembung, sedikit Datar	Kuning keemasan
AG5.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	cembung	Putih susu
AG5.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Merah muda

Sebanyak 23 isolat bakteri endofit memiliki keragaman dari bentuk morfologi yang beragam meliputi bentuk koloni, permukaan, elevasi dan warna koloni. Untuk mendapatkan isolat tunggal, bakteri endofit dimurnikan dengan metode gores secara kuadran pada media NA. Metode ini dilakukan agar sebelum dikarakterisasi diperoleh isolat tunggal yang terpisah dari koloninya (Isleem et al., 2025). Pengamatan morfologi isolat bakteri endofit didominasi oleh bentuk yang tidak beraturan, permukaan yang halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu.

Isolasi bakteri endofit pada umumnya menunjukkan hasil keanekaragaman yang sangat tinggi. Spesies tanaman yang sama tidak selalu memiliki bakteri endofit yang sama juga. Hal ini bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti sifat tanah dan pertumbuhan tanaman sangat mempengaruhi keragaman morfologi koloni endofit suatu jaringan tanaman (Emitaro et al., 2024). Kepadatan populasi bakteri didalam jaringan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor abiotik dan faktor biotik seperti jenis tanaman, fase pertumbuhan serta nutrisi (Liu et al., 2025). Dominasi koloni berbentuk tidak beraturan dan berwarna putih susu pada isolat gambir turut sejalan dengan Mendez et al., (2024), pada akar tanaman Samama (*Anthocephalus macrophyllus*), sebagian besar isolatnya memiliki ciri morfologi bundar, licin, datar, dan berwarna putih susu. Morfologi koloni putih susu dengan permukaan halus merupakan karakter yang cukup umum ditemukan pada bakteri endofit akar tanaman berkayu.

Uji Gram Bakteri Endofit

Tujuan uji gram bakteri adalah untuk menentukan golongan bakteri yang tergolong kelompok gram negatif atau gram positif. Hasil uji gram terhadap 23 isolat murni bakteri endofit pada saat diereaksikan dengan KOH 3% menunjukkan hasil 12 isolat tergolong gram positif dan 11 isolat tergolong gram negatif. isolat bakteri gram negatif yang ditambahkan dengan KOH 3% menunjukkan terbentuknya lendir yang terangkat bersama jarum ose. Sedangkan bakteri gram positif tidak membentuk lendir pada saat ditambahkan dengan KOH 3% (Gambar 2).



Gambar 2. Uji gram menggunakan KOH 3%. (a) bakteri gram negatif membentuk lendir yang terangkat bersama jarum ose, (b) bakteri gram positif tidak membentuk lendir yang terangkat bersama jarum ose.

Bakteri yang tergolong gram negatif apabila direaksikan dengan KOH 3% membentuk lendir yang terangkat bersama jamur ose. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri tersebut mempunyai peptidoglikan pada dinding sel yang tipis, sehingga dinding sel menjadi lebih mudah rusak dan menjadi lisis, yang menyebabkan DNA bakteri tersebut keluar sehingga getah lendir bakteri keluar pada saat bereaksi dengan KOH 3%. Sedangkan pada bakteri gram positif yang tidak menunjukkan adanya lendir saat direaksikan dengan KOH 3% dikarenakan dinding sel bakteri tersebut memiliki dinding sel yang lebih tebal dan tahan terhadap KOH 3%, sehingga dinding selnya tidak mudah rusak ataupun lisis (Mian et al., 2024). Hasil uji gram dengan KOH 3% dan uji reaksi hipersensitif pada daun tembakau (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji gram dengan KOH 3% dan uji hipersensitif pada daun tembakau

Kode Isolat	Uji Fisiologi Bakteri Endofit	
	Uji Gram dengan KOH 3%	Uji Reaksi Hipersensitif
AG1.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.2	Gram Negatif	Reaksi positif
AG1.3	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.4	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.5	Gram Negatif	Reaksi positif
AG1.6	Gram Negatif	Reaksi positif
AG2.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.2	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.3	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.4	Gram Positif	Reaksi negatif
AG3.1	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG3.2	Gram Positif	Reaksi positif
AG3.3	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG3.4	Gram Positif	Reaksi positif
AG4.1	Gram Positif	Reaksi positif
AG4.2	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.3	Gram Negatif	Reaksi positif
AG4.4	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.5	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.6	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG5.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG5.2	Gram Positif	Reaksi negatif
AG5.3	Gram Negatif	Reaksi negatif

Uji Hipersensitif Bakteri Endofit terhadap Tanaman Tembakau

Uji hipersensitif dilakukan pada daun tanaman tembakau yang berumur 2 bulan. Hasil pengujian hipersensitif dari 23 isolat bakteri endofit yang diinjeksikan pada daun tanaman tembakau menunjukkan 7 isolat bakteri memicu munculnya gejala berupa nekrosis pada daun tembakau (reaksi positif), sedangkan 16 isolat lainnya tidak menunjukkan gejala berupa nekrosis (reaksi negatif) (Tabel 2). Uji hipersensitif digunakan untuk membedakan bakteri yang bersifat patogen dan non patogen melalui injeksi suspensi

bakteri pada daun tembakau sebagai indikator. Respon hipersensitif yang muncul merupakan salah satu mekanisme pertahanan tanaman yang terlihat dengan adanya kematian sel cepat (nekrosis) dilokasi infeksi atau diinjeksikan. Apabila isolat bakteri endofit yang diuji memicu reaksi hipersensitif, dikategorikan berpotensi sebagai bakteri patogen (Novitasari et al., 2024). Pada tanaman yang rentan, inokulasi patogen mampu menimbulkan respon infeksi dalam waktu 24-72 jam setelah perlakuan. Respon ini biasanya ditunjukkan dengan terbentuknya jaringan nekrosis pada area yang diinjeksi (Kurniawati et al., 2020). Potensi patogenisitas bakteri endofit sangat bervariasi tergantung pada spesies tanaman inang, bagian jaringan yang diisolasi, serta kondisi lingkungan tempat tanaman tumbuh, sehingga uji hipersensitif tetap menjadi tahap seleksi awal yang esensial sebelum isolat dipertimbangkan sebagai kandidat agen hayati yang aman (Nugraheni & Mawaddah, 2023).



Gambar 2. Uji hipersensitif pada daun tembakau. (a) adanya gejala nekrosis (rekasi positif), (b) tidak ada gejala nekrosis (rekasi negatif).

4 Kesimpulan

Sebanayak 23 isolat bakteri endofit berhasil diisolasi dari tanaman gambir, yang didominasi oleh morfologi koloni tidak beraturan, permukaan halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu. Dari 23 isolat tersebut, 12 isolat bakteri tergolong gram positif dan 11 isolat gram negatif. uji hipersensistif menunjukkan 7 isolat diantaranya berpotensi sebagai patogen terhadap tanaman karena menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau, sedangkan 16 isolat lainnya tidak berpotensi sebagai patogen tanaman. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk identifikasi molekuler bakteri endofit dengan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) serta melihat potensi bakteri endofit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan menghambat perkembanganpatogen.

Daftar Pustaka

Anggraini, T., & Syukri, D. (2023). *Uncaria gambir* as the Potential Commodities from West

- Sumatra, Indonesia: A Mini Review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 22(3), 583–593. <https://doi.org/10.3923/ajps.2023.583.593>
- BPS Prov Sumatera Barat. (2023). *Luas lahan dan produksi gambir menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2022*. Badan Pusat Statistik Prov Sumatera Barat.
- Emitaro, W. O., Kawaka, F., Musyimi, D. M., & Adieng, A. (2024). Diversity of endophytic bacteria isolated from leguminous agroforestry trees in western Kenya. *AMB Express*, 14(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01676-6>
- Faadhilah, A. (2025). Identifikasi Aktivitas Antioksidan, Katekin, Tanin, Protein Kasar, dan Serat Kasar pada Fermentasi Daun Gambir (*Uncaria gambir* R.) Menggunakan *Rhizopus Oligosporus* dan *Lactobacillus Plantarum*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12(1), 112–118. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v12i1.54763>
- Fan, D., Schwinghamer, T., Liu, S., Xia, O., Ge, C., Chen, Q., & Smith, D. L. (2023). Characterization of endophytic bacteriome diversity and associated beneficial bacteria inhabiting a macrophyte *Eichhornia crassipes*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1176648. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176648>
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., & Jaya, A. M. (2020). Identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria pada Rizosfer Bambu Duri dengan Gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 41–46. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.40875>
- Huh, S. U. (2022). Optimization of immune receptor-related hypersensitive cell death response assay using agrobacterium-mediated transient expression in tobacco plants. *Plant Methods*, 18(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00893-z>
- Isleem, R. S., Eid, A. M., Hassan, S. E.-D., Aboshanab, K. M., & El-Housseiny, G. S. (2025). Deciphering the nature and statistical optimization of antimicrobial metabolites of two endophytic bacilli. *AMB Express*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01811-3>
- Kurniawati, F., Nursipa, N. T., & Munif, A. (2020). Nematoda Parasit pada Seledri (*Apium Graveolens* L.) dan Pengendaliannya Menggunakan Bakteri Endofit Secara In Vitro. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(1), 70–81. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v13i1.6304>
- Liu, J., Wu, Y., Lin, J., Xie, M., Chen, L., & Wang, L. (2025). Effects of bacterial wilt on community composition and diversity of culturable endophytic fungi in *Alpinia galanga*. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1536079. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1536079>
- Mendez, S., Matinahoru, J., & Hadijah, M. (2024). Eksplorasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Samama (*Anthocephallus macrophyllus*). *MARSEGU: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(9), 921–937. <https://doi.org/10.69840/marsegu/1.9.2024.921-937>
- Mian, M. D., Khan, S. J., Rani, R., Sadiq, S., Jafri, L., & Jamil, B. (2024). “Modified String Test to Improve and Confirm by Molecular Characterization for Bacterial Identification.” <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000965.v1>
- Novitasari, A., Desnurvia, R., & Indrayanti, R. (2024). Isolation of Endophytic Bacteria from Melon Root and Evaluation of Their Antagonistic Activity Against *Acidovorax citrulli*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 31(6), 1212–1222. <https://doi.org/10.4308/hjb.31.6.1212-1222>
- Nugraheni, I. A., & Mawaddah, I. A. (2023). In vitro antagonism test of endophytic isolates from the ciplukan plant (*Physalis angulata* L.) against *Ralstonia solanacearum*. *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, 5(2), 200–210. <https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i2.607>

- Parween, A., & Jha, V. (2025). Isolation, Characterization and Identification of Endophytic Bacteria from Roots of Hordeum Vulgare Plants. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 13(2), 33–35. <https://doi.org/10.70729/ME24329232549>
- Srivastava, P., Tiwari, S. P., Srivastava, A. K., & Sharma, R. (2024). Optimization of Sterilization Parameters for Isolation of Endophytes from Allium sativum and Exploring its Antibacterial Activity. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 18(2), 961–979. <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.2.11>

Parameter Genetik, Analisis Lintas Komponen Agronomi Dan Hasil untuk Seleksi Dini Gandum Tropis

Yuniel Melvanolo Zendrato^{1*}, Theresa Dwi Kurnia¹, Grafen Febrich Panarai¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia.

*Email : yuniel.zendrato@uksw.edu

Submit : 16-04-2026

Revisi : 08-05-2026

Diterima : 21-06-2026

ABSTRACT

Domestic wheat development in tropical environments is crucial to reduce import dependency and strengthen national food security. Precision in early selection is a vital stage in identifying potential candidates based on their genetic diversity and agronomic performance. This study aims to analyze genetic parameters, causal relationships, and direct effects between traits, as well as to perform early selection of wheat genotypes in tropical conditions. A total of 30 wheat genotypes, consisting of 25 M2 mutant lines induced by gamma radiation and 5 check varieties, were evaluated using an augmented randomized complete block design (RCBD), with checks replicated in three blocks. The results showed broad genetic variability in agronomic, yield, and yield component traits, with very high broad-sense heritability observed for the 100-seed weight trait (99.10%). Path analysis confirmed that main panicle seed weight was the primary determinant of yield, exhibiting the most dominant positive direct effect (0.85) on the 100-seed weight component. Based on the multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) multivariate selection, eight superior genotypes were selected: G08, G21, G04, G16, G10, G02, G07, and G20, which possessed strength profiles closest to the theoretical ideotype. These elite genotypes represent a highly potential genetic basis for future sustainable wheat breeding programs to develop adaptive and high-yielding varieties in Indonesia.

Keywords: Genetic diversity, Heritability, MGIDI, Path analysis, Tropical wheat

ABSTRAK

Pengembangan gandum secara domestik di lingkungan tropis sangat krusial untuk mengurangi ketergantungan impor dan memperkuat ketahanan pangan nasional. Seleksi dini yang presisi merupakan tahapan vital dalam mengidentifikasi kandidat potensial berdasarkan keragaman genetik dan performa agronominya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter genetik, hubungan kausalitas, dan pengaruh langsung antarkarakter, serta melakukan seleksi dini genotipe gandum di daerah tropis. Sebanyak 30 genotipe gandum, terdiri dari 25 galur mutan M2 hasil induksi sinar gamma dan 5 varietas pembanding, diuji menggunakan *augmented* rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT), dengan pembanding diulang dalam tiga kelompok. Hasil penelitian menunjukkan adanya variabilitas genetik yang luas pada karakter agronomi, hasil, dan komponen hasil, dengan nilai heritabilitas arti luas yang sangat tinggi pada karakter bobot 100 biji (99,10%). Analisis lintas mengonfirmasi bahwa berat biji malai utama merupakan determinan utama hasil dengan pengaruh langsung positif paling dominan (0,85) terhadap komponen bobot 100 biji. Berdasarkan seleksi multivariat *multi-trait genotype-ideotype distance index* (MGIDI), terpilih delapan genotipe terbaik, yaitu G08, G21, G04, G16, G10, G02, G07, dan G20, yang memiliki profil kekuatan paling mendekati ideotipe teoretis. Genotipe-genotipe unggul ini merupakan basis genetik yang sangat potensial untuk digunakan dalam keberlanjutan program pemuliaan gandum di masa depan guna menghasilkan varietas yang adaptif dan berdaya hasil tinggi di Indonesia.

Kata kunci: Analisis lintas, Gandum tropis, Heritabilitas, Keragaman genetik, MGIDI

1 Pendahuluan

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan salah satu tanaman sereal penting di dunia yang berfungsi sebagai makanan pokok bagi sebagian besar populasi global. Komoditas ini memberikan kontribusi nyata terhadap asupan energi dan protein manusia, serta berperan penting dalam sistem pangan global dan ekonomi pertanian di berbagai wilayah, termasuk Indonesia (Grote et al., 2021; Bayisa et al., 2025; Yamini et al., 2025). Produktivitas gandum dipengaruhi faktor genetik, kondisi lingkungan dan iklim, serta praktik manajemen tanaman (Khedwal et al., 2023). Ketersediaan varietas yang mampu beradaptasi secara luas terhadap kondisi agroekosistem pertanian di Indonesia masih terbatas. Wilayah tropis memiliki suhu dan variabilitas lingkungan tinggi yang secara signifikan membatasi pertumbuhan tanaman, pengisian biji, dan potensi hasil gandum (Altuhaish & Yahya, 2014; Fadli et al., 2021; Firmansah et al., 2024).

Pengembangan gandum yang adaptif di lingkungan tropis memerlukan genotipe dengan potensi hasil tinggi dan stabilitas agronomi dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Gazhy et al., 2025). Peningkatan produktivitas gandum di wilayah tropis memerlukan pemahaman komprehensif mengenai parameter genetik serta hubungan antara karakter agronomi dan komponen hasil. Parameter genetik (ragam genotipik, fenotipik, dan heritabilitas) digunakan untuk memprediksi respons seleksi dan menentukan efektivitas program pemuliaan. Heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa ragam fenotipik sebagian besar dikendalikan oleh faktor genetik, sehingga memungkinkan seleksi yang efektif, terutama pada tahap awal pemuliaan (Priyanto et al., 2023; Riyanto et al., 2024; Kuru et al., 2025).

Pada tahap pemuliaan generasi awal merupakan fase kritis dalam populasi karena adanya segregasi fenotipik yang terlihat paling nyata (Öztürk et al., 2020). Seleksi tahap awal memungkinkan pemulia untuk mengeliminasi genotipe yang inferior dan memfokuskan sumber daya pada galur dengan potensi genetik tertinggi (Castro-Urrea et al., 2023). Karakter fenotipik yang diamati untuk memprediksi performa generasi berikutnya secara akurat. Genotipe yang terpilih memiliki perbaikan agronomi yang stabil dan dapat diwariskan (Tareque et al., 2025).

Karakter genotipe gandum merupakan karakter multifaktor yang dihasilkan dari interaksi sinergis berbagai komponen. Seleksi menggunakan karakter tunggal saja sering kali menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan pada karakter berkorelasi lainnya. Analisis sidik lintas mengatasi keterbatasan ini dengan memperjelas jalur kausalitas tersembunyi yang tidak dapat diungkap oleh korelasi sederhana. Analisis sidik lintas mengidentifikasi pengaruh suatu karakter terhadap hasil yang bersifat langsung atau dimediasi melalui komponen lain (Abdurezake et al., 2024). Penggunaan indeks multivariat

menjadi sangat diperlukan untuk mengintegrasikan hubungan timbal balik yang kompleks ke dalam keputusan seleksi praktis (Ali et al., 2020; Vieira et al., 2025).

Metode *multi-trait genotype-ideotype distance* (MGIDI) menyediakan seleksi genotipe yang mutakhir dengan menyusun peringkat genotipe berdasarkan kedekatan multikarakturnya terhadap ideotipe yang telah ditentukan (Olivoto & Nardino, 2021; Silva et al., 2023; Supriadi et al., 2026). Pendekatan ini sangat relevan untuk pemuliaan gandum tropis, yang bertujuan untuk menyeimbangkan karakter agronomi dan hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi parameter genetik, membedah keterkaitan antarkarakter melalui analisis lintas, dan mengidentifikasi genotipe unggul guna membangun landasan genetik yang kuat dalam pengembangan varietas gandum di Indonesia.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *screen house* Kebun Percobaan Salaran, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana, pada ketinggian 1050 mdpl, mulai bulan Juni hingga Oktober 2025. Materi tanaman yang digunakan adalah 30 galur gandum, yang terdiri dari 25 galur gandum M2 hasil induksi radiasi gamma, yaitu GR1-1-1 (G01), GR1-2-1 (G02), GR1-4-1 (G03), GR2-01-1 (G04), GR2-1-1 (G05), GR2-2-1 (G06), GR2-3-1 (G07), GR4-01-1 (G08), GR4-1-1 (G09), GR4-2-1 (G10), GR4-3-1 (G11), GR6-1-2 (G12), GR6-2-1 (G13), GR7-1-2 (G14), GR7-2-2 (G15), GR7-3-1 (G16), GR7-4-1 (G17), GR8-1-2 (G18), GR8-2-2 (G19), N1-1-1 (G20), N1-2-2 (G21), N1-3-3 (G22), SL1-1-1 (G23), SL1-3-1 (G24), SL1-4-2 (G25), serta lima varietas gandum tropis sebagai pembanding, yaitu Guri 1 (G26), Guri 6 (G27), Guri 7 (G28), Guri 8 (G29), dan Nias (G30).

Setiap genotipe ditanam dalam 12 polibag (40 cm x 40 cm) dan disusun berdasarkan rancangan percobaan *augmented* Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan tiga kelompok, di mana varietas gandum tropis (G26 – G30) diulang pada setiap kelompok. Setiap polibag ditanami tiga benih. Pemupukan pertama dilakukan pada 10 hari setelah tanam (HST) menggunakan $1.065 \text{ g polibag}^{-1}$ urea, $1.42 \text{ g polibag}^{-1}$ SP-36, dan $0.71 \text{ g polibag}^{-1}$ KCl. Pemupukan kedua dilakukan pada 30 HST hanya dengan menggunakan $1.065 \text{ g polibag}^{-1}$ urea. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan, pengendalian hama dan penyakit, serta penyiraman. Kebutuhan air dijaga pada level 75-80% selama fase pertumbuhan hingga masak susu, dan 55-79% selama fase masak susu hingga panen. Gandum siap dipanen ketika 80% dari rumpun telah memiliki malai sempurna dengan batang dan daun yang telah menguning, serta biji telah mengeras.

Karakter agronomi dan komponen hasil yang diamati adalah sebagai berikut: 1) umur berbunga (UB), saat 50% dari setiap genotipe telah berbunga; 2) umur panen (UP), dihitung saat tanaman telah menguning dan biji telah mengeras; 3) tinggi tanaman (TT), diukur dari permukaan tanah hingga pangkal malai tertinggi (cm); 4) jumlah anakan (JA); 5)

jumlah anakan produktif (JAP), yaitu jumlah anakan yang menghasilkan malai; 6) jumlah floret pada malai utama (JFMU); 7) jumlah spikelet pada malai utama (JSMU); 8) panjang malai (PM), diukur dari pangkal malai hingga ujung tanpa menyertakan bulu (cm); 9) bobot malai utama (BMU, g); 10) berat biji malai utama (BBMU, g); 11) jumlah biji per malai utama (JBMU; 12) bobot 100 biji (B100, g).

Analisis deskriptif digunakan untuk seluruh karakter yang diamati. Analisis parameter genetik meliputi varians genotipik dan fenotipik, koefisien keragaman genotipik dan fenotipik (KKG dan KKF), heritabilitas arti luas (h^2), *genetic advance* (GA), dan *genetic advance per mean* (GAM). Korelasi Pearson digunakan untuk menentukan hubungan antar karakter dan karakter seleksi. Analisis lintas digunakan untuk menentukan pengaruh langsung dan tidak langsung dari karakter seleksi yang memengaruhi bobot 100 biji saja. Analisis lintas dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & \cdots & r_{p1} \\ r_{12} & r_{22} & \cdots & r_{p2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{1p} & r_{2p} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \cdots \\ C_p \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \cdots \\ r_{py} \end{bmatrix} \\ R_x & C_i & & R_y \end{matrix}$$

C_i (efek langsung) dikalkulasikan dengan rumus: $C_i = R_x^{-1} \times R_y$. Efek sisa adalah model yang tidak dapat dijelaskan secara pasti, dihitung dari $C_s = \sqrt{C_s^2}$; $C_s^2 = C_i' R_x$, dimana:

R_x = matriks korelasi variabel dependen,

R_x^{-1} = matriks invers dari R_x ,

C_i = vektor koefisien lintas yang menunjukkan pengaruh langsung dari setiap variabel independen terhadap variabel dependen,

R_y = vektor koefisien korelasi antara variabel independen x_i ($i = 1, 2, 3, \dots, p$) an variabel dependen Y,

C_s = = efek residu atau galat,

C_i' = matriks transpose dari C_i

Seleksi dini gandum tropis menggunakan metode seleksi simultan berdasarkan *multi-trait genotype-ideotype distance index* (MGIDI) (Olivoto dan Nardino, 2021). Karakter bobot 100 biji diberi bobot dua, sedangkan karakter lainnya (JA, JAP, PM, BBMU, JBMU) diberi bobot satu. Seleksi simultan dihitung dari rumus sebagai berikut:

$$MGIDI_i = \left[\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - Y_j)^2 \right]^{0.5}$$

dimana:

$MGIDI_i$ = the multi-trait genotype-ideotype distance index untuk genotipe ke- i ,

Y_{ij} = skor genotipe ke- i untuk faktor ke- j ($i = 1, 2, \dots, g; j = 1, 2, \dots, f$),

Y_j = skor ideotipe.

Kekuatan dan kelemahan (ω_{ij}) dari setiap genotipe dinilai berdasarkan proporsi nilai MGIDI genotipe ke- i yang dijelaskan oleh faktor ke- j , yang dihitung dengan rumus berikut:

$$\omega_{ij} = \frac{\sqrt{D_{ij}^2}}{\sum_{j=1}^f \sqrt{D_{ij}^2}}$$

dengan D_{ij} adalah jarak antara genotipe ke- i dan ideotipe untuk faktor ke- j . Kontribusi terkecil terhadap suatu faktor menunjukkan bahwa karakter terkait memiliki nilai yang dekat dengan ideotipe.

Gandum diseleksi dengan intensitas seleksi sekitar 25%, dan diferensial seleksi dalam rata-rata populasi ($\Delta S\%$) untuk setiap karakter dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\Delta S\% = \frac{(X_s - X_0)}{X_0} \times 100$$

dengan X_s adalah rata-rata nilai dari performa genotipe terpilih dan X_0 adalah rata-rata nilai dari populasi genotipe yang digunakan.

Seluruh analisis di atas dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Ms. Excel 2019 dan RStudio (R versi 4.5.1) dengan *package* “metan” (Olivoto dan Lúcio, 2020).

3 Hasil dan Pembahasan

Performa dan parameter genetik karakter gandum

Performa karakter agronomi dan komponen hasil gandum disajikan pada Tabel 1, yang menunjukkan rata-rata umur berbunga dan umur panen masing-masing adalah 71.93 hari dan 105.27 hari. Rata-rata tinggi tanaman adalah 52.54 cm, yang mengindikasikan tipe tanaman *semi-dwarf* (setengah kerdil) yang secara agronomis menguntungkan karena memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap kerebahan. Performa anakan tergolong moderat, dengan nilai rata-rata 6.16 anakan dan 4.99 anakan produktif per tanaman, yang menunjukkan kelangsungan hidup anakan yang efisien serta kontribusinya terhadap pembentukan hasil (Firmansah et al., 2024). Jumlah anakan total dan anakan produktif merupakan komponen hasil utama, yang sering kali berkontribusi positif terhadap hasil ketika genotipe mampu mempertahankan kelangsungan hidup anakan yang efektif. Nilai rata-rata yang moderat pada anakan total (6.16) dan anakan produktif (4.99) mengindikasikan kelangsungan hidup anakan yang efektif, yang menyiratkan rendahnya laju aborsi anakan. Pola performa ini mencerminkan keseimbangan *source* dan *sink* yang efisien, serta menunjukkan bahwa genotipe-genotipe tersebut mampu mempertahankan

anakan produktif di bawah kondisi lingkungan tropis yang berpotensi membatasi pertumbuhan (Sattar et al., 2023; Mmbando, 2025).

Produktivitas gandum merupakan hasil dari performa terintegrasi beberapa komponen hasil, terutama jumlah anakan produktif, karakter malai (*spike*), fertilitas malai, jumlah biji, dan bobot biji. Dalam penelitian ini, panjang malai (4.24–10.87 cm) dan jumlah floret (14.80–42.42) menunjukkan variabilitas morfologi yang luas, mencerminkan perbedaan potensi reproduksi antar genotipe. Nilai yang bervariasi pada jumlah biji per malai utama (7.45–28.94) mengindikasikan adanya perbedaan efisiensi fertilisasi dan kelangsungan hidup floret. Selain itu, bobot malai (0.73–1.83 g) dan berat biji malai utama (0.36–1.38 g) mencerminkan variabilitas akumulasi asimilat. Menariknya, bobot 100 biji memiliki rentang sempit (rata-rata 4.33 g), yang menunjukkan bahwa variasi hasil antargenotipe lebih ditentukan oleh kapasitas sink (jumlah anakan dan jumlah biji) daripada ukuran biji individu. Performa komponen ini menjadi parameter krusial dalam seleksi gandum di lingkungan tropis dan kondisi cekaman abiotik (Al-Ashkar et al., 2023; Mutanda et al., 2024).

Tabel 1. Statistik deskriptif seluruh karakter menggunakan rata-rata tersesuaikan

Karakter	Minimum	Maksimum	SE	Rataan	KK (%)
Umur berbunga	61.33	80.93	4.51	71.93	5.05
Umur panen	94.67	111.27	3.84	105.27	3.28
Tinggi tanaman	45.29	68.08	5.83	52.54	9.43
Jumlah anakan	4.68	9.64	1.01	6.16	15.08
Jumlah anakan produktif	3.80	7.49	0.80	4.99	16.54
Panjang malai	4.24	10.87	1.34	7.88	23.39
Jumlah floret malai utama	14.80	42.42	7.28	30.93	7.025
Jumlah <i>spikelet</i> malai utama	3.43	13.66	2.31	7.93	28.4
Bobot malai utama	0.73	1.83	0.37	1.22	9.62
Berat biji malai utama	7.45	28.94	5.26	15.91	28.458
Jumlah biji malai utama	0.36	1.38	0.23	0.74	30.27
Bobot 100 biji	3.86	5.11	0.34	4.33	0.70

SE, standar error; KK, koefisien keragaman

Estimasi parameter genetik menunjukkan perbedaan nyata antar karakter dalam hal besarnya variabilitas genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik harapan (Tabel 2). Nilai koefisien keragaman fenotipik (KKF) lebih tinggi daripada koefisien keragaman genotipik (KKG) pada seluruh karakter, dengan nilai perbedaan yang sangat kecil antara KKF dan KKG, kecuali pada karakter tinggi tanaman, karakter anakan (JA dan JAP), jumlah spikelet dan jumlah biji pada malai utama (JSMU dan JSMU), serta berat biji malai utama (BBMU). Perbedaan yang tinggi antara KKF dan KKG mengindikasikan bahwa karakter-karakter tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Regmi et al., 2021). Parameter genetik untuk karakter fenologi (umur berbunga dan umur panen), tinggi tanaman, dan karakter anakan dicirikan oleh koefisien variasi genotipik yang rendah ($KKG < 10\%$), heritabilitas arti luas rendah-moderat, serta *genetic advance per mean* (GAM) yang rendah. Sebaliknya, karakter komponen hasil yang berkaitan dengan arsitektur malai, seperti jumlah floret pada

malai utama, jumlah biji per malai utama, dan bobot malai utama, menunjukkan nilai KKG yang tinggi (20.58–27.09%), heritabilitas moderat hingga sangat tinggi (33.50–90.83%), dan kemajuan genetik yang tinggi (24.58–52.54%). Pola ini menunjukkan adanya variasi genetik yang substansial dengan proporsi pengaruh gen aditif yang besar. Meskipun bobot 100 biji menunjukkan heritabilitas yang sangat tinggi (99.10%), nilai KKG-nya yang rendah mengindikasikan variabilitas fenotipik yang terbatas; hal ini menunjukkan bahwa karakter tersebut stabil secara genetik namun kurang berkontribusi terhadap perbedaan performa hasil antar genotipe.

Tabel 2. Parameter genetik pada karakter yang diamati

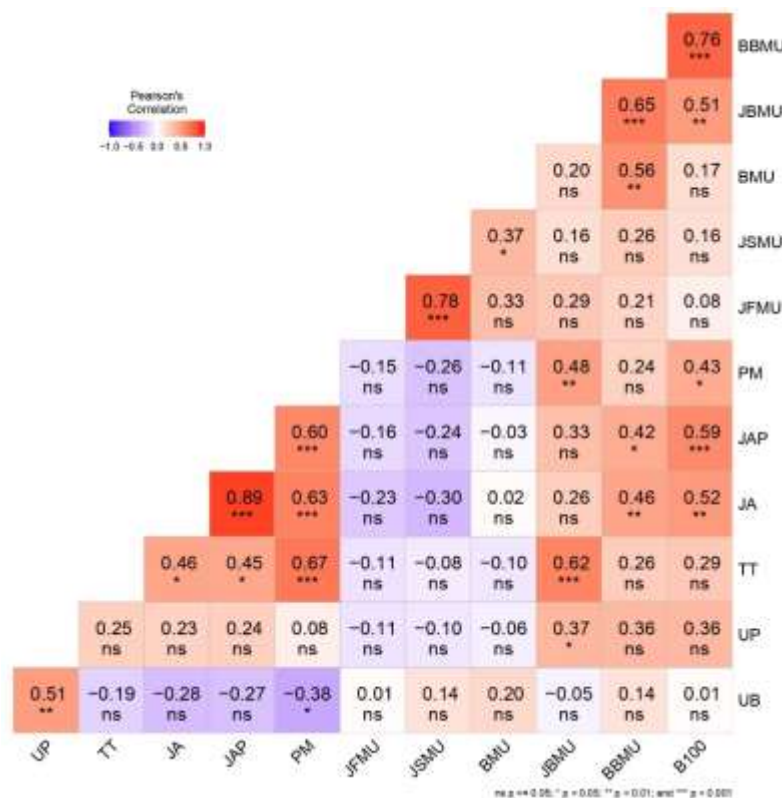
Parameter Genetik	UB	UP	TT	JA	JAP	PM
Keragaman fenotipik	20.54	15.03	35.35	1.16	0.72	4.25
Keragaman genotipi	7.41	3.06	10.35	0.31	0.04	0.80
KKG	3.78	1.66	6.12	9.06	3.98	11.36
Kategori KKG	Low	Low	Low	Low	Low	Medium
KKF	6.30	3.68	11.32	17.47	17.06	26.15
Kategori KKF	Low	Low	Medium	Medium	Medium	High
h_{bs}^2	36.07	20.36	29.27	26.88	5.44	18.87
Kategori hBs	Medium	Low	Low	Low	Low	Low
Genetic Advance	3.37	1.63	3.59	0.60	0.10	0.80
GAM	4.69	1.55	6.83	9.69	1.91	10.18
Kategori GAM	Low	Low	Low	Low	Low	Medium
Parameter Genetik	JFMU	JSMU	BMU	JBMU	BBMU	B100
Keragaman fenotipik	48.13	6.08	0.12	32.03	0.06	0.10
Keragaman genotipi	43.72	1.13	0.11	10.73	0.01	0.10
KKG	21.38	13.40	27.09	20.58	14.91	7.40
Kategori KKG	High	Medium	High	High	Medium	Low
KKF	22.43	31.11	28.81	35.56	33.60	7.43
Kategori KKF	High	High	High	High	High	Low
h_{bs}^2	90.83	18.54	88.40	33.50	19.68	99.10
Kategori hBs	High	Low	High	Medium	Low	High
Genetic Advance	13.00	0.94	0.64	3.91	0.10	0.66
GAM	42.03	11.90	52.54	24.58	13.64	15.19
Kategori GAM	High	Medium	High	High	Medium	Medium

Keterangan: UB: umur berbunga; UP: umur panen; TT: tinggi tanaman (cm); JA: jumlah anakan; JAP: jumlah anakan produktif; PM: panjang malai (cm); JFMU: jumlah floret pada malai utama; JSMU: jumlah spikelet pada malai utama; BMU: bobot malai utama (g); BBMU: berat biji malai utama (g); JBMU: jumlah biji per malai utama; B100: bobot 100 biji (g); KKG: koefisien keragaman genotipik; KKF: koefisien keragaman fenotipik; ; h_{bs}^2 , heritabilitas arti luas; GAM: *genetic advance per mean*/kemajuan genetik harapan dalam persen dari rata-rata.

Korelasi dan analisis sidik lintas karakter seleksi

Analisis korelasi Pearson gambaran mengenai struktur hubungan antar karakter yang menentukan bobot biji pada gandum tropis (Gambar 1). Berdasarkan hasil korelasi, berat biji malai utama (BBMU) memiliki hubungan positif yang sangat kuat dan nyata ($r = 0.76^{**}$) dengan bobot 100 biji (B100). Hubungan ini mengindikasikan adanya sinergi antara kapasitas pengisian biji di malai utama dengan ukuran biji secara keseluruhan. Selain itu, jumlah anakan produktif (JAP juga menunjukkan korelasi positif yang signifikan ($r = 0.59^{**}$), yang menegaskan bahwa kemampuan tanaman dalam mempertahankan anakan hingga fase generatif merupakan kunci produktivitas di dataran tinggi tropis. Selain itu, korelasi positif yang nyata juga ditemukan pada karakter panjang malai (PM) dan jumlah biji per

malai utama (JBMU) terhadap bobot 100 biji. Hal ini menunjukkan bahwa struktur morfologi malai yang lebih panjang menyediakan ruang (*rachis*) yang lebih luas untuk perkembangan floret sehingga meningkatkan kapasitas tampung (*sink capacity*) tanaman. Karakter pengamatan lain memiliki nilai korelasi positif terhadap karakter utama bobot 100 biji, namun hanya karakter berat biji malai utama, jumlah biji malai utama, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, serta panjang malai yang memiliki nilai signifikansi.



Gambar 1. Korelasi Pearson antar karakter pengamatan

Keterangan: UB: umur berbunga; UP: umur panen; TT: tinggi tanaman (cm); JA: jumlah anakan; JAP: jumlah anakan produktif; PM: panjang malai (cm); JFMU: jumlah floret pada malai utama; JSMU: jumlah spikelet pada malai utama; BMU: bobot malai utama (g); BBMU: berat biji malai utama (g); JBMU: jumlah biji per malai utama; B100: bobot 100 biji (g)

Analisis lintas memberikan pemahaman mendalam terhadap pengaruh langsung dan tidak langsung dari karakter yang berkorelasi signifikan terhadap karakter utama (Tabel 3). BBMU memberikan pengaruh langsung positif tertinggi (0.85) terhadap bobot 100 biji, yang mengonfirmasi bahwa karakter ini adalah determinan utama dalam seleksi. Hal ini diduga karena distribusi translokasi asimilat pada saat pengisian biji lebih diprioritaskan ke malai utama dibandingkan ke malai anakan akibat dominasi apikal yang kuat sehingga menjadi faktor pendorong utama dalam peningkatan kualitas biji (Göçmen et al., 2024). Karakter lain seperti jumlah anakan produktif (JAP) dan panjang malai (PM) juga berpengaruh langsung terhadap performa dari bobot 100 biji, masing-masing 0.63 dan 0.34,

sehingga dapat dijadikan karakter seleksi secara langsung dalam memperoleh genotipe gandum dengan bobot biji terbaik.

Tabel 3. Pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung karakter seleksi untuk bobot 100 biji

Karakter	Pengaruh Langsung	Pengaruh Tidak Langsung					r
		JA	JAP	PM	JBMU	BBMU	
JA	-0.57		0.56	0.21	-0.07	0.39	0.52**
JAP	0.63	-0.51		0.20	-0.09	0.36	0.59**
PM	0.34	-0.36	0.38		-0.13	0.20	0.43*
JBMU	-0.26	-0.15	0.21	0.16		0.55	0.51**
BBMU	0.85	-0.26	0.26	0.08	-0.17		0.76**
Sisa				0.27			

Keterangan: JA: jumlah anakan; JAP: jumlah anakan produktif; PM: panjang malai (cm); BBMU: berat biji malai utama (g); JBMU: jumlah biji per malai utama, r: nilai korelasi.

Hasil lain dari karakter jumlah anakan, yang meskipun berkorelasi positif, memiliki pengaruh langsung negatif yang substansial (-0.57) terhadap karakter utama. Kalaitzidis et al. (2025) menyatakan bahwa terdapat kompetisi intraspesifik dalam memperebutkan fotoasimilat dan nutrisi pada fase vegetatif pada tanaman sereal yang mempunyai anakan, di mana proliferasi anakan yang berlebihan dapat bertindak sebagai *metabolic drain* dan mendepresiasi kualitas biji. Hal yang sama juga terjadi pada karakter jumlah biji pada malai utama. Walaupun demikian, pengaruh tidak langsung yang positif melalui karakter-karakter lain seperti JAP, PM, dan BBMU dapat mendorong efek negatif dari pengaruh langsung karakter JA dan JBMU. Hal ini mengimplikasikan bahwa seleksi berbasis jumlah anakan dan biji hanya akan efektif apabila disertai dengan efisiensi konversi anakan menjadi unit reproduktif yang produktif. Keandalan model analisis lintas dalam penelitian ini divalidasi oleh nilai residu yang rendah (0.27), yang mengindikasikan bahwa 73% total variansi bobot 100 biji berhasil dijelaskan secara akurat oleh karakter-karakter dalam model tersebut. Oleh karena itu, pemilihan genotipe gandum terbaik dengan menggunakan karakter-karakter ini memerlukan strategi dalam mengombinasikan karakter-karakter yang ideal.

Seleksi dini gandum tropis menggunakan multi-karakter

Seleksi dini merupakan tahapan fundamental dalam program pemuliaan tanaman untuk mengidentifikasi dan menetapkan genotipe-genotipe superior pada populasi awal. Meskipun demikian, proses seleksi sering kali menghadapi kompleksitas tinggi akibat adanya keterbatasan dalam mendefinisikan kriteria genotipe yang benar-benar ideal secara komprehensif. Penggunaan kriteria seleksi yang hanya bertumpu pada satu karakter tunggal sering kali tidak memberikan hasil yang optimal, karena metode tersebut mengabaikan performa serta kontribusi karakter agronomi lainnya yang saling berinteraksi. Oleh karena itu, penerapan kriteria seleksi berbasis banyak karakter (*multiple traits*)

menjadi strategi yang lebih efektif untuk memilih potensi genetik tanaman secara keseluruhan (Meier et al., 2021; Vieira et al., 2025).

Indeks MGIDI (*multi-trait genotype-ideotype distance index*) merupakan salah satu metode yang ideal untuk memetakan pemilihan genotipe secara presisi. Keunggulan MGIDI terletak pada kemampuannya mengintegrasikan analisis faktor secara simultan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan genotipe terpilih berdasarkan karakter seleksi yang diuji (Al-Ashkar et al., 2023; Silva et al., 2023). Berdasarkan analisis studi ini, G08, G21 dan G04 adalah genotipe yang teridentifikasi sebagai kandidat terbaik berdasarkan ideotipe dengan skor MGIDI masing-masing sebesar 1.83, 2.05, dan 2.08 (Tabel 4). Terdapat 8 genotipe gandum terpilih berdasarkan ranking MGIDI (Gambar 2a) dengan intensitas seleksi 25%, yaitu G08, G21, G04, G16, G10, G02, G07, dan G20. Genotipe-genotipe ini dapat dijadikan sebagai genotipe potensial untuk pengembangan pemuliaan gandum tahap awal.

Tabel 4. Nilai indeks MGIDI setiap genotipe gandum dari karakter seleksi

Geno	MGIDI	Geno	MGIDI	Geno	MGIDI
G1	4.48	G11	3.93	G21	3.17
G2	3.72	G12	4.15	G22	4.72
G3	5.59	G13	4.85	G23	5.23
G4	3.57	G14	5.59	G24	5.77
G5	5.25	G15	6.28	G25	4.55
G6	4.55	G16	3.58	G26	4.67
G7	3.84	G17	4.34	G27	4.82
G8	1.83	G18	4.73	G28	5.08
G9	4.15	G19	5.70	G29	5.87
G10	3.71	G20	3.92	G30	5.27

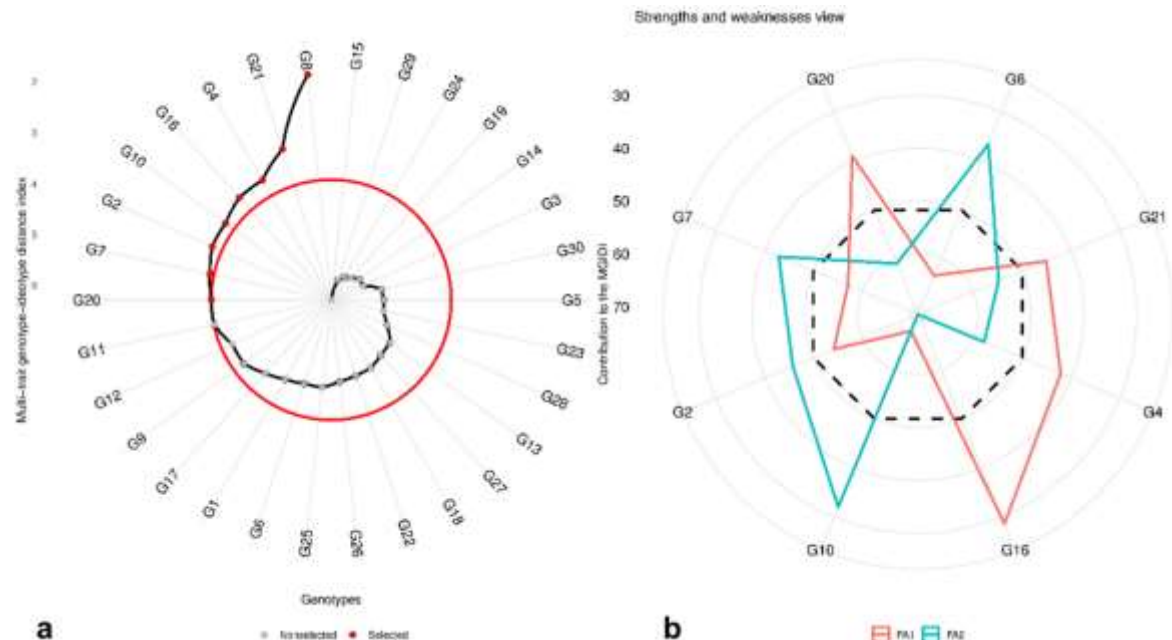
Table 5. Seleksi diferensial dari karakter seleksi

Karakter	Goal	Arah Seleksi	Faktor	Rataan		Seleksi Diferensial	
				X _o	X _s	SD	SD (%)
JA	Ya	+	FA1	6.16	6.81	0.65	10.51
JAP	Ya	+	FA1	4.99	5.50	0.51	10.17
PM	Ya	+	FA1	7.88	8.72	0.83	10.58
BBMU	Ya	+	FA2	15.91	20.12	4.21	26.43
JBMU	Ya	+	FA2	0.73	0.98	0.24	32.69
B100	Ya	+	FA2	4.33	4.75	0.42	9.65

Note: JA: jumlah anakan; JAP: jumlah anakan produktif; PM: panjang malai (cm); BBMU: berat biji malai utama (g); JBMU: jumlah biji per malai utama, B100, bobot 100 biji.

MGIDI memungkinkan pemetaan kemajuan seleksi yang akurat melalui perhitungan diferensial seleksi (SD). Hasil analisis pada Tabel 5 menunjukkan nilai SD positif pada seluruh karakter seleksi, terutama pada berat biji malai utama (BBMU) sebesar 32.69% dan jumlah biji per malai utama (JBMU) sebesar 26.43%. Indeks ini memiliki kemampuan dalam memberikan seleksi yang proporsional terhadap keseluruhan karakter seleksi dan

memberikan validitas MGIDI sebagai instrumen seleksi multivariat yang presisi. Olivoto dan Nardino (2021) yang menyatakan bahwa seleksi berbasis jarak ideotipe mampu meminimalkan bias dalam pemilihan genotipe sekaligus meningkatkan efisiensi seleksi pada karakter yang kompleks secara genetik.



Gambar 2. a) Peringkat genotipe gandum tropical berdasarkan nilai indeks MGIDI; b) *The strength and weaknesses* genotipe terpilih berdasarkan faktor analisis

Visualisasi kekuatan dan kelemahan genotipe (*strengths and weaknesses view*) pada Gambar 2b memberikan wawasan mendalam terhadap karakter agronomi genotipe yang terpilih melalui prosedur MGIDI. Genotipe G02, G07, G08 dan G10 menunjukkan profil kekuatan yang dominan pada *factor analysis* (FA) 1 yang berkaitan dengan karakter jumlah anakan (JA dan JAP) dan panjang malai. Sementara itu, genotipe lain (G04, G16, G20 dan G21) menunjukkan kekuatan terhadap FA2 yang beraosisasi dengan komponen hasil, yakni jumlah benih malai utama (JBMU) bobot benih malai utama (BBMU) dan bobot 100 biji (B100), yang mengindikasikan bahwa keunggulan genotipe-genotipe tersebut bertumpu pada kapasitas sink yang tinggi, yang merupakan determinan utama hasil di lingkungan tropis. Identifikasi kekuatan dan kelemahan spesifik ini memberikan informasi strategis bagi pemulia tanaman untuk melakukan perbaikan terfokus pada generasi berikutnya. Secara keseluruhan, identifikasi genotipe terpilih sebagai kandidat unggul memberikan basis genetik yang kuat untuk keberlanjutan program pemuliaan gandum di masa depan. Genotipe-genotipe ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut guna mempercepat ketersediaan varietas gandum yang adaptif dan berdaya hasil tinggi di lingkungan tropis.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan adanya variabilitas genetik yang luas pada seluruh karakter agronomi gandum yang diuji, dengan nilai heritabilitas tinggi pada komponen malai. Analisis lintas menetapkan berat biji malai utama sebagai determinan utama hasil karena memiliki pengaruh langsung positif terbesar terhadap bobot biji. Melalui indeks MGIDI, terpilih delapan genotipe unggul, yaitu G08, G21, G04, G16, G10, G02, G07, dan G20, yang memiliki keseimbangan karakter terbaik. Genotipe-genotipe tersebut sangat potensial untuk digunakan sebagai basis genetik dalam program pemuliaan gandum ke depan guna menghasilkan varietas yang adaptif di lahan tropis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Universitas Kristen Satya Wacana atas pendanaan kegiatan penelitian ini melalui hibah internal Penelitian Pemula tahun 2025 dengan nomor kontrak 123/RIK-RPM/08/2025, dan kepada teknisi, Bapak Sudar, atas bantuannya dalam melakukan eksperimen.

Daftar Pustaka

- Abdurezake, M., Bekeko, Z., & Mohammed, A. (2024). Genetic variability and path coefficient analysis among bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for yield and yield-related traits in bale highlands, southeastern Ethiopia. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 7(1), e20515. <https://doi.org/10.1002/agg2.20515>
- Al-Ashkar, I., Sallam, M., Almutairi, K. F., Shady, M., Ibrahim, A., & Alghamdi, S. S. (2023). Detection of high-performance wheat genotypes and genetic stability to determine complex interplay between genotypes and environments. *Agronomy*, 13(2), 585. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020585>
- Ali, N., Hussain, I., Ali, S., Khan, N. U., & Hussain, I. (2021). Multivariate analysis for various quantitative traits in wheat advanced lines. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.011>
- Altuhaish, A. A. K., & Yahya, S. (2014). Field adaptation of some introduced wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in two altitudes of tropical agro-ecosystem environment of Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 21(1), 31-38. <https://doi.org/10.4308/hjb.21.1.31>
- Bayisa, M., Debeli, G., & Kasahun, C. (2025). *Bread wheat consumption and its contribution to nutrition: A review of patterns, nutritional value, and policy implications* [Preprint]. <https://doi.org/10.20944/preprints202507.1135.v1>
- Beral, A., Rincet, R., Le Gouis, J., Girousse, C., & Allard, V. (2020). Wheat individual grain-size variance originates from crop development and from specific genetic determinism. *PLoS ONE*, 15(3), e0230689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230689>
- Castro-Urrea, F. A., Urricariet, M. P., Stefanova, K. T., Li, L., Moss, W. M., Guzzomi, A. L., Sass, O., Siddique, K. H. M., & Cowling, W. A. (2023). Accuracy of selection in early

- generations of field pea breeding increases by exploiting the information contained in correlated traits. *Plants*, 12(5), 1141. <https://doi.org/10.3390/plants12051141>
- Fadli, M., Farid, M., Yassi, A., Nasaruddin, Anshori, M. F., Nur, A., & Suratman. (2021). Evaluation of the advanced yield trial on tropical wheat (*Triticum aestivum*) mutant lines using selection index and multivariate analysis. *Biodiversitas*, 23(1), 540-547. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230158>
- Firmansah, H., Wahyu, Y., & Nur, A. (2024). Performance of convergent breeding wheat (*Triticum aestivum* L.) lines in the lowlands. *Journal of Tropical Crop Science*, 11(1), 9–18. <https://doi.org/10.29244/jtcs.11.01.9-18>
- Ghazy, A., Romdhane, W. B., Alotaibi, M., Al-Doss, A., Dahrog, O., Al-Suhaibani, N., Al-Qurainy, F., & Al-Ashkar, I. (2025). Selection of suitable wheat genotypes under thermal stress and complex genotype-environment interaction using stability analyses and selection indices. *PeerJ*, 13, e20061. <https://doi.org/10.7717/peerj.20061>
- Göçmen, D. B., Balkan, A., Bilgin, O., & Başer, İ. (2024). Changes for grain yield and spike characters in early segregating generations of bread wheat crosses. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 10(2), 77-84.
- Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T. T., & Erenstein, O. (2021). Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 617009. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>
- Kalaitzidis, A., Kadoglidou, K., Mylonas, I., Ghoghoberidze, S., Ninou, E., & Katsantonis, D. (2025). Investigating the impact of tillering on yield and yield-related traits in European rice cultivars. *Agriculture*, 15(6), 616. <https://doi.org/10.3390/agriculture15060616>
- Khedwal, R. S., Chaudhary, A., Sindhu, V. K., Yadav, D. B., Kumar, N., Chhokar, R. S., Sharma, R. K., & Sharma, I. (2023). Challenges and technological interventions in rice-wheat system for resilient food-water-energy-environment nexus in north-western indo-Gangetic Plains: A review. *Cereal Research Communications*, 51, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s42976-023-00355-9>
- Kuru, B., Menzir, A., & Kassa, M. (2025). Genetic parameters, association of traits and selection of durum wheat genotypes (*Triticum turgidum* L. Var. Durum) advanced lines at Injibara, Northwestern Ethiopia. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8(2), e70143. <https://doi.org/10.1002/agg2.70143>
- Meier, C., Marchioro, V. S., Meira, D., Olivoto, T., & Klein, L. A. (2021). Genetic parameters and multiple-trait selection in wheat genotypes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 51, e67996. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167996>
- Mezzomo, H. C., Casagrande, C. R., Azevedo, C. F., Bore, A., Barros, W. S., & Nardino, M. (2023). Genetic parameters and selection gain in tropical wheat population via Bayesian inference. *Ciência Rural*, 53(7), e20220043. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220043>
- Mmbando, G. S. (2025). Tiller number: An essential criterion for developing high-yield and stress-resilient cereal crops. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 71(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/03650340.2025.2464662>
- Mutanda, M., Figlan, S., Chaplot, V., Madala, N., & Shimelis, H. (2024). Selection of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using yield components, water use efficiency and major metabolites under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210(4), e12766. <https://doi.org/10.1111/jac.12766>
- Olivoto, T., & Lúcio, A. D. (2020). Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 783–789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

- Olivoto, T., & Nardino, M. (2021). MGIDI: Toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformatics*, 37(10), 1383–1389. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btaa981>
- Öztürk, İ., Şen, A., Kılıç, T. H., & Şili, Ş. (2020). Selection of advanced mutant wheat (*Triticum aestivum* L.) lines based on yield and quality parameters. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(1), 87-95. <https://doi.org/10.30910/turkjans.680019>
- Pradhan, S., Babar, M. A., Robbins, K., Bai, G., Mason, R. E., Khan, J., Archibald, E. R., & Murphy, J. P. (2019). Understanding the genetic basis of spike fertility to improve grain number, harvest index, and grain yield in wheat under high temperature stress environments. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1481. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01481>
- Priyanto, S. B., Efendi, R., & Zainuddin, B. (2023). Genetic variability, heritability and path analysis for agronomic characters in hybrid maize. *Jurnal Kultivasi*, 22(1), 26-35. <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v22i1.38807>
- Regmi, S., Poudel, B., Ojha, B. R., Kharel, R., Joshi, P., Khanal, S., & Kandel, B. P. (2021). Estimation of genetic parameters of different wheat genotype traits in Chitwan, Nepal. *International Journal of Agronomy*, 2021, 6651325. <https://doi.org/10.1155/2021/6651325>
- Riyanto, A., Oktaviani, E., Wulansari, N. K., & Haryanto, T. A. D. (2024). Genetic parameters of yield component and yield in M1 rice (*Oryza sativa* L.) generation irradiated with gamma-ray. *Jurnal Kultivasi*, 23(2), 154-161. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v23i2.55129>
- Sattar, A., Nanda, G., Singh, G., Jha, R. K., & Bal, S. K. (2023). Responses of phenology, yield attributes, and yield of wheat varieties under different sowing times in Indo-Gangetic Plains. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1224334. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1224334>
- Silva, C. M. E., Mezzomo, H. C., Ribeiro, J. P. O., Freitas, D. S. D., & Nardino, M. (2023). Multi-trait selection of wheat lines under drought-stress conditions. *Bragantia*, 82, e20220254. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20220254>
- Supriadi, D., Bimantara, Y. M., Zendrato, Y. M., Widaryanto, E., Kuswanto, & Waluyo, B. (2026). Associations and multi-traits selection for identifying superior and stable maize hybrids (*Zea mays* L.) under tropical regions. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 41(1), 17-31. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v41i1.107896>
- Tareque, A. M. M. M. U., Hassan, L., Habib, M. A., Nayak, S., & Robin, A. H. K. (2025). Estimation of genetic parameters in hybrid and F2 generations of aromatic fine rice for breeding improvement. *BMC Plant Biology*, 25(1), 1080. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07155-9>
- Vieira, R. A., Nogueira, A. P. O., & Fritsche-Neto, R. (2025). Optimizing the selection of quantitative traits in plant breeding using simulation. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1495662. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1495662>
- Yamini, V., Singh, K., Antar, M., & El Sabagh, A. (2025). Sustainable cereal production through integrated crop management: A global review of current practices and future prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1428687. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1428687>

Pertumbuhan Benih Bungli (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) Melalui Diferensiasi Ukuran Biji

Agung Kurnia^{1*}, M. Gilang Ramadhani¹, Wirat Frayoga¹, Yun Alwi¹, Rahmi Dianita¹, Henny H²

¹Fakultas Peternakan, Universitas Jambi

²Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Jl. Jambi-Ma. Bulian KM.15 Mendalo Indah, Jambi Luar Kota, Muaro Jambi 36361

Email: agungkurnia@unja.ac.id

Submit : 02-04-2026

Revisi : 30-05-2026

Diterima : 15-06-2026

ABSTRACT

*Bungli (*Oroxylum indicum*) is a tropical tree species with significant ecological, cultural, and pharmacological value across Asia, including Indonesia. In Jambi, particularly around the Muaro Jambi Temple complex, this species holds historical and spiritual importance and has long been utilized in traditional medicine. However, its existence is increasingly threatened by overexploitation, habitat degradation, and land-use conversion. This study was conducted in a greenhouse located in Jambi and aimed to evaluate the effect of seed size on seed vigor and early seedling growth of Bungli. Successful conservation efforts are highly dependent on seed quality, particularly vigor, which determines germination performance and seedling establishment. Seed size is closely associated with nutrient reserves that support embryo development. Larger seeds generally exhibit higher vigor, faster germination, and superior seedling growth. The results demonstrated that medium-sized seeds (13–15 mm) and large seeds (16–17 mm) consistently produced seedlings with greater plant height, higher leaf number, and longer root systems compared to small seeds (11–12 mm). Therefore, seed size selection is a critical factor in nursery practices to support sustainable conservation strategies for Bungli. Further studies are recommended to assess long-term growth performance and the phytochemical content of seedlings with varying vigor levels.*

Keywords: Bungli, Conservation, Jambi, *Oroxylum indicum*, Seed size, Seed vigor, Seedling growth

ABSTRAK

Bungli (*Oroxylum indicum*) merupakan pohon tropis yang memiliki nilai ekologis, budaya, dan farmakologis tinggi di Asia, termasuk Indonesia. Di Jambi, khususnya kawasan Candi Muaro Jambi, tanaman ini memiliki makna historis dan spiritual serta dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional. Namun, keberadaannya terancam akibat eksploitasi berlebih, kerusakan habitat, serta alih fungsi lahan. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca yang berlokasi di Jambi dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran biji terhadap vigor dan pertumbuhan awal bibit Bungli. Keberhasilan konservasi sangat dipengaruhi oleh kualitas benih, terutama vigor yang menentukan kemampuan berkecambah dan tumbuh secara optimal. Ukuran benih berhubungan erat dengan cadangan makanan yang mendukung perkembangan embrio. Benih berukuran lebih besar umumnya memiliki vigor lebih tinggi, mampu berkecambah lebih cepat, serta menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih berukuran sedang (13–15 mm) dan besar (16–17 mm) menghasilkan bibit dengan tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar yang lebih unggul dibandingkan benih kecil (11–12 mm). Oleh karena itu, pemilihan ukuran benih menjadi faktor penting dalam pembibitan untuk mendukung upaya konservasi Bungli secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan

diperlukan untuk mengevaluasi pertumbuhan jangka panjang serta kandungan fitokimia bibit.

Kata kunci: Bungli, Jambi, Konservasi, *Oroxylum indicum*, Pertumbuhan bibit, Ukuran benih, Vigor benih

1 Pendahuluan

Bungli (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) merupakan pohon meranggas berukuran kecil hingga sedang yang memiliki peran besar dalam lanskap ekosistem tropis dan subtropis Asia. Spesies ini tersebar luas mulai dari kaki bukit Himalaya di India, melalui Asia Tenggara termasuk Indonesia, hingga ke wilayah selatan Cina dan Filipina (Negi et al., 2024). Di Indonesia, terutama di Provinsi Jambi, eksistensi Bungli memiliki keterkaitan historis dan spiritual yang mendalam, dimana tanaman ini tumbuh subur di sekitar kawasan Candi Muaro Jambi dan sering digunakan dalam ritual keagamaan Buddha. Bungli merupakan salah satu tumbuhan kunci dalam upaya konservasi terintegrasi. Bungli juga merupakan warisan budaya yang hidup (*living heritage*) yang telah digunakan oleh para pendahulu sebagai bahan obat-obatan (Basori & Suprpto, 2022).

Bungli dikenal dengan nama "pohon tulang patah" (*broken bones tree*) karena tangkai daunnya yang besar akan layu dan rontok hingga terkumpul di pangkal batang, menyerupai tumpukan tulang. Buah Bungli berbentuk kapsul pipih menyerupai pedang dengan panjang yang dapat mencapai satu meter, berisi ribuan biji tipis bersayap perak yang menyerupai kupu-kupu saat tertiu angin (Saudagar et al., 2022; Ahad et al., 2012). Bungli dapat dimanfaatkan sebagai pangan, pakan, dan farmakologis. Bagian akar, kulit batang, daun, hingga biji mengandung senyawa bioaktif golongan flavonoid seperti *baicalein*, *chrysin*, dan *oroxylin-A* (Kumar et al., 2024). Senyawa-senyawa ini memberikan aktivitas biologis sebagai anti-inflamasi, anti-mikroba, anti-kanker, dan imunostimulan (Sharma et al., 2022). Di India, akar Bungli merupakan komponen vital dalam formulasi pengobatan tradisional (*Ayurveda*) seperti *Dashmula* dan *Chyavanprash*. Spesies ini juga telah dikategorikan sebagai rentan dan terancam punah di beberapa negara bagian di India dan memerlukan perhatian serius untuk konservasi genetik melalui teknik propagasi yang efektif (Tamta et al., 2024). Keberadaan populasi Bungli di Jambi juga mengalami ancaman akibat eksploitasi yang tidak terkendali, kerusakan habitat, serta konversi lahan menjadi perkebunan kelapa sawit dan industri pertambangan batubara di sekitar situs Muaro Jambi (Basori & Suprpto, 2022).

Keberhasilan restorasi populasi adalah melalui penyediaan bibit dengan mutu fisik dan fisiologis benih yang berkualitas tinggi. Fase perkecambahan merupakan tahap penting untuk menentukan keberhasilan pembentukan individu baru. Vigor benih didefinisikan sebagai himpunan sifat-sifat benih yang menentukan potensi tingkat aktivitas dan kinerjanya selama perkecambahan dan kemunculan bibit. Vigor merupakan atribut

kuantitatif yang dipengaruhi oleh faktor genetik, kondisi lingkungan produksi, serta ukuran benih itu sendiri. Benih dengan vigor tinggi mampu tumbuh secara serempak dan cepat bahkan di bawah kondisi lingkungan yang suboptimal (Basu & Groot, 2023; Reed et al., 2022).

Ukuran benih berkorelasi positif dengan jumlah cadangan makanan yang tersimpan dalam endosperma atau kotiledon. Cadangan makanan ini sebagai sumber energi utama selama proses perkecambahan sebelum bibit mampu melakukan fotosintesis secara mandiri. Benih yang berukuran besar umumnya mengandung embrio yang lebih besar dan cadangan energi yang lebih banyak, sehingga memberikan daya dorong (*driving force*) yang lebih kuat bagi radikula untuk menembus media tanam dan bagi plumula untuk muncul ke permukaan. Benih berukuran kecil sering kali memiliki vigor yang lebih rendah dan lebih rentan terhadap serangan patogen atau kegagalan tumbuh jika kondisi lingkungan tidak mendukung. Fornah et al. (2017) menyatakan bahwa ukuran benih terbaik yang direkomendasikan untuk digunakan adalah benih berukuran besar karena kemampuannya berkecambah dengan cepat. Benih berukuran besar dan lebih berat disarankan karena akan mempercepat kematangan awal *Gmelina arborea*. Menanam bibit *Gmelina* untuk menghasilkan bibit yang lebih besar dengan cara memilih dan menanam benih dengan ukuran besar dan sedang. Hubungan antara dimensi benih dan kapasitas pertumbuhan vegetatif awal sangat penting untuk pembibitan Bungli yang efisien dalam mendukung upaya konservasi plasma nutfah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran biji terhadap pertumbuhan Bungli.

2 Materi Dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca yang berlokasi di Jambi, dengan memanfaatkan benih asli yang dikumpulkan dari tanaman induk di sekitar kompleks Candi Muaro Jambi. Penggunaan benih dari sumber lokal ini krusial untuk memastikan adaptabilitas bibit terhadap kondisi edafik dan klimatik setempat.

Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan ukuran biji yang dibedakan berdasarkan dimensinya:

B1 = benih ukuran kecil (dimensi panjang 11-12mm)

B2 = benih ukuran sedang (dimensi panjang 13-15mm)

B3 = benih ukuran besar (dimensi panjang 16-17mm)

Sebanyak 18 unit percobaan disiapkan, dimana setiap unit terdiri dari dua bibit, sehingga total sampel mencapai 36 bibit. Benih yang sudah diukur sesuai perlakuan di tanam pada pot nursery. Benih dibiarkan tumbuh sampai muncul 3 daun dengan umur +30 hari. Setelah itu bibit yang sudah mempunyai 3 helai daun dipindahkan ke pot penelitian. Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah dan pasir dengan

perbandingan 1:1, yang bertujuan untuk menciptakan porositas yang baik bagi pertumbuhan akar. Penelitian untuk mengamati pertumbuhan Bungli ini dilakukan selama 30 hari selanjutnya. Parameter yang diamati mencakup jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman, dan panjang akar utama, berat kering tajuk dan akar serta rasio tajuk dan akar.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan Analysis of Variance dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$) untuk mengidentifikasi perbedaan antarpelakuan secara signifikan.

3 Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perbedaan ukuran biji memberikan pengaruh yang nyata terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan vegetatif Bungli, terkecuali pada diameter batang. Fenomena ini menggaris bawahi pentingnya seleksi benih berdasarkan ukuran fisik dalam manajemen pembibitan.

Tabel 1. Rataan Jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman dan panjang akar tanaman Bungli yang ditanam dengan ukuran biji berbeda

Perlakuan	Jumlah Daun (helai/tanaman)	Diameter Batang (mm/tanaman)	Tinggi Tanaman (cm/tanaman)	Panjang Akar (cm/tanaman)
B1 (kecil)	5,7 ^b	2,2	8,1 ^b	9,0 ^b
B2 (sedang)	7,7 ^a	2,4	10,8 ^a	13,0 ^a
B3 (besar)	7,5 ^a	2,5	10,5 ^a	11,2 ^{ab}

Keterangan: huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Jumlah daun

Daun merupakan organ asimilasi utama yang menentukan kapasitas autotrofik bibit setelah cadangan makanan dalam biji habis. Hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) dalam jumlah daun yang dihasilkan oleh bibit dari berbagai ukuran biji. Bibit yang berasal dari biji berukuran sedang (B2) dan besar (B3) menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan biji kecil (B1). Hal ini mengindikasikan bahwa cadangan energi yang melimpah pada biji besar dan sedang memungkinkan tanaman untuk melakukan diferensiasi primordia daun secara lebih cepat dan intensif pada fase awal pertumbuhan. Jumlah daun yang lebih banyak berimplikasi langsung pada luas permukaan daun total, yang secara proporsional meningkatkan intersepsi cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Jumlah anak daun dari semai petai yang berasal dari bobot biji > 3 g paling banyak dan hanya berbeda nyata dengan jumlah daun dari semai yang berasal dari biji dengan bobot 1,5-1,8 g (Indriyani & Emilda, 2020).

Daun berfungsi sebagai organ utama fotosintesis pada tumbuhan, efektif dalam penyerapan cahaya dan cepat dalam pengambilan CO_2 (Tambaru, 2024; Khafid et al., 2021). Benih berukuran besar memberikan hasil perkecambahan terbaik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan benih berukuran sedang dan kecil. Ukuran benih

Gmelina arborea yang besar menunjukkan kinerja terbaik dan direkomendasikan untuk mendapatkan kecambah yang optimal dan kekuatan bibit yang baik (Owoh et al., 2011).

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan indikator vigor yang paling umum digunakan dalam menilai kualitas bibit pohon hutan. Pada Bungli, tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh cadangan nutrisi awal dari benih. Bibit dari biji ukuran sedang (B2) mencapai tinggi rata-rata maksimal sebesar 10,8 cm, tidak berbeda nyata dengan biji besar (B3) yang mencapai 10,5 cm. Tinggi tanaman pada perlakuan B2 dan B3 mencerminkan aktivitas *meristem apikal* yang lebih dinamis, didukung oleh ketersediaan karbohidrat yang stabil untuk proses pembelahan dan pemanjangan sel batang. Benih yang lebih berat cenderung menghasilkan bibit yang lebih tinggi karena memiliki energi kinetik yang lebih besar untuk mendorong pertumbuhan *plumula* pertumbuhan awal yang lebih baik

Biji yang lebih besar memiliki cadangan makanan dan energi yang lebih besar, sehingga memiliki kemampuan tumbuh lebih cepat dan membentuk sistem perakaran yang lebih kuat serta membangun struktur vegetatif, termasuk batang yang lebih tinggi (Riyanti, 2022). Tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh aktivitas pembelahan dan pemanjangan sel yang memerlukan energi dan nutrisi, terutama pada fase awal sebelum fotosintesis berlangsung secara efektif. Biji yang lebih besar mampu menyediakan energi untuk mendukung aktivitas ini secara lebih optimal (Pratama et al., 2014). Tinggi tanaman berkorelasi dengan jumlah daun pada bibit dan oleh karena itu memberikan perkiraan kapasitas fotosintesis dan luas transpirasi.

Diameter Batang

Berbeda dengan parameter lainnya, diameter batang tidak menunjukkan respons yang signifikan terhadap perbedaan ukuran biji Bungli pada usia 30 hari. Meskipun terdapat tren peningkatan diameter seiring dengan peningkatan ukuran biji (B3 memiliki diameter rata-rata terbesar, yaitu 2,5 mm), perbedaan ini secara statistik tidak nyata ($p > 0,05$).

Fenomena ini menunjukkan bahwa pada fase pertumbuhan awal (30 hari pertama), alokasi fotosintat dan cadangan makanan Bungli lebih diprioritaskan untuk pemanjangan vertikal (tinggi) dan ekspansi organ asimilasi (daun) daripada pertumbuhan radial batang. Pertumbuhan diameter batang melibatkan aktivitas kambium vaskular yang biasanya memerlukan waktu lebih lama dan dipengaruhi secara kuat oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya dan ketersediaan air daripada sekadar cadangan awal biji.

Diameter batang sering dianggap sebagai prediktor terbaik untuk kelangsungan hidup di lapangan karena mencerminkan kapasitas transportasi vaskular dan ketahanan mekanis tanaman (Olson et al., 2021; Turley & Etchells, 2022). Ukuran biji yang lebih besar tidak selalu menghasilkan diameter batang yang lebih besar karena pertumbuhan diameter dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik, kondisi lingkungan, dan ketersediaan sumber

daya selama pertumbuhan bibit (Tumpa et al., 2021; Badano & Sánchez-Montes De Oca, 2022)

Panjang Akar

Sistem perakaran yang berkembang baik merupakan fondasi bagi bibit untuk bertahan hidup dalam kondisi stres lingkungan. Ukuran biji terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar utama Bungli. Akar terpanjang ditemukan pada perlakuan biji ukuran sedang (B2) dengan rata-rata 13,0 cm dan tidak berbeda dengan biji besar (B3) dengan rata-rata 11,2cm. Biji berukuran besar dan sedang menyediakan cadangan nutrisi yang lebih melimpah untuk mendorong penetrasi radikula ke dalam media tanam, sehingga memungkinkan bibit untuk menjangkau sumber air dan unsur hara lebih dalam sejak dini. Pertumbuhan akar yang cepat ini sangat penting untuk mendukung peningkatan kebutuhan transpirasi seiring dengan bertambahnya jumlah daun.

Menurut Boccaccini et al., (2024) dan Day & Şahin (2024), ukuran biji dapat memengaruhi panjang akar pada fase penyemaian, tetapi pengaruh tersebut tidak selalu bersifat langsung atau konsisten pada semua spesies. Biji berukuran lebih besar mampu mendukung pertumbuhan akar primer yang lebih cepat dan lebih panjang pada tahap awal perkecambahan. Setelah cadangan makanan dalam biji mulai habis, panjang akar lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti media tanam, ketersediaan air, unsur hara, cahaya, dan karakter genetik tanaman.

Fotosintesis dan pertumbuhan akar memiliki hubungan timbal balik yang erat. Akar menyerap air dan unsur hara yang diperlukan daun untuk menjalankan proses fotosintesis, sedangkan hasil fotosintesis berupa sukrosa dan karbohidrat lainnya ditranslokasikan melalui floem menuju akar sebagai sumber energi untuk respirasi, pembelahan sel, dan pemanjangan akar. Panjang akar utama tidak hanya ditentukan oleh cadangan makanan dalam biji, tetapi juga dipengaruhi suplai fotosintat yang meningkat setelah tanaman membentuk tajuk dan fotosintesis berlangsung secara aktif (Wegner, 2022; Alrajhi et al., 2024).

Berat Kering Tajuk dan Akar

Biji besar (B3) menghasilkan tajuk seberat 1,08 g, hampir dua kali lipat dari biji kecil yang hanya 0,55 g. Pola yang sama terjadi pada akar, di mana B3 mencapai 0,98 g dibandingkan biji kecil yang hanya 0,45 g. Robinson (2023), menyatakan bahwa berat tajuk dan berat akar sering digunakan untuk menghitung rasio tajuk : akar (shoot:root ratio). Rasio ini menunjukkan pola alokasi biomassa tanaman antara organ di atas dan di bawah permukaan tanah. Nilai rasio yang tinggi menunjukkan proporsi biomassa lebih banyak dialokasikan ke tajuk, sedangkan rasio yang rendah menunjukkan alokasi biomassa lebih besar ke sistem perakaran.

Tabel 2. Rataan berat kering tajuk dan akar tanaman Bungli yang ditanam dengan ukuran biji berbeda

Perlakuan	Berat Kering Tajuk (g/tanaman)	Berat Kering Akar (g/tanaman)	Rasio Tajuk:Akar
B1 (kecil)	0.55 ^a	0.45 ^a	1,22
B2(sedang)	0.75 ^b	0,73 ^b	1,03
B3 (besar)	1.08 ^c	0.98 ^c	1,10

Keterangan: Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Biji yang berukuran besar umumnya memiliki cadangan makanan (karbohidrat, protein, dan lemak) yang lebih banyak. Pada tahap awal pertumbuhan (umur 30 hari), tanaman sangat bergantung pada energi dari biji sebelum sistem fotosintesisnya berfungsi secara mandiri sepenuhnya. Pertumbuhan akar yang kuat pada biji besar (0,98 g) memungkinkan tanaman menyerap unsur hara dan air lebih efisien. Terdapat hubungan antara pertumbuhan tajuk dan akar, di mana akar yang luas mendukung pertumbuhan tajuk, dan tajuk yang lebar menyediakan hasil fotosintesis untuk perkembangan akar lebih lanjut. Ambika et al. (2014), menyatakan bahwa ukuran biji memiliki pengaruh yang kuat terhadap perkecambahan serta pertumbuhan dan penambahan biomassa tanaman. Biji yang lebih besar menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji yang lebih kecil. Seiring bertambahnya ukuran biji, produksi dan kepadatan malai, jumlah anakan, panjang batang utama, massa seribu biji, massa uji, daya tumbuh biji, dan hasil panen meningkat.

Nilai rasio tajuk : akar dengan kisaran 1,03 – 1,22 menunjukkan keseimbangan yang sangat baik antara kapasitas penyerapan air/hara oleh akar dan kapasitas fotosintesis oleh tajuk. Tanaman Bungli dengan biji kecil hingga besar lebih siap secara fisiologis karena alokasi biomassa antara bagian atas dan bawah tanah hampir seimbang. B1 (biji kecil) memiliki rasio 1,22 mengindikasikan bahwa pada biji kecil, tanaman cenderung memprioritaskan pertumbuhan tajuk (daun) terlebih dahulu untuk segera memulai fotosintesis karena cadangan energi di biji yang terbatas. Namun, akar yang lebih ringan berisiko membuat tanaman lebih rentan terhadap kekeringan. Sementara itu, B2 & B3 (biji sedang & besar) memiliki sistem perakaran yang jauh lebih kokoh secara proporsional. Mašková & Herben (2018) menemukan bahwa spesies berbiji besar memiliki keunggulan selama tahap pertumbuhan bibit berkat cadangan nutrisi yang tersedia dan siap digunakan. Hal ini berpengaruh pada rasio tajuk : akar secara konsisten lebih rendah pada bibit dengan massa biji yang lebih besar dan menurun seiring waktu (umur tanaman). Boccaccini et al. (2024) menambahkan bahwa Ukuran biji memengaruhi rasio tajuk : akar pada fase awal pertumbuhan bibit melalui besarnya cadangan makanan yang tersedia. Biji besar cenderung menghasilkan bibit dengan rasio tajuk : akar lebih rendah karena biomassa lebih banyak dialokasikan ke tajuk. Setelah cadangan benih habis, rasio ini lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (air, hara, cahaya) daripada ukuran biji.

4 Kesimpulan

Biji dengan ukuran sedang (13-15 mm) dan besar (16-17 mm) secara konsisten menghasilkan bibit dengan vigor yang lebih baik, tercermin dari jumlah daun yang lebih banyak, tinggi tanaman yang lebih superior, dan sistem perakaran yang lebih panjang dibandingkan dengan biji berukuran kecil (11-12 mm). Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan durasi pengamatan yang lebih lama (6-12 bulan) untuk mengevaluasi apakah keunggulan pertumbuhan dari biji besar akan tetap bertahan hingga fase dewasa, serta analisis biokimia terhadap kandungan fitokimia pada bibit dengan tingkat vigor yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Ahad, A., Ganai, A., Sareer, O., Najm, M. Z., Kausar, M. A., Mujeeb, M., & Siddiqui, W. (2012). Therapeutic Potential Of *Oroxylum Indicum*: A Review. *JOURNAL OF PHARMACEUTICAL RESEARCH AND OPINION*, 2(10), 163–172.
- Alrajhi, A., Alharbi, S., Beecham, S., & Alotaibi, F. (2024). Regulation of root growth and elongation in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1397337. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1397337>
- Ambika, S., Manonmani, V., & Somasundar, G. (2014). Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. *Research Journal of Seed Science*, 7(2), 31–38. <https://doi.org/10.3923/rjss.2014.31.38>
- Badano, E. I., & Sánchez-Montes De Oca, E. J. (2022). Seed fate, seedling establishment and the role of propagule size in forest regeneration under climate change conditions. *Forest Ecology and Management*, 503, 119776. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119776>
- Basorie, W. D., & Suprpto, Y. (2022). *Community pulls together to save medicinal plants in Indonesia*. eco-business. <https://www.eco-business.com/id/news/community-pulls-together-to-save-medicinal-plants-in-indonesia/>
- Basu, S., & Groot, S. P. C. (2023). Seed Vigour and Invigoration. Dalam M. Dadlani & D. K. Yadava (Ed.), *Seed Science and Technology* (hlm. 67–89). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_4
- Boccaccini, A., Cimini, S., Kazmi, H., Lepri, A., Longo, C., Lorrain, R., & Vittorioso, P. (2024). When Size Matters: New Insights on How Seed Size Can Contribute to the Early Stages of Plant Development. *Plants*, 13(13), 1793. <https://doi.org/10.3390/plants13131793>
- Day, S., & Şahin, N. K. (2024). Determination of Seed Size Properties of Soybean Cultivars and Their Response under Salinity during Early Growth. *LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL*, (Of). <https://doi.org/10.18805/LRF-780>
- Fornah, Y., Mattia, S. B., Otesile, A. A., & Kamara, E. G. (2017). Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 17(1), 28–34. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20170701.05>
- Indriyani, N. L. P., & Emilda, D. (2020). Pengaruh Bobot Biji terhadap Pertumbuhan Semai Petai (*Parkia speciosa* Hassk.). *JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN*, 16(1), 56–60. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.1.56>
- Khafid, A., Nurchayati, Y., & Suedy, S. W. A. (2021). Kandungan Klorofil dan Karotenoid

- Daun Salam (*Syzigium polyanthum* (Wight) Walp.) pada Umur yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 6(1), 74–80. <https://doi.org/10.14710/baf.6.1.2021.74-80>
- Kumar, S., Srivastava, N., Nahar, M., Kumar, V., Patil, A., Singh, S., & Arya, M. (2024). A Comprehensive Review Study on Ecological Landscape of *Oroxylum indicum*. *African Journal of Biological Sciences*, 6(14), 143–158.
- Mašková, T., & Herben, T. (2018). Root:shoot ratio in developing seedlings: How seedlings change their allocation in response to seed mass and ambient nutrient supply. *Ecology and Evolution*, 8(14), 7143–7150. <https://doi.org/10.1002/ece3.4238>
- Negi, P. S., Sandeep Sharma, Prasad, J., Sharma, D., Thakur, R., Chauhan, P., & Chauhan, A. (2024). Effect of Seed Sources on Germination Parameters and Seedling Vigor Index of *Oroxylum indicum* (L.) Kurtz: *Oroxylum Indicum* Seed Source Effect On Seedlings. *Annals of Arid Zone*, 63(2), 121–127. <https://doi.org/10.56093/aaz.v63i2.143493>
- Olson, M. E., Anfodillo, T., Gleason, S. M., & McCulloh, K. A. (2021). Tip-to-base xylem conduit widening as an adaptation: Causes, consequences, and empirical priorities. *New Phytologist*, 229(4), 1877–1893. <https://doi.org/10.1111/nph.16961>
- Owoh, P., Offiong, M., Udofia, S., & Ekanem, V. (2011). Effects of Seed Size on Germination and Early Morphological and Physiological Characteristics of *Gmelina Arborea*, Roxb. *African Research Review*, 5(6), 422–433. <https://doi.org/10.4314/afrr.v5i6.33>
- Pratama, H. W., Baskara, M., & Guritno, B. (2014). Pengaruh Ukuran Biji Dan Kedalaman Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Produksi Tanaman*, 2(7), 576–582.
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: Ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450–459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
- Riyanti, R. (2022). Pengaruh Skarifikasi dan Perbedaan Ukuran Biji Terhadap Perkecambahan Benih Kopi Robusta (*Coffea*, sp). *Juripol*, 5(2), 112–123. <https://doi.org/10.33395/juripol.v5i2.11696>
- Robinson, D. (2023). OPT-ing out: Root–shoot dynamics are caused by local resource capture and biomass allocation, not optimal partitioning. *Plant, Cell & Environment*, 46(10), 3023–3039. <https://doi.org/10.1111/pce.14470>
- Saudagar, I. A., Soni, R., Maravi, S., & Shirin, F. (2022). *Oroxylum indicum*: An Important Medicinal Tree Of Tropics. *International Society of Tropical Foresters*, 11(4).
- Sharma, K. G., Devi, T. L., Singh, O. M., & Singh, T. P. (22). *Oroxylum indicum* Vent.: A Review on its Phytochemical and Pharmacological Profile. *Asian Journal of Chemistry*, 34(3), 459–472. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2022.23479>
- Tambaru, E. (2024). Analisis Morfologi, Faktor Lingkungan dan Klorofil Daun *Cassia fistula* L. dan *Bauhinia acuminata* L. di Hutan Kota Universitas Hasanuddin. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 15(1), 15–22.
- Tamta, B. P., Uniyal, S., & Ghosh, R. (2024). Resource Assessment of *Oroxylum indicum* in Northern Indian States of Uttarakhand, Uttar Pradesh, Punjab and Haryana. *International Journal of Economic Plants*, 11(Nov, 4), 509–514. <https://doi.org/10.23910/2/2024.5703d>
- Tumpa, K., Vidaković, A., Drvodelić, D., Šango, M., Idžojić, M., Perković, I., & Poljak, I. (2021). The Effect of Seed Size on Germination and Seedling Growth in Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Forests*, 12(7), 858.

<https://doi.org/10.3390/f12070858>

Turley, E. K., & Etchells, J. P. (2022). Laying it on thick: A study in secondary growth. *Journal of Experimental Botany*, 73(3), 665–679. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab455>

Wegner, L. H. (2022). Empowering roots—Some current aspects of root bioenergetics. *Frontiers in Plant Science*, 13, 853309. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.853309>

Pengaruh Kelas Lereng terhadap Karakteristik Kimia Tanah Ultisol dan Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dian Triadiawarman^{1*}, Veronika Murtinah¹, Amprin¹

¹Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jl. Soekarno Hatta, Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur

Email korespondensi: diantriadi72@gmail.com

Submit: 20-04-2026

Revisi: 25-05-2026

Diterima: 15-06-2026

Abstract

This study aimed to evaluate the chemical characteristics of Ultisol soils under different slope classes and identify limiting factors affecting land suitability for oil palm cultivation in Tepian Indah Village, Bengalon District, East Kutai Regency, East Kalimantan, Indonesia. Soil samples were collected using a stratified random sampling method across three slope classes (0-8%, >8-15%, and >15-25%) at a depth of 0-30 cm. The analyzed parameters included soil pH, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, cation exchange capacity (CEC), and base saturation (BS). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), Duncan's Multiple Range Test (DMRT), Pearson correlation, simple linear regression, and land suitability evaluation using the matching and scoring methods. The results showed that all sites were characterized by very acidic soil conditions (pH 3.73-4.04), low organic carbon content (1.05-1.21%), very low CEC (4.02-5.29 cmol(+)/kg), and low available phosphorus and potassium. ANOVA revealed that slope classes significantly affected all observed soil properties ($p < 0.05$). Organic carbon exhibited a very strong positive correlation with base saturation ($r = 0.927$), whereas CEC showed a very strong negative correlation ($r = -0.985$). Land suitability evaluation classified all slope classes as marginally suitable (S3), with nutrient retention, nutrient availability, and erosion hazard (qualitatively assessed from slope class) identified as the main limiting factors. Land improvement through liming, organic matter application, balanced fertilization, and soil conservation practices is recommended to enhance soil quality and support sustainable oil palm production on sloping Ultisols.

Keywords: Land suitability, Oil palm, Slope gradient, Soil fertility, Ultisol

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kimia tanah Ultisol pada berbagai kelas lereng dan mengevaluasi faktor pembatas kesesuaian lahan untuk budidaya kelapa sawit di Desa Tepian Indah, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode stratified random sampling pada tiga kelas lereng, yaitu 0-8%, >8-15%, dan >15-25% dengan kedalaman 0-30 cm. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, C-organik, N-total, P tersedia, K tersedia, kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Data dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA), uji lanjut DMRT 5%, korelasi Pearson, regresi linear sederhana, serta evaluasi kesesuaian lahan menggunakan metode matching dan scoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh lokasi memiliki reaksi tanah sangat masam (pH 3,73-4,04), kandungan C-organik rendah (1,05-1,21%), KTK sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg), serta ketersediaan P dan K yang rendah. Analisis ragam menunjukkan bahwa kelas lereng berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati ($p < 0,05$). Kandungan C-organik memiliki korelasi positif sangat kuat dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$), sedangkan KTK menunjukkan korelasi negatif sangat kuat ($r = -0,985$). Evaluasi kesesuaian lahan mengindikasikan bahwa seluruh kelas lereng termasuk kelas S3 (sesuai marginal) dengan faktor pembatas utama berupa retensi hara, ketersediaan hara, dan bahaya erosi (dinilai secara kualitatif berdasarkan kelas kemiringan lereng). Perbaikan kualitas lahan melalui

pengapuran, penambahan bahan organik, pemupukan berimbang, dan konservasi tanah diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya kelapa sawit pada lahan Ultisol berlereng.

Kata kunci: Kelapa sawit, Kemiringan lereng, Kesesuaian lahan, Kesuburan tanah, Ultisol

1 Pendahuluan

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kesesuaian lahan, terutama kondisi tanah dan topografi yang menentukan kemampuan lahan dalam menyediakan air dan unsur hara bagi tanaman. Evaluasi karakteristik tanah pada berbagai kondisi bentang lahan menjadi aspek penting dalam mendukung pengelolaan perkebunan yang produktif dan berkelanjutan. Karakteristik fisik dan kimia tanah Ultisol yang dominan di wilayah Kalimantan sering kali mengalami degradasi akibat proses pencucian hara dan erosi yang dipicu oleh variasi kemiringan lereng (Rustam et al., 2025). Tanah Ultisol memiliki ciri tanah masam, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa yang bervariasi, serta rendahnya ketersediaan unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tetapi memiliki kedalaman efektif yang baik untuk pertumbuhan tanaman (Oksana et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas lahan sangat bergantung pada pengelolaan kesuburan tanah yang tepat dan pemberian input pupuk yang disesuaikan dengan karakteristik kimiawi tanah di setiap kelas lereng (Linus et al., 2025).

Topografi merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam mengendalikan proses pembentukan dan distribusi sifat-sifat tanah pada suatu lanskap. Variasi kemiringan lereng memengaruhi infiltrasi, limpasan permukaan, erosi, akumulasi bahan organik, serta redistribusi unsur hara di sepanjang toposekuen (Arthur & Okae-Anti, 2022). Pada lereng yang lebih curam, kehilangan tanah akibat erosi cenderung meningkat sehingga dapat menurunkan kualitas tanah dan mengurangi efisiensi pemanfaatan hara oleh tanaman. Sebaliknya, pada lereng yang lebih landai sering terjadi akumulasi partikel halus dan bahan organik yang berpotensi meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan unsur hara. Sejalan dengan hal tersebut, perbedaan posisi kelerengan ini secara nyata memengaruhi dinamika hara serta stabilitas struktur tanah di berbagai zona lanskap perkebunan (Setiawan et al., 2025).

Perubahan posisi lereng dapat menyebabkan variasi yang signifikan terhadap sifat fisik maupun kimia tanah. Kondisi tersebut diduga berkaitan erat dengan variasi kemiringan lereng yang memengaruhi distribusi bahan organik dan dinamika hara tanah (Bravo-Medina et al., 2023). Rendahnya unsur hara dalam tanah pada tiap-tiap kelerengan yang berbeda memerlukan pemupukan untuk mengoptimalkan produktivitas kelapa sawit dan strategi konservasinya (Wicaksono et al., 2023; Nasution et al., 2026).

Kabupaten Kutai Timur merupakan salah satu sentra perkebunan sawit di Kalimantan Timur. Luas lahan perkebunan mencapai 529.586,73 Ha pada tahun 2023 (BPS Kab. Kutai Timur, 2025). Areal perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kutai Timur berada pada lahan dengan kelerengan yang berbeda-beda dan sebagian besar pada tanah Ultisol. Tanah tersebut rentan terhadap kemasaman tinggi dan kendala ketersediaan hara (Juliawati et al., 2025). Informasi mengenai hubungan antara kelas lereng dan karakteristik kesuburan tanah diperlukan untuk menentukan dosis pemupukan yang efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kimia tanah Ultisol pada tiga kelas lereng di wilayah Kutai Timur serta mengevaluasi tingkat kesesuaian lahan dan faktor pembatas utamanya bagi budidaya kelapa sawit. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan tanah yang lebih efektif dan berkelanjutan pada perkebunan kelapa sawit di wilayah berlereng.

2 Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia pada koordinat sekitar 0°59' LU dan 117°31' BT (WGS 84, UTM Zona 50N) dengan luas areal ± 15 ha (Geospasial, 2024; BPS Kutai Timur, 2025). Berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng, lokasi penelitian dibagi menjadi tiga kelas lereng, yaitu lereng A (0-8%), lereng B (>8-15%), dan lereng C (>15-25%). Pengelompokan ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh topografi terhadap karakteristik kimia tanah dan tingkat kesesuaian lahan bagi tanaman kelapa sawit.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode stratified random sampling dengan kelas lereng sebagai strata pengamatan. Pada setiap kelas lereng ditetapkan tiga titik pengamatan yang dipilih secara acak menggunakan bantuan *Global Positioning System* (GPS).

Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm yang mewakili lapisan olah dan zona perakaran aktif tanaman kelapa sawit. Dari setiap titik pengamatan diambil beberapa sub-sampel yang kemudian dicampurkan menjadi sampel komposit untuk memperoleh gambaran sifat tanah yang lebih representatif pada masing-masing kelas lereng. Sampel tanah yang telah dikumpulkan dibersihkan dari sisa akar, serasah, dan bahan organik kasar, kemudian dikeringanginkan pada suhu ruang sebelum dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.

Analisis Laboratorium

Parameter kimia tanah yang dianalisis meliputi pH tanah, karbon organik (C-organik), nitrogen total (N-total), fosfor tersedia (P tersedia), kalium tersedia (K tersedia),

kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Metode analisis yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode analisis sifat kimia tanah

Parameter	Metode Analisis
pH tanah	pH meter, ekstrak H ₂ O (1:2,5)
C-organik	Walkley & Black
N-total	Kjeldahl
P tersedia	Bray I
K tersedia	Ekstrak NH ₄ OAc pH 7, spektrofotometer/AAS
KTK	Ekstrak NH ₄ OAc pH 7
Kejenuhan Basa (KB)	Perhitungan (jumlah basa/KTK) x 100%

Evaluasi Kesesuaian Lahan

Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan dengan metode matching dan skoring antara karakteristik lahan yang diperoleh dari hasil analisis tanah dan kondisi topografi dengan persyaratan tumbuh tanaman kelapa sawit. Penilaian mengacu pada pedoman evaluasi lahan dengan faktor pembatas yang dianalisis meliputi retensi hara (nr), ketersediaan hara (na), dan bahaya erosi (eh) (Djaenudin et al., 2011).

Analisis Data

Data hasil analisis laboratorium diolah secara deskriptif komparatif untuk menggambarkan karakteristik tanah dan kesesuaian lahan pada masing-masing kelas lereng. Pengaruh kelas lereng terhadap sifat kimia tanah dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji perbandingan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

3 Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Kelas Lereng

Topografi merupakan salah satu faktor pembentuk tanah yang berperan penting dalam mengendalikan distribusi bahan organik, dinamika unsur hara, serta intensitas pencucian dan erosi. Perbedaan posisi lereng menyebabkan variasi kondisi lingkungan tanah sehingga memengaruhi karakteristik kimia tanah yang berkembang pada suatu lanskap (Weil & Brady, 2017). Karakteristik kimia tanah pada masing-masing kelas lereng disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata sifat kimia tanah pada berbagai kelas lereng

Parameter	Lereng		
	0-8%	>8-15%	>15-25%
pH H ₂ O	3,73	4,04	3,86
C-organik (%)	1,05	1,12	1,21
N-total (%)	0,12	0,13	0,14
P tersedia (ppm)	4,21	4,58	5,02
K tersedia (cmol(+)/kg)	0,11	0,13	0,15
KTK (cmol(+)/kg)	5,29	4,58	4,02
Kejenuhan Basa (%)	14,82	18,95	24,63

kriteria penilaian mengacu pada Balai Penelitian Tanah (2009) (Arifin et al., 2019).

Kondisi tanah tergolong masam hingga sangat masam dengan kandungan bahan organik dan unsur hara yang relatif rendah. Variasi nilai antar kelas lereng mengindikasikan adanya pengaruh topografi terhadap distribusi sifat kimia tanah. Kondisi ini merupakan karakteristik umum tanah tua yang berkembang pada lingkungan beriklim basah tropika, terutama Ultisol dan sebagian Inceptisol yang telah mengalami pencucian basa secara intensif selama proses pelapukan berlangsung (Weil & Brady, 2017).

Nilai pH tertinggi ditemukan pada lereng >8-15% (4,04), sedangkan nilai terendah berada pada lereng 0-8% (3,73) berada pada kategori sangat masam sehingga berpotensi menimbulkan toksisitas aluminium (Al^{3+}) dan menurunkan ketersediaan fosfor bagi tanaman. Kondisi kemasaman yang ekstrem ini juga berkorelasi dengan rendahnya kejenuhan basa dan KTK tanah pada berbagai kelas lereng, yang mengindikasikan tingkat pelapukan lanjut serta minimnya cadangan hara tersedia bagi pertumbuhan kelapa sawit (Irwanto et al., 2023).

Kandungan C-organik tertinggi dijumpai pada lereng >15-25% (1,21%), diikuti oleh lereng >8-15% (1,12%), dan terendah pada lereng 0-8% (1,05%). Pola ini diduga berkaitan dengan akumulasi serasah dan bahan organik yang lebih tinggi pada area dengan vegetasi rapat di lereng curam. Secara keseluruhan nilai C-organik masih tergolong rendah menurut kriteria kesuburan tanah. Nilai KTK menunjukkan pola menurun seiring meningkatnya kemiringan lereng, dari 5,29 cmol(+)/kg pada lereng 0-8% menjadi 4,02 cmol(+)/kg pada lereng >15-25%. Rendahnya nilai KTK ini mencerminkan dominasi mineral liat tipe 1:1 (kaolinit) yang umum dijumpai pada tanah Ultisol lapuk lanjut, sehingga kapasitas tanah dalam menyerap dan menyediakan kation basa menjadi sangat terbatas (Taofik et al., 2020). Kejenuhan basa menunjukkan pola meningkat seiring bertambahnya kemiringan lereng, dari 14,82% pada lereng 0-8% hingga 24,63% pada lereng >15-25%. Pola ini berkaitan dengan tingginya kandungan C-organik pada lereng curam yang turut menyumbang kation basa melalui proses dekomposisi bahan organik, meskipun secara keseluruhan nilai kejenuhan basa tersebut masih tergolong rendah (Pramaditya et al., 2023).

Metode Matching

Metode *matching* dilakukan dengan membandingkan nilai setiap parameter terhadap kriteria kesesuaian lahan tanaman kelapa sawit. Evaluasi ini dilakukan melalui perbandingan karakteristik lahan aktual dengan persyaratan tumbuh yang dipersyaratkan. Hasil pencocokan parameter disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *matching* kualitas tanah

Parameter	Lereng			Kriteria	Faktor Pembatas
	0-8%	>8-15%	>15-25%		
pH H ₂ O	3,73	4,04	3,87	Sangat masam	Berat
C-organik (%)	1,05	1,11	1,21	Rendah	Sedang
N-total (%)	0,19	0,15	0,18	Rendah	Sedang
P tersedia (ppm)	7,54	6,87	7,24	Rendah	Sedang
K tersedia (ppm)	24,65	22,38	24,26	Rendah	Sedang
KTK (cmol(+)/kg)	5,29	4,38	4,02	Sangat rendah	Berat
KB (%)	47,45	58,22	65,92	Sedang–tinggi	Ringan

Tabel 4. Faktor pembatas dan kelas kesesuaian lahan per kelas lereng

Kelas Lereng	Faktor Pembatas Utama	Kelas Kesesuaian Lahan
0-8%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)
>8-15%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)
>15-25%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)

Hasil *matching* menunjukkan bahwa faktor pembatas utama pada seluruh kelas lereng adalah sangat masam dan kapasitas tukar kation yang sangat rendah. Kedua parameter tersebut menjadi kendala utama dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, sehingga tanah diklasifikasikan ke dalam kelas S3 atau lahan marginal yang memerlukan perbaikan intensif, seperti pemberian kapur pertanian untuk meningkatkan pH serta aplikasi pupuk organik guna memperbaiki nilai tukar kation (Veronika S & Elfayetti, 2017).

Metode Skoring

Tingkat kesesuaian lahan juga dievaluasi menggunakan pendekatan *skoring* untuk memperoleh gambaran kuantitatif kualitas lahan pada setiap kelas lereng. Pendekatan ini memberikan bobot spesifik pada setiap parameter kimia tanah untuk menentukan indeks kesesuaian lahan (IKL) secara keseluruhan, sehingga memberikan presisi yang lebih baik dalam mengklasifikasikan potensi produktivitas lahan bagi budidaya kelapa sawit (Da Costa et al., 2023).

Tabel 5. Kriteria skoring kelas kesesuaian lahan

Kelas Kesesuaian	IKL	Keterangan
S1 (Sangat Sesuai)	80-100	Tanpa faktor pembatas berarti
S2 (Cukup Sesuai)	60-79	Faktor pembatas ringan-sedang
S3 (Sesuai Marginal)	40-59	Faktor pembatas berat
N (Tidak Sesuai)	<40	Faktor pembatas sangat berat

Tabel 6. Hasil skor setiap parameter per kelas lereng

Parameter	Lereng 0-8%	Lereng >8-15%	Lereng >15-25%
pH H ₂ O	1	1	1
C-organik (%)	2	2	2
N-total (%)	2	2	2
P tersedia (ppm)	2	2	2
K tersedia (ppm)	2	2	2
KTK (cmol(+)/kg)	1	1	1
KB (%)	3	3	4
Jumlah Skor	13	13	14
IKL	46,43	46,43	50
Kelas	S3	S3	S3

Nilai indeks kesesuaian lahan menunjukkan bahwa seluruh kelas lereng masih berada pada kategori S3 (sesuai marginal). Perbedaan skor antar kelas lereng relatif kecil karena seluruh lokasi masih dibatasi oleh faktor kesuburan tanah yang serupa, secara kolektif mengindikasikan bahwa kondisi edafik di seluruh area penelitian merupakan faktor pembatas permanen bagi pengembangan kelapa sawit (Raditya et al., 2025).

Lereng >15-25% memiliki nilai indeks kesesuaian lahan sedikit lebih tinggi dibandingkan lereng lainnya. Namun demikian, peningkatan tersebut belum mampu meningkatkan kelas kesesuaian lahan secara keseluruhan, karena kendala kimia tanah yang bersifat persisten tetap mendominasi karakteristik lahan di seluruh unit lereng tersebut. Tindakan perbaikan lahan berupa pengapuran untuk menaikkan pH tanah dan penambahan bahan organik secara intensif diperlukan untuk mengatasi kendala kimiawi tersebut (Putra et al., 2023).

Hasil evaluasi menggunakan metode matching maupun skoring menunjukkan bahwa ketiga posisi lereng memiliki kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal), dengan faktor pembatas utama berupa tingkat kemasaman tanah yang sangat tinggi (pH 3,73-4,04) dan nilai KTK yang sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg). Kondisi ini umum dijumpai pada tanah Ultisol yang telah mengalami pencucian intensif sehingga terjadi kehilangan kation basa dan dominasi ion Al^{3+} serta H^+ di dalam kompleks pertukaran tanah, yang secara signifikan membatasi ketersediaan unsur hara bagi tanaman kelapa sawit (Putra et al., 2023). Posisi lereng >15-25% memperoleh nilai indeks sedikit lebih tinggi dibandingkan lereng lainnya karena memiliki kandungan C-organik dan kejenuhan basa yang lebih baik, namun peningkatan tersebut belum mampu mengubah kelas kesesuaian lahan karena masih dibatasi oleh pH dan KTK yang rendah. Perbaikan faktor pembatas tersebut melalui manajemen hara yang tepat dan aplikasi bahan pembenah tanah sangat krusial untuk meningkatkan produktivitas lahan pada seluruh tingkatan kelas lereng (Saputra et al., 2021).

Upaya perbaikan lahan dapat dilakukan melalui aplikasi kapur dolomit untuk meningkatkan pH tanah, penambahan bahan organik (kompos, pupuk kandang, biochar), serta pemupukan NPK berimbang guna meningkatkan ketersediaan hara dan kapasitas tukar kation. Dengan perbaikan tersebut, kelas kesesuaian lahan berpotensi meningkat dari S3 menjadi S2 (cukup sesuai) dengan catatan bahwa manajemen pengelolaan harus secara konsisten diterapkan untuk menjaga retensi hara serta meminimalkan risiko erosi, terutama pada lereng dengan kemiringan lebih tinggi (Irianto et al., 2022).

Analisis Ragam (ANOVA) Karakteristik Tanah

Analisis ragam (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh kelas lereng terhadap sifat kimia tanah yang diamati. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis ragam (ANOVA) sifat kimia tanah pada berbagai kelas lereng

Parameter	F hitung	P-Value	Keterangan
pH	40,17	0,0003	Sangat nyata
C-organik	17,82	0,003	Sangat nyata
N-total	13	0,0066	Nyata
P tersedia	28,16	0,0009	Sangat nyata
K tersedia	31,07	0,0007	Sangat nyata
KTK	112,75	<0,0001	Sangat nyata
Kejenuhan Basa	391,57	<0,0001	Sangat nyata (p<0,05)

Seluruh parameter yang diamati dipengaruhi secara nyata hingga sangat nyata oleh kelas lereng ($p < 0,05$). Variasi topografi berkontribusi terhadap perubahan karakteristik kimia tanah akibat proses translokasi hara dan bahan organik dari posisi lereng yang lebih tinggi ke lereng yang lebih rendah, serta memengaruhi laju infiltrasi dan pencucian unsur hara yang memicu variasi tingkat kejenuhan basa di setiap segmen topografi (Multazam et al., 2024). Pola ini selaras dengan redistribusi lateral dan pencucian kation yang lebih intensif pada topografi yang lebih curam (Noviana et al., 2025). Aji et al. (2024), menambahkan bahwa intensitas pengelolaan lahan yang tidak seragam pada setiap lereng dapat mempercepat degradasi sifat kimia tanah, sehingga penentuan dosis pemupukan yang spesifik berdasarkan kelas kelerengan menjadi keharusan untuk mempertahankan produktivitas tanaman.

Parameter yang menunjukkan pengaruh nyata pada analisis ragam selanjutnya diuji menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar kelas lereng.

Tabel 8. Hasil uji lanjut DMRT 5%

Parameter	Lereng		
	0-8%	>8-15%	>15-25%
pH H ₂ O	3,73 ^b	4,04 ^a	3,87 ^b
C-organik (%)	1,05 ^c	1,11 ^b	1,21 ^a
N-total (%)	0,19 ^a	0,15 ^c	0,18 ^b
P tersedia (ppm)	7,54 ^a	6,87 ^c	7,24 ^b
K tersedia (ppm)	24,65 ^a	22,38 ^c	24,26 ^b
KTK (cmol(+)/kg)	5,29 ^a	4,38 ^b	4,02 ^c
KB (%)	47,45 ^c	58,22 ^b	65,92 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar kelas lereng menurut uji DMRT taraf 5%.

Hasil DMRT memperlihatkan bahwa beberapa parameter, terutama C-organik, KTK, dan kejenuhan basa, menunjukkan perbedaan nyata antar kelas lereng. Hal ini mengindikasikan adanya proses redistribusi bahan organik dan hara sepanjang toposekuen. Secara spesifik, area dengan kemiringan lebih curam cenderung mengalami penurunan parameter kimia tanah yang lebih signifikan akibat intensitas pencucian dan erosi yang memicu terangkutnya kation basa serta bahan organik ke lereng yang lebih landai (Arthur & Okae-Anti, 2022).

Hasil uji lanjut memperlihatkan bahwa lereng >15-25% memiliki kandungan C-organik dan kejenuhan basa yang berbeda nyata dibandingkan dua kelas lereng lainnya. Sebaliknya, KTK menunjukkan penurunan yang signifikan dengan meningkatnya kemiringan lereng. Fenomena ini mengonfirmasi bahwa posisi topografi yang lebih curam mengalami percepatan penghilangan unsur hara dan bahan organik akibat laju erosi yang lebih tinggi. Posisi lereng ekstrem memiliki nilai pH, karbon organik, dan kation yang paling rendah (Fuadah et al., 2025).

Kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation memiliki nilai F hitung tertinggi, yang mengindikasikan bahwa kedua parameter tersebut paling responsif terhadap perubahan kondisi topografi. Tingginya sensitivitas parameter tersebut berkaitan erat dengan intensitas pencucian kation serta degradasi lapisan atas tanah yang tererosi secara lateral pada lereng curam, yang secara langsung membatasi ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan vegetasi (Banjarnahor et al., 2018).

Analisis Korelasi Pearson

Hubungan antarparameter kesuburan tanah dianalisis menggunakan korelasi Pearson untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter tanah terhadap kejenuhan basa. Hasil analisis disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Korelasi pearson antara sifat tanah dan kejenuhan basa

Parameter	Nilai r terhadap KB	Interpretasi
pH	0,742	Sedang
C-organik	0,927	Sangat kuat
N-total	0,688	Lemah
P tersedia	0,714	Sedang
K tersedia	0,701	Lemah
KTK	-0,985	Sangat kuat

Kandungan C-organik menunjukkan korelasi positif sangat kuat dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$). Hubungan ini menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik berpotensi meningkatkan jumlah kation basa yang tersedia dalam tanah (Prastiwi et al., 2021). KTK menunjukkan korelasi negatif sangat kuat terhadap kejenuhan basa ($r = -0,985$). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya perubahan komposisi kation dalam kompleks jerapan tanah pada setiap posisi lereng, di mana dominasi kation-kation basa pada kompleks jerapan cenderung menurun seiring dengan penurunan kadar C-organik di lereng yang lebih curam (Taofik et al., 2020).

Hubungan C-organik dengan Kejenuhan Basa

$KB = -60,90 + 104,46 (C\text{-organik}); R^2 = 0,86$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa 86% variasi kejenuhan basa dapat dijelaskan oleh perubahan kandungan C-organik tanah. Semakin tinggi kandungan C-organik, semakin tinggi pula kejenuhan basa yang terbentuk, karena ketersediaan gugus

fungsional dari bahan organik berperan krusial dalam mengikat kation basa di kompleks jerapan tanah (Binardi et al., 2023). Hubungan linear positif antara kandungan C-organik dan kejenuhan basa mengindikasikan bahwa peningkatan bahan organik berpotensi meningkatkan kualitas kimia tanah. Bahan organik sebagai penyangga kation basa yang menentukan efisiensi retensi hara pada tanah Ultisol (Mengiste et al., 2025).

Hubungan KTK dengan Kejenuhan Basa

$$KB = 130,39 - 14,96 (KTK); R^2 = 0,97$$

KTK merupakan parameter yang paling erat kaitannya dengan perubahan kejenuhan basa pada lokasi penelitian. Kemiringan lereng memengaruhi distribusi bahan organik dan kapasitas tukar kation tanah. Perubahan kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap kejenuhan basa. Kondisi ini menempatkan lereng yang lebih landai sebagai zona dengan akumulasi hara optimal yang mendukung produktivitas primer lebih tinggi bagi pertumbuhan kelapa sawit, dibandingkan lereng curam yang mengalami degradasi sifat kimia secara progresif. Variasi topografi memengaruhi distribusi bahan organik dan kapasitas tukar kation yang selanjutnya menentukan tingkat kesuburan tanah (Bravo-Medina et al., 2023).

4 Kesimpulan

Kelas lereng berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter kimia tanah yang diamati pada lahan Ultisol di Kutai Timur. Penurunan KTK dan peningkatan C-organik serta kejenuhan basa seiring bertambahnya kemiringan lereng. Seluruh lokasi penelitian menunjukkan reaksi tanah yang sangat masam (pH 3,73-4,04) dan KTK yang sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg), yang menjadi faktor pembatas utama kesuburan tanah pada ketiga kelas lereng. C-organik berkorelasi positif dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$; $R^2 = 0,86$), sedangkan KTK berkorelasi negatif ($r = -0,985$; $R^2 = 0,97$). Evaluasi kesesuaian lahan seluruh kelas lereng termasuk dalam kelas S3 (sesuai marginal) untuk budidaya kelapa sawit. Peningkatan kualitas lahan memerlukan penerapan pengelolaan tanah terpadu melalui pengapuran, penambahan bahan organik, pemupukan berimbang, dan tindakan konservasi tanah untuk mengurangi kehilangan hara dan memperbaiki produktivitas lahan secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Aji, A. B., Maroeto, M., & Arifin, M. (2024). Status Kesuburan Tanah Sebagai Rekomendasi Perbaikan Lahan Pada Berbagai Tingkat Kemiringan Lereng di Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Agroteknika*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i1.236>
- Arifin, M., Putri, N. D., Sandrawati, A., & Harryanto, R. (2019). Pengaruh Posisi Lereng terhadap Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Inceptisols di Jatinangor. *SoilREns*,

16(2). <https://doi.org/10.24198/soilrens.v16i2.20858>

- Arthur, A., & Okae-Anti, D. (2022). Variations in Soil Physico-Chemical Properties as Influenced by Landuse in a Toposequence. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 10(08), 98–121. <https://doi.org/10.4236/gep.2022.108008>
- Binardi, B., Partoyo, P., & Mulyanto, D. (2023). Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Pisang Di Desa Jetis Kepanewon Saptosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta. *JURNAL TANAH DAN AIR (Soil and Water Journal)*, 18(2), 57. <https://doi.org/10.31315/jta.v18i2.9476>
- BPS Kab. Kutai Timur. (2025). *Kecamatan Bengalon Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik kabupaten Kutai Timur.
- Bravo-Medina, C., Torres-Navarrete, B., Arteaga-Crespo, Y., Garcia-Quintana, Y., Reyes-Morán, H., Changoluisa-Vargas, D., & Paguay-Sayay, D. (2023). Soil properties variation in a small-scale altitudinal gradient of an evergreen foothills forest, Ecuadorian Amazon region. *European Journal of Forest Research*, 142(6), 1325–1339. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01593-6>
- Da Costa, E. M., Lukito, H., & Prasetya, J. D. (2023). Evaluasi Kesesuaian Lahan Bekas Tambang Kerikil Berpasir Alami (sirtu) di Desa Panggang, Kec. Kemalang, Kab. Klaten, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 4(1). <https://doi.org/10.31315/psb.v4i1.9488>
- Djaenudin, D., Marwan, H., Subagyo, H., & Hidayat, A. (2011). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian* (2 ed.). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Geospasial. (2024). *Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur*. Badan Informasi Geospasial. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>
- Irianto, H., Mujiyo, Ningsih, H., & Riptanti, E. (2022). Land suitability assessment for Jack Cassava development (case studies in Tawangmangu and Ngargoyoso sub-districts, Karanganyar regency, Indonesia). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 22(114), 21548–21567. <https://doi.org/10.18697/ajfand.114.21420>
- Irwanto, D., Saidi, D., & Peniwiratri, L. (2023). Pengaruh Pemberian Zeolit Dan Batuan Fosfat Alam Terhadap Ketersediaan P Latosol Dan Serapannya Oleh Jagung. *JURNAL TANAH DAN AIR (Soil and Water Journal)*, 19(2), 61. <https://doi.org/10.31315/jta.v19i2.9466>
- Juliawati, R., Sulakhudin, S., & Manurung, R. (2025). Status Unsur Hara Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Menghasilkan Pada Tanah Ultisol Di Desa Semuntai Kecamatan Mukok Kabupaten Sanggau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 14(2), 516–524. <https://doi.org/10.26418/jspe.v14i2.90863>
- Linus, L., Sulakhudin, S., & Romiyanto, R. (2025). Analisis Perbedaan Status Hara Makro Tanah Ultisol Berdasarkan Kelas Lereng Di Kebun Sawit Rakyat Desa Simpang Kasturi Kecamatan Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 198–205. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.98898>
- Mengiste, W., Tsegaye, D., Dagalo, S., & Yitbareke, T. (2025). The effects of slope gradient and soil depth on soil physicochemical properties in the Achew small-scale irrigation area, Southwest Ethiopia. *PLOS One*, 20(10), e0333894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0333894>
- Multazam, Z., Syarif, M., & Ajidirman, A. (2024). Status kesuburan kimia tanah pada lahan perkebunan karet dengan tingkat lereng dan posisi tapak polypedon yang berbeda. *Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP)*, 5(2), 81–91. <https://doi.org/10.54387/jpp.v5i2.49>

- Nasution, S. M., Yusriani Nasution, Erwin Syah Lubis, Rasmita Adelina, & Dini Puspita Yanty. (2026). The Relationship of Slopes to Soil Properties on Oil Palm Land. *International Journal of Integrated Science and Technology*, 4(2), 112–121. <https://doi.org/10.59890/ijist.v4i2.285>
- Noviana, Z. Y., Maroeto, M., & Priyadarshini, R. (2025). Penilaian Status Kesuburan Tanah Di Wisata Pacet Hill Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Hutan Tropis*, 13(4), 586. <https://doi.org/10.20527/jht.v13i4.24792>
- Oksana, O., Taslapratama, I., Novia, M. A., Mahmud, Y., Septirosya, T., & Shofiah, R. (2024). Efektivitas Biochar Terhadap Ketersediaan Unsur Hara Mikro Pada Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*, 14(2), 81. <https://doi.org/10.24014/ja.v14i2.26686>
- Pramaditya, D. A. (2023). Karakterisasi Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Batubara Yang Telah Direklamasi. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 6(2), 28. <https://doi.org/10.31315/jmel.v6i2.8022>
- Prastiwi, P., Sumani, S., Slamet, M., Suntoro, S., & Suntoro, S. (2021). The Assessment of Soil Fertility Index for Evaluation of Rice Production in Karanganyar Regency. *Modern Applied Science*, 15(2), 63. <https://doi.org/10.5539/mas.v15n2p63>
- Putra, H. E., Hazriani, R., & Ruliyansyah, A. (2023). Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Kelapa Sawit Di Desa Panggi Ruguk Kecamatan Ketungau Tengah Kabupaten Sintang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4), 904. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i4.67072>
- Raditya, D., Riduansyah, R., & Manurung, R. (2025). Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Di Desa Lumut Kecamatan Toba Kabupaten Sanggau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 392–398. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.93084>
- Rustam, L. O., Saputra, A., & Syaf, H. (2025). Evaluasi Kesuburan Tanah Pada Lereng Berbeda Di PT. Tani Prima Makmur (PT. TPM) Desa Anggotoa Kecamatan Wawotobi Kabupaten Konawe. *Jurnal Ilmiah Inovasi dan Komunikasi Pembangunan Pertanian*, 4(2), 74–83. <https://doi.org/10.56189/jiikpp.v4i2.59>
- Saputra, M. F., Adyatma, S., & Arisanty, D. (2021). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Durian Menggunakan Metode Matching. *Jambura Geoscience Review*, 3(1), 18–31. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v3i1.5652>
- Setiawan, J. E., Junaidi, J., & Manurung, R. (2025). Perbandingan Sifat Fisika Tanah Pada Lereng Atas Dan Bawah Di Lahan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Desa Selalong Kecamatan Sekadau Hilir Kabupaten Sekadau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 312–318. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.99483>
- Taofik, A., Hasani, S., Cahyaningtyas, A., & Frasetya, B. (2020). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Paitan (*Tithonia diversifolia*) Pada Berbagai Dosis Dan Ragam Aplikasinya Terhadap Pertumbuhan Kailan (*Brassica oleracea* Var. *Acephala*). *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 25. <https://doi.org/10.24014/ja.v11i1.7802>
- Veronika S, J. & Elfayetti. (2017). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Jagung Di Kecamatan Binjai Utara. *Tunas Geografi*, 6(1), 38–48. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v6i1.8348>
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). *The Nature And Properties Of Soils* (15 ed.). Pearson Education.
- Wicaksono, B., Sulakhudin, S., & Manurung, R. (2023). Karakteristik Sifat Kimia Tanah Ultisol Kebun Kelapa Sawit Desa Pangkalan Suka Kecamatan Nanga Tayap Kabupaten Ketapang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 624. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i3.64124>

Dekomposisi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Menggunakan Bioaktivator, Maggot, dan Vermikompos untuk Pertanian Organik Berkelanjutan

Encik Akhmad Syaifudin¹, Ni'matuljannah Akhsan¹, Suryana²,
Akmal Alisyahbana², Syah Fiqri Farizki²

¹Prodi Pertanian Tropika Basah Fakultas Pertanian Univeritas Mulawarman Jl. Tanah Grogot Samarinda 75123 Kalimantan Timur, Indonesia.

²Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Univeritas Mulawarman Jl. Tanah Grogot Samarinda 75123 Kalimantan Timur, Indonesia

¹Email: encik_akhmad@faperta.unmul.ac.id

Submit : 20-04-2025

Revisi : 02-06-2026

Diterima : 15-06-2026

ABSTRACT

*This study was conducted in Samarinda to assess the efficacy of bioactivators, maggots (*Hermetia illucens*), and vermicompost in accelerating the composting of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). A Randomized Completely Block Design was applied with six treatments: control without additives (E_0), bioactivator (E_1), maggot (E_2), vermicompost (E_3), maggot–bioactivator combination (E_4), and vermicompost–bioactivator combination (E_5), each replicated eight times (48 units). Variables measured included mass shrinkage, temperature dynamics, final pH, C/N ratio, macronutrient content (N, P, K), and organic Carbon. Data were analyzed using ANOVA followed by the LSD test at 0.05 significance. Bioactivator alone (E_1) produced the highest peak temperature (64.29°C), indicating strong microbial activity, but resulted in a relatively high C/N ratio (26.88). Maggot treatment (E_2) generated the greatest biomass reduction (56.25%) and the highest potassium level (6.05%), with a C/N ratio of 16.48. Vermicompost (E_3) yielded more stabilized compost with a C/N ratio of 15.26. Notably, the combined bioactivator–maggot treatment (E_4) produced the most mature and nutrient-rich compost, achieving the lowest C/N ratio (8.33) and the highest nitrogen content (1.98%). Meanwhile, the bioactivator–vermicompost combination (E_5) produced a C/N ratio of 12.16. Among the treatments, bioactivators enhanced thermophilic conditions, maggots improved biomass degradation and potassium enrichment, and vermicompost supported compost stabilization. Among all treatments, E_4 emerged as the most effective strategy for producing high-quality compost efficiently, offering a sustainable approach for managing aquatic weeds and supporting organic agriculture.*

Keywords: Bioactivator, Composting, Maggot, Organic farming, Vermicompost, Water hyacinth

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Samarinda untuk menilai efektivitas bioaktivator, maggot (*Hermetia illucens*), dan vermikompos dalam mempercepat proses pengomposan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Rancangan Acak Kelompok digunakan dengan enam perlakuan: kontrol tanpa bahan tambahan (E_0), bioaktivator (E_1), maggot (E_2), vermikompos (E_3), kombinasi maggot–bioaktivator (E_4), dan kombinasi vermikompos–bioaktivator (E_5), masing-masing diulang delapan kali (total 48 unit percobaan). Variabel yang diukur meliputi penyusutan massa, dinamika suhu, pH akhir, rasio C/N, kandungan makronutrien (N, P, K), dan karbon organik. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji LSD pada taraf signifikansi 0,05. Bioaktivator (E_1) menghasilkan suhu puncak tertinggi (64,29°C) yang menunjukkan aktivitas mikroba yang kuat, namun menghasilkan rasio C/N yang relatif tinggi (26,88). Perlakuan maggot (E_2) menghasilkan penyusutan biomassa terbesar (56,25%) dan kadar kalium tertinggi (6,05%), dengan rasio C/N sebesar 16,48. Vermikompos (E_3) menghasilkan kompos yang lebih stabil dengan rasio C/N 15,26. Secara khusus, kombinasi bioaktivator–maggot (E_4) menghasilkan kompos paling

matang dan kaya nutrisi, dengan rasio C/N terendah (8,33) dan kadar nitrogen tertinggi (1,98%). Sementara itu, kombinasi bioaktivator–vermikompos (E_5) menghasilkan rasio C/N sebesar 12,16. Secara keseluruhan, bioaktivator meningkatkan kondisi termofilik, maggot mempercepat degradasi biomassa dan meningkatkan kalium, dan vermikompos mendukung stabilisasi kompos. Di antara semua perlakuan, E_4 merupakan masukan paling efektif untuk menghasilkan kompos berkualitas tinggi secara efisien, menawarkan pendekatan berkelanjutan untuk pengelolaan gulma air dan mendukung pertanian organik

Kata kunci: Bioaktivator, Eceng gondok, Kascing, Maggot, Pengomposan, Pertanian organik

1 Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air invasif dengan pertumbuhan sangat cepat yang mendominasi permukaan perairan, menghalangi cahaya, menurunkan oksigen terlarut, mengganggu keanekaragaman hayati, serta menyulitkan penangkapan ikan, transportasi air, dan operasi PLTA (Chen & Xu, 2024; Yang et al., 2025). Dominasinya juga menekan spesies lokal dan mengubah habitat perairan, sehingga memengaruhi stabilitas lingkungan dan budidaya yang bergantung pada sistem perairan (Rahimi & Avazpour, 2024).

Eceng gondok merupakan sumber daya melimpah untuk bahan baku kompos dan biogas (Kulabako et al., 2025), serta input bioindustri berbiaya rendah sekaligus solusi pengelolaan lingkungan berkelanjutan (Sierra-Carmona et al., 2022). Kandungan lignoselulosa, nitrogen, dan unsur mikronya berpotensi memperbaiki struktur tanah, kapasitas tukar kation, dan retensi air setelah dikomposkan atau difermentasi secara anaerob (Tibebe et al., 2025). Kompos berbahan eceng gondok dapat memperbaiki sifat fisik-kimia tanah terdegradasi sekaligus mengurangi ketergantungan pupuk sintetis berjejak karbon tinggi (Gezahegn et al., 2024; Canning, 2025; Nashrullah et al., 2025), sehingga menjadi solusi pengelolaan limbah biomassa sekaligus pemenuhan kebutuhan pupuk organik (Abdillah & Budi, 2021; Zega et al., 2025).

Pengomposan konvensional membutuhkan waktu lama karena tingginya kandungan lignoselulosa dan rasio C/N. Lignin bersifat sangat resisten terhadap degradasi dan menjadi penghalang fisik bagi selulosa dan hemiselulosa (Udume et al., 2022), sementara rasio C/N yang tinggi turut memperlambat laju dekomposisi (Berhe et al., 2025). Pra-perlakuan biomassa dapat dilakukan melalui inoculan mikroba spesifik seperti *Chitinophaga terrae* yang mendegradasi lignoselulosa dan mempersingkat waktu pematangan kompos, maupun pra-perlakuan fisik (pencacahan) atau kimia (alkali) untuk meningkatkan aksesibilitas substrat. Rasio C/N optimal (20:1–30:1) dapat dicapai dengan mencampur eceng gondok dan bahan kaya nitrogen seperti kotoran ternak atau limbah makanan (Ibro et al., 2024). Ranawake et al. (2025), menunjukkan bahwa pencampuran eceng gondok dengan kotoran sapi dan serbuk gergaji pada rasio tertentu menghasilkan kompos dengan rasio C/N optimal dan kualitas nutrisi lebih baik.

Pengendalian parameter lingkungan selama pengomposan sangat penting untuk efisiensi proses. Kadar air optimal (50–60%) dan aerasi yang memadai untuk mencegah kondisi anaerob dan memastikan suplai oksigen bagi mikroorganisme aerob. Frekuensi pembalikan yang tepat dapat meningkatkan aerasi dan homogenitas campuran (Udume et al., 2022). Proses pengomposan yang efisien melibatkan fase termofilik (bersuhu tinggi) yang dapat membunuh patogen dan mempercepat dekomposisi. Fase pematangan pada suhu lebih rendah. Penggunaan bioaktivator pengomposan untuk bahan kaya nitrogen, atau perlakuan awal fisik dan biologis, dapat meningkatkan laju dekomposisi dan kualitas kompos (Serafini et al., 2024; Muche, 2025).

Bioaugmentasi yaitu penambahan mikroorganisme menguntungkan untuk mempercepat dekomposisi memberikan hasil yang baik dalam pengomposan eceng gondok (Geethakarthis, 2021; Udume et al., 2022). *Effective microorganisms* (EM) salah satu inokulan mikroba komersial yang mengandung konsorsium bakteri, fungi, dan ragi yang bekerja secara sinergis dalam menguraikan bahan organik (Pradnya et al., 2023). *Larva Black Soldier Fly* (BSF) (*Hermetia illucens*) pada fase bakteri dan larva (maggot) memiliki aktivitas selulase melalui bakteri di saluran pencernaannya. Penggunaan BSF sebagai agen biokonversi eceng gondok dikombinasikan dengan limbah buah (Zhang et al., 2023).

Penambahan vermikompos penting karena menjadi sumber enzim kunci (selulase, ligninase, protease) yang mempercepat degradasi lignoselulosa eceng gondok. Vermikompos terbukti meningkatkan aktivitas mikroba, memperbaiki rasio C/N, mempercepat stabilisasi bahan organik, dan menghasilkan kompos bermutu agronomis lebih tinggi (Du et al., 2026; Rehman et al., 2024), sehingga mempercepat dekomposisi dan meningkatkan nilai kompos sebagai pembenah tanah (Li et al., 2022). Kualitasnya dicirikan oleh kandungan karbon organik (~18–20%), makronutrien (N 1,2–2%; P 0,5–1,5%; K 0,3–0,9%), dan aktivitas enzim urease (Katiyar et al., 2023).

Pertanian organik mengedepankan pengelolaan agroekosistem holistik dengan sumber daya lokal terbarukan, termasuk kompos sebagai input utama kesuburan tanah (Sari et al., 2026), guna mendukung produktivitas jangka panjang secara berkelanjutan (Sileshi et al., 2025). Kompos memperbaiki struktur tanah, kapasitas tukar kation, biomassa mikroba, dan stabilitas karbon tanah (Wang et al., 2022). Integrasi kompos eceng gondok menjadi strategi sirkular dan rendah karbon yang mengurangi ketergantungan pupuk sintetis (Dechassa et al., 2025; Shifadjic, 2025). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh bioaktivator, maggot, dan vermikompos terhadap pengomposan eceng gondok, dengan fokus pada efisiensi waktu, kualitas kompos, dan hasil akhir.

2 Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Muang Ilir, Lempake, Samarinda, Kalimantan Timur. Proses pengujian sampel NPK dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), bioaktivator EM4, maggot Black Soldier Fly (BSF), vermikompos, gula merah, air, dan limbah makanan. Alat yang digunakan antara lain mesin pencacah, terpal, karung, termometer suhu, parang, ember, sendok pengaduk, kantong plastik, boks plastik (thinwall), pH meter, timbangan, dan buku Munsell Soil Color Chart.

Penelitian ini merupakan percobaan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas enam perlakuan: eceng gondok tanpa bahan tambahan (E₀), eceng gondok dengan bioaktivator (E₁), eceng gondok dengan maggot (E₂), eceng gondok dengan vermikompos (E₃), eceng gondok dengan kombinasi maggot + bioaktivator (E₄), dan eceng gondok dengan kombinasi vermikompos + bioaktivator (E₅). Setiap perlakuan diulang delapan kali sehingga terdapat 48 unit percobaan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil (LSD) 0,05% untuk melihat perbedaan antarperlakuan. Variabel yang diamati meliputi: (1) suhu kompos, (2) penyusutan massa, (3) kadar air kompos, (4) pH produk, (5) kandungan N, P, K, dan C-organik, (6) warna produk, (7) waktu dan efisiensi pengomposan dibandingkan dengan E₀.

Prosedur penelitian: Eceng gondok dikumpulkan dari rawa di kompleks SMK-SPP Samarinda, dicacah menjadi potongan 2–3 cm, kemudian dikeringkan hingga kadar air berkurang sekitar 50%. Maggot BSF diperoleh dari proses penetasan telur hingga menjadi larva berumur 6–8 hari. Vermikompos diperoleh dari penyedia lokal di Samarinda. Bioaktivator disiapkan dengan mencampurkan EM4, air bersih, dan gula merah dengan rasio 1:1:100 (EM4, gula merah, air). Dosis perlakuan: bioaktivator 1 mL/kg eceng gondok, maggot 100 mg/kg, dan vermikompos 100 mg/kg. Variabel yang diukur: (1) rata-rata suhu kompos, (2) kadar air kompos (%), (3) penyusutan massa (g), (4) pH produk, dan (6) kandungan NPK, C organik dan Rasio C/N. Data dianalisis dengan Sidik Ragam, dan bila sidik ragam nyata dilanjutkan dengan uji BNT 5%.

3 Hasil dan Pembahasan

Suhu Kompos

Perbedaan suhu antarperlakuan menunjukkan variasi intensitas dekomposisi yang dipengaruhi oleh jenis agen pengurai. Perlakuan E₁ menghasilkan suhu tertinggi, yaitu 64,29°C, berbeda nyata dari perlakuan lain (LSD 6,30). Suhu tinggi ini mencerminkan dominasi mikroba termofilik yang aktif mendegradasi lignoselulosa eceng gondok, meningkatkan respirasi mikroba, dan menghasilkan panas.

Tabel 1. Rata-rata suhu kompos

Perlakuan	Rata-rata (°C)
E ₀ (Kontrol)	57,03 b
E ₁ (Bioaktivator)	64,29 a
E ₂ (Maggot)	43,75 c
E ₃ (Vermikompos)	44,23 c
E ₄ (Bioaktivator + Maggot)	51,32 c
E ₅ (Bioaktivator + Vermikompos)	46,83 d
LSD 5%	6,30

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji LSD pada taraf 5%).

Perlakuan kontrol (E₀) juga mencapai suhu termofilik 57,03°C, meskipun tetap lebih rendah dari E₁ karena hanya mengandalkan populasi mikroba asli tanpa dukungan konsorsium mikroba yang ditingkatkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa bioaktivator mampu mempercepat dan memperkuat fase termofilik, yang penting untuk sanitasi kompos dan untuk meningkatkan laju dekomposisi. Sebaliknya, perlakuan E₂ dan E₃ menghasilkan suhu yang jauh lebih rendah masing-masing 43,75 °C dan 44,23 °C, karena kedua agen beroperasi secara optimal dalam kisaran mesofilik. Larva secara mekanis mengonsumsi sebagian besar bahan organik, sehingga mengurangi substrat yang tersedia untuk mikroba termofilik, sedangkan vermikompos memperkenalkan komunitas mikroba mesofilik yang tidak dapat mempertahankan suhu tinggi. Perlakuan E₄ menghasilkan suhu menengah 51,32°C karena persaingan substrat antara mikroba dan larva, sedangkan perlakuan E₅ menghasilkan suhu terendah, 46,83°C, yang mencerminkan dominasi mikroba mesofilik yang menekan perkembangan populasi termofilik. Pola ini menegaskan bahwa bioaktivator adalah faktor yang paling efektif dalam meningkatkan suhu kompos, sedangkan keberadaan larva dan vermikompos cenderung menurunkan intensitas termofilik dan mengarahkan proses menuju dekomposisi yang lebih stabil tetapi kurang panas (Hutapea & Siregar, 2023; Liu et al., 2024).

Kadar Air Kompos

Kadar air kompos menunjukkan variasi yang jelas antar perlakuan dan mencerminkan perbedaan mekanisme dekomposisi yang terjadi (Tabel 2). Perlakuan E₁ memiliki kadar air tertinggi, yaitu 64,29%, dan berbeda secara signifikan dari semua perlakuan lainnya.

Tabel 2. Rata-rata kadar air kompos

Perlakuan	Rata-rata (%)
E ₀ (Kontrol)	57,03 b
E ₁ (Bioaktivator)	64,29 a
E ₂ (Maggot)	43,75 d
E ₃ (Vermikompos)	50,69 c
E ₄ (Bioaktivator + Maggot)	51,32 c
E ₅ (Bioaktivator + Vermikompos)	51,25 c
LSD 5%	6,30

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji LSD pada taraf 5%).

Kadar air yang tinggi pada perlakuan E₁ menunjukkan bahwa aktivitas mikroba yang intens menghasilkan akumulasi kelembapan dari respirasi mikroba, sehingga meningkatkan kelembapan kompos. Kondisi ini umum terjadi pada proses termofilik aktif, di mana panas dan metabolisme mikroba mempercepat penguraian bahan organik sekaligus meningkatkan kadar air internal. Perlakuan E₀ memiliki kadar air 57,03%, lebih rendah dari E₁, tetapi tetap dalam kisaran optimal untuk pengomposan. Perlakuan E₂ menunjukkan kadar air terendah, yaitu 43,75%, dan sangat berbeda dari semua perawatan lainnya. Kadar air E₂ yang rendah disebabkan konsumsi mekanis bahan organik yang menghasilkan fraksi padat dan kering. Aerasi juga meningkat sehingga kelembapan cepat berkurang. Perlakuan E₃, E₄ dan E₅ memiliki kadar air berkisar antara 50-51%. Keberadaan cacing atau larva yang dikombinasikan dengan mikroba mampu menyeimbangkan kelembapan melalui peningkatan porositas dan perbaikan struktur kompos. Bioaktivator cenderung meningkatkan kelembapan melalui intensifikasi aktivitas mikroba, larva menurunkan kelembapan. Kombinasi perlakuan menghasilkan kondisi kelembapan yang lebih sedang dan stabil (Amrul et al., 2022; Yanqoritha, 2023).

Penyusutan Massa

Penyusutan massa dalam proses pengomposan menunjukkan laju dekomposisi bahan organik (Tabel 3). Semakin besar penyusutan massa, maka semakin intensif pemecahan substrat.

Tabel 3. Susut massa selama pengomposan

Perlakuan	Rata-rata susut (g)
E ₀ (Kontrol)	859,0 c
E ₁ (Bioaktivator)	714,0 d
E ₂ (Maggot)	1125,0 a
E ₃ (Vermikompos)	986,13 b
E ₄ (Bioaktivator + Maggot)	974,0 b
E ₅ (Bioaktivator + Vermikompos)	975,0 b
LSD 5%	217,9

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji LSD pada taraf 5%).

Perlakuan E₂ menghasilkan penyusutan massa tertinggi, yaitu 1125 g, dan sangat berbeda dari semua perawatan lainnya. Larva BSF memiliki kemampuan konsumsi biomassa yang sangat agresif, terutama terhadap fraksi organik yang dapat terurai secara hayati. Perlakuan E₃, E₄ dan E₅ mengalami penyusutan massa berkisar antara 974–986 g. Kombinasi cacing dan larva dengan mikroba mampu meningkatkan dekomposisi. Perlakuan E₁ menunjukkan penyusutan massa terendah (714 g), yang menunjukkan bahwa meskipun bioaktivator meningkatkan aktivitas mikroba dan suhu, proses dekomposisi yang terjadi lebih difokuskan pada transformasi kimia dan stabilisasi bahan organik daripada konsumsi fisik besar-besaran. Mikroba bioaktivasi cenderung memecah lignoselulosa secara bertahap. Kontrol (E₀) berada di posisi tengah karena hanya mengandalkan mikroba

alami yang bekerja lebih lambat dan kurang efisien. Hutapea et al. (2023) mengatakan bahwa, secara bersama-sama, pengurangan berat material yang substansial menunjukkan bahwa larva BSF berfungsi sebagai agen paling ampuh untuk biomassa yang berkurang dengan cepat. Sebaliknya, bioaktivator terutama meningkatkan kualitas dan stabilitas kompos tanpa menyebabkan kehilangan massa yang signifikan.

pH Kompos

Perlakuan E₃ memiliki pH tertinggi, yaitu 8,98, dan sangat berbeda dari kebanyakan perawatan lainnya. Peningkatan pH pada E₃ terkait dengan aktivitas mikroba dan cacing tanah yang mempercepat deaminasi protein serta pelepasan ion amonium (NH₄⁺), yang kemudian berkontribusi pada kondisi basa. Perlakuan E₄ dan E₀ juga berada dalam kisaran pH basa (9,74 dan 8,71), menunjukkan bahwa proses dekomposisi yang intens atau tidak terkendali dapat mengakibatkan akumulasi senyawa basa, terutama dari pemecahan lignoselulosa dan pelepasan kation basa seperti Ca²⁺, Mg²⁺, dan K⁺. Kondisi ini umum terjadi pada kompos yang terbuat dari eceng gondok yang secara alami memiliki kandungan mineral yang tinggi. Pada kelompok perlakuan dengan pH lebih rendah, yaitu E₁ (8,10), E₂ (7,77), dan E₅ (7,97), terlihat bahwa aktivitas mikroba spesifik dan keberadaan makroorganisme, seperti maggot, mampu menahan kenaikan pH yang berlebihan.

Tabel 4. Rata-rata pH kompos

Perlakuan	Rata-rata pH
E ₀ (Kontrol)	8,71 ab
E ₁ (Bioaktivator)	8,10 bc
E ₂ (Maggot)	7,77 c
E ₃ (Vermikompos)	8,98 a
E ₄ (Bioaktivator + Maggot)	9,74 ab
E ₅ (Bioaktivator + Vermikompos)	7,97 c
LSD 5%	0,5

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji LSD pada taraf 5%).

Perlakuan E₁ cenderung menghasilkan pH yang lebih moderat karena dominasi mikroba fermentatif yang menghasilkan asam organik pada fase awal dekomposisi, sehingga menyeimbangkan pembentukan senyawa basa. Perlakuan E₂ menunjukkan pH terendah (7,77), mencerminkan proses dekomposisi yang lebih stabil dan akumulasi amonia minimal, karena larva mengkonsumsi fraksi organik kaya nitrogen sebelum terdegradasi menjadi senyawa basa. Perlakuan E₅ menghasilkan pH mendekati netral, menunjukkan interaksi yang menyeimbangkan produksi asam dan basa selama proses pengomposan. Pemilihan pengurai menentukan flutuasi pH selama proses pengomposan (Hutapea et al., 2023). Vermikompos dan beberapa perlakuan campuran cenderung mendorong sistem ke arah kondisi yang lebih basa, sedangkan bioaktivator dan larva lebih efektif dalam menjaga pH tetap stabil dalam kisaran optimal yang terkait dengan kompos matang.

Kandungan NPK dan Rasio C/N

Rata-rata kompos N, P, K, C-organik, dan C/N selama proses pengomposan berbagai perlakuan menunjukkan dinamika kimia yang dipengaruhi oleh jenis agen pengurai dan intensitas proses mineralisasi (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan N, P, K, C-organik, dan rasio C/N

Perlakuan	Kandungan				
	N	P	K	C	C/N
E ₀ (Kontrol)	1,12	2,51	4,53	32,67	29,17a
E ₁ (Bioaktivator)	1,19	1,55	4,45	32,99	26,88a
E ₂ (Maggot)	0,91%	2,70%	6,05%	15,00	16,48b
E ₃ (Vermikompos)	0,95	1,77	2,29	14,50	15,26b
E ₄ (Bioaktivator + Maggot)	1,98%	0,53%	1,51%	16,50	8,33d
E ₅ (Bioaktivator + Vermikompos)	1,11	0,81	0,77	13,50	12,16c
LSD 5%					2,179

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji LSD pada taraf 5%).

Kandungan unsur hara dan rasio C/N dari berbagai perlakuan menunjukkan bahwa proses dekomposisi berlangsung dengan intensitas yang berbeda sesuai dengan karakter zat dekomposisi yang digunakan. Perlakuan E₂ dan E₃ menghasilkan nilai C-organik yang jauh lebih rendah (15,00 dan 14,50) daripada kontrol dan bioaktivator, menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam rasio C/N menjadi 16,48 dan 15,26. Rasio C/N yang rendah ini menunjukkan dekomposisi yang sangat efisien fraksi karbon yang mudah menguap telah banyak dimineralisasi menjadi CO₂ dan nitrogen relatif lebih stabil. Perlakuan E₄ menunjukkan C/N terendah (8,33), proses dekomposisi yang sangat intens dan mendekati kondisi kompos matang dengan stabilitas tinggi. Perlakuan E₀ dan E₁ mempertahankan C-organik tinggi (32,67–32,99) dan menghasilkan rasio C/N tertinggi (29,17–26,88). Rasio C/N yang tinggi menunjukkan dekomposisi yang sedang berlangsung dan kompos yang belum matang, sedangkan C/N rendah menunjukkan proses dekomposisi yang lebih lengkap, peningkatan ketersediaan nutrisi, dan kualitas kompos yang lebih baik untuk aplikasi agronomi (Abaker et al., 2025; Chen et al., 2026; Emuah et al., 2026).

4 Kesimpulan

Perlakuan bioaktivator, maggot dan vermikompos pada proses pengomposan eceng gondok menunjukkan hasil yang berbeda. Perlakuan kombinasi bioaktivator dan maggot (E₄) merupakan perlakuan paling efektif dalam menghasilkan kompos matang. kompos yang stabil dan kaya nutrisi dengan rasio C/N terendah (8,33) dan kandungan nitrogen tertinggi (1,98%). Bioaktivator berperan mempercepat proses melalui peningkatan aktivitas mikroba, maggot efektif menurunkan biomassa dan mempercepat dekomposisi, sedangkan vermikompos meningkatkan stabilitas dan kematangan kompos, sehingga

apabila tujuan utama adalah memperoleh kompos matang berkualitas tinggi dalam waktu yang lebih singkat.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Skema Pendanaan Penelitian Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman, berdasarkan Surat Keputusan Rektor No. 881/DST/UN17/HK02.03/2026. Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Mulawarman dan Dekan Fakultas Pertanian atas dukungan kelembagaan dan penyediaan sumber daya penelitian.

Daftar Pustaka

- Abaker, M., Redon, R., Théraulaz, F., Raynaud, M., Prudent, P., Vassalo, L., Martino, C., Domeizel, M., & Mounier, S. (2025). Composting Process Monitoring and Maturity Prediction by Spectroscopic Measurement and PLS Modelling. *International Journal of Environmental Research*, 19(4), 108. <https://doi.org/10.1007/s41742-025-00753-3>
- Abdillah, M. H., & Budi, I. S. (2021). Pembuatan dan Aplikasi Bahan Pembenah Tanah Pada Pertanian di Lahan Basah Sub-Optimal. *Buletin Profesi Insinyur*, 4(1), 23–28. <https://doi.org/10.20527/bpi.v4i1.94>
- Amrul, N. F., Kabir Ahmad, I., Ahmad Basri, N. E., Suja, F., Abdul Jalil, N. A., & Azman, N. A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 14(8), 4565. <https://doi.org/10.3390/su14084565>
- Amuah, E. E. Y., Fei-Baffoe, B., Miezhah, K., Sarpong, Y. A., Obiri-Danso, K., Sackey, L. N. A., & Kazapoe, R. W. (2026). Multidimensional modelling of compost quality integrating nutrient dynamics, energetics and pathogen inactivation. *Results in Engineering*, 29, 109821. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2026.109821>
- Berhe, S. G., Seid, A., Tsegay, B. A., Sato, S., & Lule, G. Y. (2025). Effect of Charcoal on the Quality of Vermicompost Produced With Water Hyacinth and Cow Manure. *The Scientific World Journal*, 2025(1), 1086347. <https://doi.org/10.1155/tswj/1086347>
- Canning, A. (2025). A Review on Harnessing the Invasive Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for Use as an Agricultural Soil Amendment. *Land*, 14(5), 1116. <https://doi.org/10.3390/land14051116>
- Chen, K., Zhang, X., Li, G., Luo, W., Zhou, H., Shen, Y., & Nghiem, L. D. (2026). Mechanistic insights into nitrogen loss during food waste composting revealed by metagenomic and qPCR analyses under varying substrate C/N ratios. *Bioresource Technology*, 458, 135157. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2026.135157>
- Chen, Y., & Xu, Z. (2025). Water Hyacinth Invasion: Ecological Impacts, Control Strategies, and Future Management Approaches. *Theoretical and Natural Science*, 75(1), 146–150. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/2024.LA19384>
- Dechassa, N., Bedada, S., Hundessa, N., Abera, T., Negewo, T., Bekele, G., Gella, D., Tola, B., Tufa, T., & Geremew, D. (2025). Water Hyacinth Management via Utilization as Composting Material in Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, 2025(1), 9422881. <https://doi.org/10.1155/ioa/9422881>
- DU, H.-Q., SUN, H., ZHOU, J., ZHONG, H., LI, X.-L., WU, S., PENG, F., TURNER, B. L., & LAMBERS, H. (2026). Microbial mechanisms enhancing soil phosphorus

bioavailability through vermicompost application for sustainable agriculture. *ENGINEERING Agriculture*, 13(4), 26672. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2026672>

- Geethakarathi, A. (2021). Novel Approaches Towards Sustainable Management of an Agricultural Residue—The Rice Husk. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(1), 349–355. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2021.v20i01.040>
- Gezahegn, A., Selassie, Y. G., Agegnehu, G., Addisu, S., Mihretie, F. A., Kohira, Y., Lewoyehu, M., & Sato, S. (2024). Sustainable weed management and soil enrichment with water hyacinth composting and mineral fertilizer integration. *Environmental Challenges*, 16, 101007. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101007>
- Hutapea, A. R., & Siregar, D. J. S. (2023). Quality of Cow Manure Compost Using Effective Microorganism (EM4) and Black Soldier Fly (BSF) Fly Larvae (Maggot). *International Journal of Research and Review*, 10(2), 271–276. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20230234>
- Ibro, M. K., Ancha, V. R., Lemma, D. B., & Pohl, M. (2024). Enhancing Biodegradability of Coffee Husk and Water Hyacinth Using Food Waste: Synergistic and Kinetic Evaluation Under Co-digestion. *BioEnergy Research*, 17(3), 1953–1970. <https://doi.org/10.1007/s12155-024-10750-7>
- Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Pratap-Singh, A., Mishra, S., Ayub, R., Jeon, B.-H., & Khan, M. A. (2023). Vermicompost: An Eco-Friendly and Cost-Effective Alternative for Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 15(20), 14701. <https://doi.org/10.3390/su152014701>
- Kulabako, R. N., Semiyaga, S., Tumwesige, R. S., Irumba, C., Opio, M. I., Manga, M., Tumwesige, V., Quintana-Najera, J., & Ross, A. B. (2025). Enhanced biogas production from water hyacinth and cow dung with wood and faecal sludge biochar. *Energy Nexus*, 17, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2024.100342>
- Li, N., Zhang, Y., Shi, K., Zhang, Y., Sun, X., Wang, W., & Huang, X. (2022). Monitoring water transparency, total suspended matter and the beam attenuation coefficient in inland water using innovative ground-based proximal sensing technology. *Journal of Environmental Management*, 306, 114477. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114477>
- Liu, Z., Yin, Q., Fang, Y., Zhang, X., Xia, W., Jiao, Z., Song, T., Wan, H., & Guo, T. (2024). Effect of exogenous thermophilic biocontrol agent inoculum on the high temperature chicken manure composting. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1484047. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1484047>
- Muche, M., Bitew, Y., Selassie, Y. G., Gezahegn, A., Addisu, S., & Sato, S. (2025). Synergistic Effects of Water Hyacinth Compost and Blended Mineral Fertilizers on Key Soil Properties and Bread Wheat Yield. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 4(1), e70054. <https://doi.org/10.1002/sae2.70054>
- Nashrullah, M. F., Sofyan, E. T., Yuniarti, A., Sudirja, R., & Simarmata, T. (2025). Addressing Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Problem through Composting: Exploring its Potential as a Organic Soil Amendment. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 26(3), 33–42. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2025/v26i3673>
- Pradnya, I. N., Am, A. I., & Pradani, H. R. (2023). Effects of *Eudrilus eugeniae* Worms and Cow Manure on the Vermicompost Process of Household Organic Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1203(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1203/1/012052>
- Rahimi, M., & Avazpour, L. (2024). Water Hyacinth: Ecological Resilience, Opportunities, and Threats in Integrated Management. *14th International Conference on*

Agricultural Science Environment Urban and Rural Development.

- Ranawake, L., Jayaweera, C., & Amarasinghe, R. (2025). Optimizing the Ratio of Water Hyacinth, Cattle Manure, and Sawdust for the Optimum Physicochemical and Biological Properties of Compost. *Journal of Food and Agriculture*, 18(1), 15–35. <https://doi.org/10.4038/jfa.v18i1.5335>
- Rehman, S. U., Castro, F. D., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2024). Correction: Rehman et al. Vermicompost: Enhancing Plant Growth and Combating Abiotic and Biotic Stress. *Agronomy* 2023, 13, 1134. *Agronomy*, 14(6), 1256. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061256>
- Sari, N. N., Abduh, A. M., Mulyawan, R., Ellya, H., Apriani, R. R., Nurlaila, N., Masganti, M., & Yusran, F. H. (2026). A Circular Bioresource Approach: Converting Water Hyacinth into Compost for Improved Soil Fertility and Yam Production in Tropical Wetlands. *Agrikultura*, 37(1), 197–206. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v37i1.67916>
- Serafini, L. F., Arrobas, M., Rodrigues, M. Â., Feliciano, M., Miguens, F., Oliveira, V., Santos, D., Tuesta, J. L. D. D., & Gonçalves, A. (2025). The Composting of Water Hyacinth: A Life Cycle Assessment Perspective. *Waste and Biomass Valorization*, 16(1), 507–523. <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02677-z>
- Shifadjzic, K. (2025). Potential of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as Compost and its Effect on Soil and Plant Properties: Review. *International Journal of Multidisciplinary Research in Science, Engineering and Technology*, 08(02). <https://doi.org/10.15680/IJMRSET.2025.0802003>
- Sierra-Carmona, C. G., Hernández-Orduña, M. G., & Murrieta-Galindo, R. (2022). Alternative Uses of Water Hyacinth (*Pontederia crassipes*) from a Sustainable Perspective: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 14(7), 3931. <https://doi.org/10.3390/su14073931>
- Sileshi, G. W., Stewart, Z. P., Odhong, J., Mhlanga, B., Amede, T., Aynekulu, E., Thierfelder, C., Marenja, P., Dittmer, K. M., Aliyu, K. T., Chikowo, R., Chiduwa, M., Ngoma, H., & Snapp, S. (2025). A review of organic inputs to inform soil health advice for African smallholder farmers: Localization matters. *Npj Sustainable Agriculture*, 3(1), 20. <https://doi.org/10.1038/s44264-025-00063-3>
- Tibebe, D., Kassa, Y., Biru, B., Aregahagne, S., Jember, K., Fentie, T., Assefa, F., Moges, Z., & Ayele, H. S. (2025). Evaluating the nutrient content and heavy metal safety of water hyacinth-based compost: A sustainable solution for chemical fertilizer reduction and nutrient recycling in agriculture. *Scientific African*, 30, e02985. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02985>
- Udume, O. A., Abu, G. O., Stanley, H. O., Vincent-Akpu, I. F., & Momoh, Y. (2022). Impact of composting factors on the biodegradation of lignin in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth): A response surface methodological (RSM) investigation. *Heliyon*, 8(9), e10340. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10340>
- Wang, D., Lin, J. Y., Sayre, J. M., Schmidt, R., Fonte, S. J., Rodrigues, J. L. M., & Scow, K. M. (2022). Compost amendment maintains soil structure and carbon storage by increasing available carbon and microbial biomass in agricultural soil – A six-year field study. *Geoderma*, 427, 116117. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116117>
- Yang, H., Tan, T., Ren, G., Liu, Y., Liu, Z., Xia, S., Wu, Z., & Zhang, Y. (2025). The dual nature of water hyacinth (*Pontederia crassipes*): Environmental threats and sustainable solutions. *Water Biology and Security*, 4(3), 100359. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2025.100359>
- Yanqoritha, N. (2023). Influence of Physico-Chemical and Bioactivators for Composting of

Traditional Market Vegetable Waste. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1696–1704. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3238>

- Zega, I. C., Mendrofa, Y. T., Mendrofa, E., & Ndraha, A. B. (2025). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 2(1), 160–167. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.259>
- Zhang, J., Luo, Z., Li, N., Yu, Y., Cai, M., Zheng, L., Zhu, F., Huang, F., K.Tomberlin, J., Rehman, K. U., Yu, Z., & Zhang, J. (2023). Cellulose-degrading bacteria improve conversion efficiency in the co-digestion of dairy and chicken manure by black soldier fly larvae. *Journal of Environmental Management*, 348, 119156. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119156>

Komponen Utama Kesuburan Perairan Tambak Di Desa Pondong Baru Dengan Menggunakan Nilai Spektral Citra Drone

Ismail Fahmy Almadi¹, Muhammad Yusuf Ramadhan^{1*}, Andi Nikhlani¹

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman

Email: yusufrmdhnn01@gmail.com

Submit : 29-05-2026

Revisi : 16-06-2026

Diterima : 21-06-2026

ABSTRACT

The productivity of brackish water aquaculture is often fluctuative due to suboptimal water quality and the difficulty of monitoring pond water fertility over large areas. This study aims to identify the main components of pond water fertility and to examine the relationship between RGB spectral values from drone imagery with nitrate and phosphate parameters. Image acquisition was carried out using a DJI Mavic 2 Pro drone at an altitude of 50 m, with 15 samples collected from three semi-intensive ponds in Pondong Baru Village, Kuaro District, Paser Regency. The measured parameters included brightness, temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, turbidity, nitrate, and phosphate. Data analysis was performed using Principal Component Analysis (PCA) and linear regression. The results showed that two principal components (PCs) explain 87.1% of the data variation. PC1 is dominated by temperature (0.967), pH (0.912), brightness (0.882), and dissolved oxygen (0.851), while PC2 is dominated by phosphate (0.798) and nitrate (-0.637). Linear regression for phosphate showed $R^2 = 0.495$ (marginal significance), while nitrate was not significant ($R^2 = 0.033$). Drone imagery has the potential to be effective for monitoring pond water fertility, particularly for phosphate parameters.

Keywords: Drone imagery, Nitrate, PCA, Phosphate, Pond water fertility, RGB

ABSTRAK

Produktivitas budidaya air payau sering fluktuatif akibat kualitas air yang tidak optimal dan sulitnya pemantauan kesuburan perairan tambak pada lahan yang luas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen utama kesuburan perairan tambak dan menguji hubungan nilai spektral RGB citra drone dengan parameter nitrat dan fosfat. Pengambilan citra menggunakan drone DJI Mavic 2 Pro pada ketinggian 50 m dengan 15 sampel pada tiga tambak semi-intensif di Desa Pondong Baru, Kecamatan Kuaro, Kabupaten Paser. Parameter yang diukur meliputi kecerahan, suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, nitrat, dan fosfat. Analisis data menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dan regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua komponen utama (PC) yang menjelaskan 87,1% variasi data. PC1 didominasi oleh suhu (0,967), pH (0,912), kecerahan (0,882), dan oksigen terlarut (0,851); PC2 didominasi oleh fosfat (0,798) dan nitrat (-0,637). Regresi linier fosfat menunjukkan $R^2 = 0,495$ (marginal signifikan), sedangkan nitrat tidak signifikan ($R^2 = 0,033$). Citra drone berpotensi efektif memantau kesuburan perairan tambak, terutama parameter fosfat.

Kata Kunci: Citra drone, Fosfat, Kesuburan perairan tambak, Nitrat, PCA, RGB

1 Pendahuluan

Permintaan pasar terhadap komoditas perikanan mendorong perkembangan budidaya air payau di Indonesia sangat pesat dalam tiga dekade terakhir (Chumaisaroh et al., 2021). Sektor budidaya perikanan Indonesia sendiri menunjukkan tren pertumbuhan yang konsisten, dengan produksi mencapai 16,87 juta ton pada tahun 2022, di mana kegiatan budidaya pembesaran air payau menjadi salah satu jenis usaha yang

mendominasi setelah budidaya rumput laut (Christiana et al., 2024). Lebih dari 50% kebutuhan produk perikanan dipenuhi melalui perikanan budidaya karena stok ikan di perairan dalam status tingkat pemanfaatan (penangkapan) sudah mendekati batas maksimum lestari fully exploited (Suhana, 2022). Produktivitas budidaya ikan bandeng, ikan kakap, dan udang di Kalimantan Timur mengalami fluktuasi signifikan dari tahun 2017 hingga 2024 (BPS, 2024).

Perkembangan produksi perikanan budidaya menuntut dukungan teknologi agar menjamin terjaganya keberhasilan produksi, salah satu faktor penting keberhasilan produksi budidaya tambak adalah sistem monitoring kualitas air (Baena-Navarro et al., 2025). Sistem monitoring kualitas air untuk memantau tingkat kesuburan perairan perlu dilakukan secara cepat, tepat, relatif mudah dan murah, di tengah tantangan luasnya areal lahan tambak yang berproduksi, sehingga perubahan ekosistem perairan dapat terdeteksi (Dewi et al., 2025). Peningkatan kadar nitrat dan fosfat yang tidak terkendali juga berisiko memicu eutrofikasi pada perairan budidaya, sehingga pemantauan dini terhadap kedua parameter tersebut menjadi penting bagi keberlanjutan produksi (Yusal et al., 2025). Drone mampu menghasilkan citra resolusi tinggi yang dapat digunakan untuk pemantauan kualitas air secara spasial pada wilayah tambak yang luas (Sandu et al., 2023; Basyuni et al., 2021). Morgan (2024) melakukan kajian hubungan antara jumlah plankton dan citra drone untuk menentukan status kesuburan perairan secara cepat dan efisien.

Metode pemantauan kualitas air dengan menggunakan teknologi drone dibutuhkan petambak yang memiliki lahan luas untuk menjaga kualitas air tambak. Teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemantauan kualitas air bagi petambak. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen utama dari parameter kesuburan perairan tambak di Desa Pondong Baru menggunakan nilai spektral RGB citra drone, serta menguji sejauh mana nilai spektral tersebut dapat memprediksi konsentrasi nitrat dan fosfat.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2026, bertempat di tambak semi-intensif Desa Pondong Baru, Kecamatan Kuaro, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Desa Pondong Baru, Kec. Kuaro, Kab. Paser

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat/Bahan	Fungsi
1	Drone DJI Mavic 2 Pro	Pengambilan citra udara tambak
2	Handheld pH ORP Temperature Meter	Pengukuran suhu dan pH air
3	Refraktometer	Pengukuran salinitas air
4	Spektrofotometer	Pengukuran kadar fosfat dan nitrat
5	Turbidimeter LUTRON TU-2016	Pengukuran kekeruhan air
6	ArcGIS Software	Ekstraksi nilai spektral RGB citra drone
7	NO ₃ & PO ₄ Test Kit	Uji kandungan nitrat dan fosfat

Prosedur Penelitian

Pengambilan citra dilakukan menggunakan drone DJI Mavic 2 Pro pada ketinggian 50 m di atas permukaan tambak. Sebanyak 15 titik sampel ditetapkan pada tiga tambak semi-intensif (Tambak 1, Tambak 2, dan Tambak 3). Pada setiap titik sampel dilakukan pengukuran parameter kualitas air secara langsung di lapangan. Sampel air untuk analisis nitrat dan fosfat diambil menggunakan botol sampel dan dianalisis di laboratorium menggunakan spektrofotometer berdasarkan SNI 6989-31:2021. Nilai spektral RGB pada setiap titik sampel diekstrak dari orthofoto citra drone menggunakan perangkat lunak ArcGIS.



Gambar 2. Foto udara Tambak 1 dengan titik pengambilan sampel (sampel 1–5)



Gambar 3. Foto udara Tambak 2 dan Tambak 3 dengan titik pengambilan sampel (sampel 6–15)

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan dua metode, yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan regresi linier berganda. PCA digunakan untuk mengidentifikasi komponen utama yang menjelaskan kesuburan perairan tambak, dengan uji kelayakan data menggunakan nilai Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan uji Bartlett. Regresi linier berganda digunakan untuk menguji hubungan antara nilai spektral RGB citra drone dengan konsentrasi fosfat dan nitrat.

3 Hasil Dan Pembahasan

Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan pada 15 titik sampel dari tiga tambak semi-intensif. Rangkuman statistik deskriptif hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter kualitas air tambak

Parameter	Min	Max	Rata-rata	SD	Satuan	Baku Mutu
Kecerahan	21	47	32,5	8,2	Cm	>30
Suhu	28	31	29,5	0,9	°C	28-32
pH	6,9	8,5	7,9	0,5	-	7,5-8,5
Oksigen Terlarut	3,9	6,5	5,2	0,8	ppm	>4
Kekeruhan	12	48	28,4	11,3	NTU	<50
Fosfat	0,091	0,226	0,138	0,043	mg/L	0,1-0,3
Nitrat	0,102	0,146	0,121	0,012	mg/L	0,1-0,3

Nilai kecerahan berkisar antara 21–47 cm, sebagian besar berada pada kisaran optimal budidaya. Suhu perairan berkisar 28–31°C dan masih berada dalam rentang optimal pertumbuhan udang dan ikan bandeng. Nilai pH berkisar antara 6,9–8,5 sesuai dengan standar budidaya air payau. Oksigen terlarut berkisar 3,9–6,5 ppm, dan kekeruhan berkisar 12–48 NTU. Konsentrasi fosfat (0,091–0,226 mg/L) dan nitrat (0,102–0,146 mg/L) masih berada dalam kisaran yang mendukung produktivitas perairan tambak (Muhammad et al., 2023).

Nilai Spektral RGB Citra Drone

Nilai spektral RGB diekstrak dari *orthofoto citra drone DJI Mavic 2 Pro* menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Rata-rata nilai R, G, dan B pada semua sampel menunjukkan dominasi warna abu-abu kecokelatan, konsisten dengan kondisi perairan tambak yang keruh. Nilai R berkisar 119–167, nilai G berkisar 118–162, dan nilai B berkisar 100–169.

Principal Component Analysis (PCA)

Hasil pengukuran salinitas pada ketiga tambak menunjukkan nilai yang sama (*zero variance*), sehingga parameter ini dikeluarkan dari PCA. Parameter kekeruhan juga dikeluarkan karena nilai KMO awal hanya sebesar 0,351 (di bawah ambang batas 0,5). Rendahnya nilai KMO untuk kekeruhan konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa nilai reflektansi RGB pada kondisi kekeruhan tinggi cenderung tidak stabil dan sulit dikorelasikan secara linear dengan parameter lain (Cui et al., 2022).

Setelah pemangkasan, analisis dilakukan dengan enam variabel: kecerahan, suhu, pH, oksigen terlarut, fosfat, dan nitrat. Nilai KMO akhir memenuhi syarat kelayakan. Hasil PCA disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Eigenvalue dan proporsi variansi komponen utama

Komponen	Eigenvalue	Proporsi Variansi (%)	Kumulatif (%)
PC1	3,547	59,12	59,12
PC2	1,088	18,13	77,26
PC3	0,593	9,88	87,14

Tabel 4. *Loading factor* variabel pada komponen utama PC1 dan PC2

Variabel	PC1 (Loading)	PC2 (Loading)
Suhu	0,967	0,121
pH	0,912	0,213
Kecerahan	0,882	-0,109
Oksigen Terlarut	0,851	0,198
Fosfat	0,143	0,798
Nitrat	-0,212	-0,637

Uji kelayakan data menggunakan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan Bartlett's Test of Sphericity untuk menentukan jumlah *principal component* (PC) yang dipertahankan. Analisis PCA dinyatakan layak apabila nilai KMO lebih dari 0,50 dan uji Bartlett menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$. Nilai tersebut menunjukkan korelasi antarvariabel cukup kuat dan data dapat direduksi menjadi beberapa komponen utama (Adejuwon et al., 2025; Greenacre et al., 2022).

Hasil PCA diperoleh PC1 dengan nilai eigenvalue sebesar 3,547 yang mampu menjelaskan 59,12% variasi total data, sedangkan PC2 memiliki eigenvalue sebesar 1,088 dengan kontribusi 18,13%. Kedua komponen tersebut memiliki eigenvalue lebih besar dari 1, sehingga dipertahankan berdasarkan kriteria Kaiser, sedangkan PC3 memiliki eigenvalue sebesar 0,593 (<1) sehingga tidak dipilih karena kontribusinya relatif kecil terhadap variasi data. Komponen utama (PC1 dan PC2) telah mewakili sebagian besar informasi dari enam parameter kualitas air yang dianalisis (77,26%). Menurut Greenacre et al. (2022), proporsi variansi kumulatif di atas 70% umumnya telah memadai untuk menggambarkan struktur data multivariat.

PC1 berdasarkan nilai loading didominasi oleh suhu (0,967), pH (0,912), kecerahan (0,882), dan oksigen terlarut (0,851), sehingga komponen ini merepresentasikan kondisi fisikokimia perairan. PC2 memiliki loading tertinggi pada fosfat (0,798) dan nitrat (-0,637), yang menunjukkan bahwa komponen ini menggambarkan dimensi tingkat kesuburan perairan. Onibara (2025) mengungkapkan bahwa berdasarkan PCA Nitrat, Amonium dan TSS merupakan parameter yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kualitas air.

Regresi Linier: Hubungan RGB dengan Nitrat dan Fosfat

Analisis regresi linier berganda dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan nilai spektral merah (R), hijau (G), dan biru (B) yang diperoleh dari citra drone sebagai prediktor

konsentrasi fosfat dan nitrat pada perairan tambak. Hasil analisis menunjukkan bahwa model regresi untuk fosfat memiliki nilai R^2 sebesar 0,495, F-statistic sebesar 3,594, dan p-value sebesar 0,050, sehingga model berada pada batas signifikansi pada taraf kepercayaan 95% (Tabel 5). Nilai tersebut menunjukkan bahwa 49,5% variasi konsentrasi fosfat dapat dijelaskan oleh kombinasi nilai RGB, sedangkan 50,5% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain (padatan tersuspensi, bahan organik terlarut, kondisi dasar perairan, maupun kondisi pencahayaan saat akuisisi citra).

Tabel 5. Ringkasan Hasil Regresi Linier Berganda

Parameter	R^2	F-stat	p-value	Keterangan
Fosfat	0,495	3,594	0,050	Signifikan*
Nitrat	0,033	0,124	0,944	Tidak Signifikan

Persamaan regresi fosfat yang terbentuk adalah: $\text{Fosfat} = -0,461 + 0,00428 \cdot R - 0,00549 \cdot G + 0,00271 \cdot B$. Koefisien regresi menunjukkan bahwa peningkatan nilai kanal merah (R) dan biru (B) cenderung meningkatkan prediksi konsentrasi fosfat, sedangkan peningkatan nilai kanal hijau (G) menurunkan prediksi konsentrasi fosfat. Variasi konsentrasi fosfat tidak terdeteksi secara langsung oleh sensor RGB, tetapi melalui perubahan karakteristik optik perairan. Perubahan tersebut dipengaruhi adanya fitoplankton, bahan organik, dan partikel tersuspensi yang mengubah pola reflektansi pada spektrum cahaya tampak. Sensor RGB pada wahana nirawak mampu menangkap perubahan warna permukaan air yang berkaitan dengan kualitas air, meskipun akurasinya masih dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, pencahayaan, dan sifat optik masing-masing parameter kualitas air (Bai et al., 2024).

Menurut Wasehun et al., (2024) nilai RGB memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi konsentrasi fosfat. Fosfor, klorofil-a, padatan tersuspensi, dan bahan organik merupakan parameter kualitas air yang memengaruhi warna permukaan. Warna tersebut lebih mudah dimodelkan menggunakan informasi spektral dibandingkan parameter yang tidak memiliki karakteristik optik secara langsung. Integrasi data spektral dengan model statistik maupun pembelajaran mesin terbukti mampu meningkatkan kemampuan prediksi berbagai parameter kualitas air pada perairan darat dan tambak.

Model regresi untuk nitrat menghasilkan $R^2 = 0,033$ dengan p-value = 0,944 yang menunjukkan tidak terdapat hubungan linier yang signifikan antara nilai RGB dengan konsentrasi nitrat. Nilai R^2 yang sangat rendah menunjukkan bahwa hanya 3,3% variasi konsentrasi nitrat yang dapat dijelaskan oleh model regresi, sedangkan 96,7% variasi lainnya dipengaruhi oleh faktor di luar model. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai RGB belum mampu merepresentasikan perubahan konsentrasi nitrat pada lokasi penelitian.

Nitrat merupakan senyawa terlarut yang tidak memiliki sifat optik pada spektrum cahaya tampak, sehingga perubahan konsentrasinya tidak secara langsung memengaruhi reflektansi permukaan air yang direkam oleh kamera RGB. Konsentrasi nitrat umumnya hanya dapat diperkirakan secara tidak langsung menggunakan sensor multispektral dan hiperspektral yang memiliki resolusi spektral lebih tinggi. Zhang et al. (2023), merekomendasikan penggunaan sensor multispektral atau hiperspektral serta pendekatan pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi estimasi parameter nutrisi, termasuk nitrat, pada perairan budidaya.

Sensor RGB berbasis drone lebih efektif untuk memprediksi parameter kualitas air yang berkaitan dengan perubahan sifat optik permukaan perairan dibandingkan parameter yang bersifat optik pasif seperti nitrat. Kamera RGB dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pemantauan kualitas air yang cepat, murah, dan non-destruktif, khususnya untuk parameter yang memengaruhi karakteristik warna air (Kwon et al., 2023). Pengembangan model yang menggabungkan data spektral dengan sensor multispektral atau hiperspektral serta pendekatan analisis yang lebih kompleks diperlukan untuk memperoleh estimasi parameter nutrisi di perairan dengan akurasi yang lebih tinggi.

4 Kesimpulan

Penggunaan citra drone menunjukkan potensi sebagai metode monitoring kualitas air tambak yang cepat, efisien, dan berbasis penginderaan jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data RGB mampu memprediksi fosfat dengan kemampuan sedang ($R^2=0,495$). Fosfat dapat memengaruhi karakteristik optik perairan melalui perubahan produktivitas dan partikel tersuspensi. Prediksi nitrat masih rendah ($R^2=0,033$) karena nitrat tidak memiliki respons langsung terhadap cahaya tampak. Penggunaan drone berbasis sensor RGB sebagai alat pemantauan awal kualitas air tambak dan estimasi nutrisi terlarut memerlukan dukungan sensor multispektral atau metode analisis lanjutan.

Daftar Pustaka

- Adejuwon, E. O., Ogwueleka, T. C., Ogungbemi, E. O., Prabhu, R., Rendon-Nava, A., & Yates, K. (2025). Assessment of Surface Water Quality Using Chemometric Tools: A Case Study of Jabi Lake, Abuja, Nigeria. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 49(1), 829–852. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01712-2>
- Baena-Navarro, R., Carriazo-Regino, Y., Torres-Hoyos, F., & Pinedo-López, J. (2025). Intelligent Prediction and Continuous Monitoring of Water Quality in Aquaculture: Integration of Machine Learning and Internet of Things for Sustainable Management. *Water*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.3390/w17010082>
- Bai, X., Wang, J., Chen, R., Kang, Y., Ding, Y., Lv, Z., Ding, D., & Feng, H. (2024). Research progress of inland river water quality monitoring technology based on unmanned aerial vehicle hyperspectral imaging technology. *Environmental Research*, 257,

119254. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119254>

- Basyuni, M., Bimantara, Y., & Amelia, R. (2021). *Mengenal Drone dalam Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya dalam Penelitian Kehutanan*. USU Press.
- BPS. (2024). *Produksi Perikanan Budidaya Menurut Komoditas Utama (Ton)*. Badan Pusat Staistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTUxMyMy/produksi-perikanan-budidaya-menurut-komoditas-utama.html>
- Chen, Y., Yao, K., Zhu, B., Gao, Z., Xu, J., Li, Y., Hu, Y., Lin, F., & Zhang, X. (2024). Water Quality Inversion of a Typical Rural Small River in Southeastern China Based on UAV Multispectral Imagery: A Comparison of Multiple Machine Learning Algorithms. *Water*, 16(4), 553. <https://doi.org/10.3390/w16040553>
- Christiana, D. W., Pairunan, R., & Ibrahim, L. K. J. (2024). *Menuju Hilirisasi Sektor Perikanan Indonesia yang Kuat dan Berkelanjutan*. World Resources Institute (WRI) Indonesia. World Resources Institute (WRI) Indonesia. <https://wri-indonesia.org/id/wawasan/menuju-hilirisasi-sektor-perikanan-indonesia-yang-kuat-dan-berkelanjutan>
- CHUMAISAROH, D. A., Widiastuti, N. A., & Kusumodestoni, R. H. (2021). *Monitoring Produktivitas Nauplius Vanammei Dengan Fuzzy C-Means Pada BBPBAP Jepara*. UNIVERSITAS ISLAM NAHDLATUL ULAMA JEPARA.
- Cui, M., Sun, Y., Huang, C., & Li, M. (2022). Water Turbidity Retrieval Based on UAV Hyperspectral Remote Sensing. *Water*, 14(1), 128. <https://doi.org/10.3390/w14010128>
- Dewi, N. N. (2025). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Tingkat Kesuburan dan Status Pencemaran Air Pesisir Bomo, Banyuwangi, Indonesia. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 9(3). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2025.009.03.4>
- Greenacre, M., Groenen, P. J. F., Hastie, T., D'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100. <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>
- Kwon, D. Y., Kim, J., Park, S., & Hong, S. (2023). Advancements of remote data acquisition and processing in unmanned vehicle technologies for water quality monitoring: An extensive review. *Chemosphere*, 343, 140198. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140198>
- Manurung Morgan, Ismail Fahmy Almadi, & Asfie Maidie. (2024). Hubungan Nilai Spektral Citra Drone dengan Kesuburan Plankton pada Tambak di Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Aquawarman*, 10(1), 101–112.
- Muhammad, M., Musafira, F., & Khairunnisa, K. (2023). Analisis Kesuburan Perairan Di Krueng Geukuh, Aceh Utara Berdasarkan Sebaran Nitrat Dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Fitoplankton. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 3(2), 66–78. <https://doi.org/10.24815/jkpi.v3i2.32738>
- Onibala, M., Thambas, A. H., & Riogilang, H. (2025). Analisis Kualitas Air Di Danau Tondano Menggunakan Evaluasi Temporal, WQI, CCME-WQI, DAN PCA. *Jurnal Sosial Teknologi*, 5(5). <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v5i5.32095>
- Sandu, M. A., Virsta, A., Vasilescu, G., Iliescu, A. I., Ivan, I., Nicolae, C. G., Stoian, M., & Madjar, R. M. (2023). Water Quality Monitoring Of Moara Domnească Pond, Ilfov County, Using UAV-Based RGB Imaging. *AgroLife Scientific Journal*, 12(1), 191–201. <https://doi.org/10.17930/AGL2023122>
- Song, H., Mehdi, S. R., Li, Z., Wang, M., Wu, C., Venediktov, V. Y., & Huang, H. (2023). Investigating the rate of turbidity impact on underwater spectral reflectance detection. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1031869.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1031869>

- Suhana. (2022). *Tingkat Pemanfaatan Ikan di WPPNRI Dominan Fully dan Over Exploited*. Literasi Ekonomi Kelautan. <https://suhana.web.id/2022/04/08/tingkat-pemanfaatan-ikan-di-wppnri-dominan-fully-dan-over-exploited/>
- Wasehun, E. T., Hashemi Beni, L., & Di Vittorio, C. A. (2024). UAV and satellite remote sensing for inland water quality assessments: A literature review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 277. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12342-6>
- Yusal, Muh. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Pratomo, R. H. S. (2025). Review Eutrofikasi: Risiko dalam Kesuburan Lingkungan Perairan dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 123–134. <https://doi.org/10.14710/jkli.67125>
- Zhang, Y., Jing, W., Deng, Y., Zhou, W., Yang, J., Li, Y., Cai, Y., Hu, Y., Peng, X., Lan, W., Peng, M., & Tang, Y. (2023). Water quality parameters retrieval of coastal mariculture ponds based on UAV multispectral remote sensing. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1079397. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1079397>



Jurnal Pertanian Terpadu
Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur
Jalan Soekarno-Hatta, Sangatta Kutai Timur, Kalimantan Timur
Kode Pos 75611, HP:082124319434 e-mail: jpt@stiperkutim.ac.id
Website: <http://ojs.stiperkutim.ac.id>



9 772354 725021