

# Penilaian Perkembangan Tanah Berdasarkan Tingkat Pencucian Liat Dan Kapasitas Tukar Kation Tanah Pada Areal Taman Botani Sangatta Kutai Timur

Apreski Dian Sari Pamula<sup>1</sup>, Muli Edwin<sup>2</sup>, Mufti Perwira Putra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Kehutanan STIPER Kutai Timur  
Jln. Seokarno Hatta No. 1 Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur Kode pos (75387)

<sup>2</sup> Program Studi Kehutanan STIPER Kutai Timur  
Jln. Seokarno Hatta No. 1 Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur Kode pos (75387)  
Telp. (0549) 25919 Fax. (0549) 28989

## ABSTRACT

*This study aims to determine the level of leaching clay in the Botany Garden, East Kutai, so as to provide information to managers of Botany Garden about the level leaching involving clay soil fertility in the area. The experiment was conducted approximately six months, consisting of field observation, data collection, laboratory test, data analysis of research results. The method used are; First, selection of the profile cross-section, Second; creating and observing sectional profiles, Third; recording, Fourth; soil sampling, Fifth; laboratory testsing and the final is data analysis. The results showed that the level of development of the soil in the late phase with Cation Exchange Capacity (CEC) <16meq/100g clay and categorized as fertile soil because it dominated by acidic cations. At a ±50 meters above sea level 20.24 meq/100 Litany CEC clay soil it was likely to contain illite clay minerals, while at ±80 meters above sea level 18.53 meq/100g loamy clay CEC was likely to have Chlorite clay minerals. From the results of both cross-sectional profile of CEC clay showed that the soil in the area of entrance to Botany Garden in the final phase / CEC further with clay <16 meq/100g clay. Based on leaching clay argillic horizons are which was generally owned land and the orders Ultisols A layer must be above 15% which layer argillic is % clay x 1.2. The result is at an heights of ±50 meters above sea the argillic layer reached 22.8% while ± 80 meters above sea the argillic layer reached 22.8%.*

**Keywords:** Soil Development, Clay, Leaching, Cation Exchange Capacity (CEC)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencucian liat dan Kapasitas Tukar Kation Tanah pada Areal Taman Botani Sangatta Kutai Timur, sehingga dapat memberikan informasi kepada pengelola Taman Botani mengenai tingkat pencucian liat yang menyangkut kesuburan tanah pada areal tersebut. Penelitian dilaksanakan kurang lebih 6 bulan terdiri dari observasi lapangan, pengumpulan data, uji laboratorium, analisis data dan penyusunan hasil penelitian. Adapun prosedur penelitiannya pertama pemilihan penampang profil, kedua pembuatan dan pengamatan penampang profil, ketiga pencatatan hasil pengamatan, keempat pengambilan contoh tanah, kelima uji laboratorium dan yang terakhir analisa data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat perkembangan tanahnya dalam fase lanjut dengan KTK liat <16me/100g liat dan termasuk tanah yang subur karena didominasi oleh kation-kation asam. Pada ketinggian ±50 mdpl KTK liatnya 20,24 meq/100 Liat maka tanah tersebut kemungkinan besar memiliki kandungan mineral liat Illit, sedangkan pada ketinggian ±80 mdpl KTK liatnya 18,53 meq/100g liat kemungkinan besar memiliki mineral liat Klorit. Berdasarkan pencucian liatnya terdapat horizon Argilik (Bt) yang umumnya dimiliki tanah ordo Ultisols dan lapisan A harus di atas 15 % dimana lapisan Argilik (Bt) adalah % liat

A x 1,2. Hasilnya yaitu pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl lapisan Argiliknya mencapai 22,8% sedangkan  $\pm 80$  mdpl lapisan Argiliknya mencapai 22,8 %.

**Kata kunci :** Perkembangan Tanah, Kapasitas Tukar Kation, Pencucian Liat

## **1 Pendahuluan**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa-sisa bahan organik dan organisme yang hidup di atasnya atau di dalamnya. Selain itu, di dalam tanah terdapat pula udara dan air. Perubahan dari bahan organik berlangsung cepat jadi bahan anorganik. Penilaian tingkat pelapukan tanah didasarkan pada sifat mineralogi, sifat fisik dan kimia. Mineral liat yang dominan pada tanah dengan vegetasi bambu (P1) adalah halloisit hidrat dan halloisit pada tanah vegetasi karet (P1), dengan sedikit illit dan khlorit. Jenis mineral liat KTK liatnya. Secara umum tingkat pelapukan kedua tanah sudah lanjut, tapi secara rinci terlihat bahwa tanah P2 lebih melapuk dari tanah P1. Hal ini dapat dilihat dari jumlah mineral mudah lapuk, jumlah mineral hasil pelapukan dan nisbah kuarsa terhadap feldspar dan fraksi pasir, serta kandungan mineral opak dan mineral paling mudah lapuk fraksi berat, tekstur tanah, kejenuhan basa (KB), reaksi tanah (pH) dan kejenuhan aluminium. Tanah tersebut telah mengalami pencucian lanjut sehingga horison B dapat dimasukkan sebagai horison Argilik, sedangkan horison tanah P1 baru dapat dimasukkan sebagai horison Kambik. Penimbunan liat yang terjadi pada horison B tanah P2 menunjukkan bahwa tanah itu telah mencapai tingkat perkembangan awal (Sihotang, 1989).

Selain faktor batuan, faktor topografi terutama kelerengan dan ketinggian tempat sangat berpengaruh dalam proses pembentukan tanah. Seperti halnya tanah-tanah di Kalimantan Timur yang sebagian besar terbentuk dari batuan sedimen, faktor curah hujan dan topografi secara terkait dan berkesinambungan menjadi penentu utama dalam pembentukan tanah selain karakteristik vegetasi. Vegetasi secara umum dipengaruhi oleh keadaan tanah dan ketersediaan air, dengan begitu perlu diperhatikan keberadaan vegetasi yang terdapat di suatu tempat yang tumbuh secara alami. Vegetasi alami ini dapat memberikan indikasi terhadap sifat-sifat tanah atau lingkungannya, sehingga perlu diketahui vegetasi dominan dan vegetasi spesifik yang tumbuh di wilayah tersebut (Anonim, 2004). Salah satu ciri hutan hujan tropis yaitu persediaan unsur hara total sebagian besar terdapat dalam biomassa tumbuhan dan secara relatif kecil disimpan dalam komponen tanah. Pohon-pohon dan banyak tumbuhan lain yang berakar menyerap unsur hara dan air pada tanah (Whitmore, 1975).

Air dalam tanah berasal dari air hujan yang ditahan oleh tanah sehingga tidak meresap ke tempat lain. Di samping percampuran bahan mineral dengan bahan organik,

maka dalam proses pembentukan tanah terbentuk pula lapisan-lapisan tanah atau horizon - horizon. Bahan penyusun tanah tersebut jumlahnya masing - masing berbeda untuk setiap jenis tanah atau pun setiap lapisan tanah. Pada tanah lapisan atas yang baik untuk pertumbuhan tanaman umumnya mengandung 45 % bahan mineral, 5 % bahan organik, 20 – 30 % udara dan air.

Tingkat perkembangan tanah dapat dicirikan oleh distribusi dan komposisi mineral di dalam tanah. Tanah yang mengalami perkembangan tanah lebih lanjut jika kandungan mineral primer yang mudah lapuk lebih sedikit dibanding mineral yang sukar lapuk. Sedangkan kandungan liat dalam tanah cenderung meningkat dengan tingkat pelapukan yang lebih lanjut (Hardjowigeno, 1993).

Tingkat perkembangan tanah dapat juga diketahui dengan menentukan *bulk density*. Makin tinggi *bulk density* makin berkembang tingkat perkembangan tanah. Jika *bulk density* turun dari 2.65 menjadi kurang dari 2 maka pelapukan batuan akan meningkat karena terbentuknya pori-pori tanah. Tanah yang mengalami pencucian lanjut sehingga horizon B dapat dimasukkan sebagai horizon kambik (Hardjowigeno, 1993).

Sebagian besar tanah di Kalimantan Timur adalah tanah tua atau tanah dengan perkembangan tingkat lanjut. Tanah tersebut umumnya sudah mengalami pencucian liat yang lama, sehingga perlu dibuktikan dengan berbagai informasi penelitian berdasarkan karakteristik topografi, karena di Kalimantan Timur memiliki sekitar 70% merupakan kawasan perbukitan. Di samping faktor relief, iklim dan bahan induk memiliki peranan penting dalam pembentukan tanah di Kalimantan Timur. Dua elemen utama berpengaruh adalah suhu dan jeluk hujan karena terlibat aktif dalam berbagai proses kimia (pelapukan mineral primer, pembentukan mineral sekunder, pertukaran kation, proses reduksi-oksidasi) dan fisika (pergerakan air dan bahan-bahan terlarut, daya mengembang-mengerut) di dalam tanah. Ditinjau dari regim suhunya, tanah-tanah di Kalimantan Timur tergolong dalam kelas *isohyperthermic* (mempunyai suhu rata-rata  $>22^{\circ}$  C dengan kisaran nilai minimum-maksimum  $<5^{\circ}$  C pada kedalaman 50 cm atau lebih dangkal bagi tanaman dengan sentuhan *lithic* sedangkan regim kelembaban tergolong ke dalam kelas *udic* (golongan tanah yang mengalami periode kering secara berturut-turut tidak lebih dari 60 hari atau secara kumulatif tidak lebih dari 90 hari dalam setahun (Sihotang, 1989).

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melihat sejauh mana tingkat perkembangan tanah berdasarkan pencucian liat dan nilai Kapasitas Tukar Kation pada Taman Botani Sangatta Kutai Timur

### 1.3 Manfaat Penelitian

- 1) Secara umum dapat memberikan tambahan informasi mengenai *data base* perkembangan tanah hutan tropis di Kalimantan Timur khususnya Taman Botani, Kutai Timur
- 2) Sebagai informasi kondisi tanah terutama tingkat pencucian liat di beberapa tempat yang memiliki ketinggian yang berbeda.

## 2 Metode

### 2.1 Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian bertempat di Taman Botani, Sangatta Kutai Timur. Lokasi penelitian tersebut ditempatkan sesuai dengan ketinggian tempat yang berbeda. Waktu penelitian ini dilakukan kurang lebih 6 bulan dimulai dari bulan Januari sampai Juni 2014 terdiri dari kegiatan observasi lapangan, pengumpulan data, uji laboratorium, analisis data, dan penyusunan hasil penelitian.

### 2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah beberapa contoh tanah. Pertama contoh tanah utuh (tidak terusik) dan kedua contoh tanah terusik.

Peralatan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) GPS (*Global Positioning Sistem*) untuk mengetahui posisi koordinat geografik titik pengamatan di lokasi penelitian.
- 2) Bor tanah (*auger/core*) digunakan untuk mengebor tanah untuk mengetahui sifat dan penyebaran tanah di lapangan.
- 3) Cangkul, garpu tanah, linggis, dan sekop untuk menggali lubang penampang/profil tanah.
- 4) *Tally sheet* dan alat tulis menulis untuk mencatat data di lapangan.
- 5) Kamera sebagai alat dokumentasi di lapangan.
- 6) Meteran untuk mengukur kedalaman penampang, ketebalan dan batas lapisan (Horizon), ukuran bahan kasar (kerikil, batu), struktur, karatan, dan perakaran.
- 7) Pisau atau cutter untuk menarik garis atau menandai batas lapisan, perbedaan warna, mengambil gumpalan tanah untuk melihat struktur, tekstur, gumpalan bahan kasar (konkresi), selaput liat, mengiris perakaran, dan mengambil contoh tanah.
- 8) Penusuk (*pin*) berupa paku besar atau kayu untuk menahan pita meteran
- 9) Buku *Munsell Soil Color Chart* sebagai pedoman untuk menetapkan warna tanah dan semua gejala karatan yang terdapat di dalam penampang.
- 10) *Handboard*, berupa papan alas untuk pencatatan.

- 11) Kompas untuk menentukan arah penampang terhadap lereng atau letak penampang terhadap sesuatu tanda tetap di lapangan.
- 12) Peta sistem lahan, peta tanah dan peta topografi untuk mengetahui posisi pengamatan di lapangan, jaringan jalan, sungai, kampung, dan situasi wilayah lainnya.
- 13) Peta lapangan berupa peta hasil interpretasi land form/satuan lahan atau peta analisis digunakan untuk memplot lokasi pengamatan dan kius sampel tanah
- 14) *Ring/tabung* untuk mengambil contoh tanah utuh.

## **2.3 Prosedur Kerja**

### **2.3.1 Pemilihan Titik/ Lokasi Penampang Tanah**

Sebelum membuat penampang (profil) tanah, perlu diperhatikan keadaan lingkungan sekitarnya. Lokasi pembuatan penampang tanah harus dilakukan pada tanah yang representatif dan sedapat mungkin tanahnya masih alami. Penampang tanah tidak boleh dibuat pada bekas timbunan sampah/pupuk, tanah galian atau timbunan tanah lainnya, bekas bangunan atau jalan, kuburan, ubinan, pesemaian, tempat sampah, atau pembuangan kotoran dan bekas-bekas material lainnya.

### **2.3.2 Pembuatan dan Pengamatan Profil Tanah**

Penampang atau profil tanah dibuat dengan dengan ukuran panjang 2 m, lebar 1 m, dalam 1,5 m. Bagian sisi penampang yang diamati adalah sisi yang terkena sinar matahari agar tampak terang. Pengamatan profil tanah dapat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Melakukan orientasi pada seluruh penampang tanah dan memperhatikan adanya perbedaan - perbedaan sifat tanah dalam setiap lapisan tanah.
- 2) Menggunakan pisau di tangan kanan untuk menusuk - nusuk dinding penampang yang akan dideskripsi, untuk mengetahui perbedaan kekerasan atau kepadatan dari keseluruhan penampang. Sementara itu dengan tangan kiri untuk merasakan perbedaan tekstur dengan meremas remas tanahnya.
- 3) Buat garis batas berdasarkan perbedaan - perbedaan yang dirasakan dan dilihat. Jika warna dan tekstur sama, maka perbedaan struktur, konsistensi dan kandungan bahan kasar digunakan sebagai dasar penarikan batas lapisan.
- 4) Tarik meteran, sehingga bisa diketahui kedalaman dan ketebalan tiap lapisan dan diberi nomor.
- 5) Selanjutnya dilakukan deskripsi dan pencatatan hasil deskripsi antara lain:
  - a. Tiap lapisan/Horizon ditentukan kedalaman dan ketebalannya

- b. Tiap batas lapisan/Horizon ditentukan kejelasan dan topografinya
- c. Tiap lapisan/Horizon berturut turut dari atas ke bawah ditentukan sekaligus warna, tekstur, struktur dan konsistensinya.
- d. Warna tanah ditentukan berdasarkan satuan - satuan dalam buku standar warna *Munsell Soil Color Chart*.
- e. Tekstur ditentukan berdasarkan kelas tekstur 12 fraksi.
- f. Struktur tanah yang diamati meliputi bentuk, ukuran, dan tingkat perkembangan.
- g. Konsistensi ditentukan berdasarkan keadaan basah, lembab atau kering.
- h. Drainase tanah, menunjukkan kecepatan meresapnya air dari tanah, atau keadaan yang menunjukkan lama dan seringnya jenuh air.
- i. Ketebalan solum, yaitu ketebalan lapisan tanah mineral dari atas sampai sedikit dibawah batas atas horizon C.

### **2.3.3 Pencatatan Hasil Pengamatan**

Hasil pengamatan tanah dicatat pada form pencatatan hasil pengamatan. Formulir isian ini memuat keterangan umum, keterangan lingkungan, dan uraian morfologi tanah. Pengisian dilakukan di lapangan pada waktu pengamatan, selengkap mungkin, cukup jelas, dan dinyatakan dengan simbol atau kode.

### **2.3.4 Pengambilan Contoh Tanah**

Pengambilan contoh tanah merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam penelitian. Contoh tanah yang diambil harus dapat mewakili (*representative*) satuan-satuan tanah. Dalam pengambilan contoh tanah, refleksi dari satu titik pengamatan yang hanya diwakili oleh beberapa kilogram tanah kredibilitasnya dianggap mewakili wilayah yang luasnya mencapai puluhan, ratusan atau ribuan hektar.

#### **1) Pengambilan Contoh Tanah Utuh**

Contoh tanah utuh atau *undisturbed soil samples*, yaitu contoh tanah yang diambil menggunakan ring atau tabung, dari beberapa lapisan, untuk penetapan sifat fisik tanah seperti bulk density, permeabilitas, dan daya hantar hidraulik. Pengambilan contoh tanah utuh ini dilakukan pada lahan potensial dengan lereng < 25 % yang merupakan satuan tanah utama. Contoh tanah diambil pada tiga kedalaman, yaitu pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm dan, 20-30 cm. Setiap kedalaman diambil contoh *ring* lebih dari sekali pengambilan sebagai ulangan.

#### **2) Pengambilan Contoh Tanah Terusik di dalam Profil Tanah**

Contoh tanah terusik, yaitu contoh yang dikumpulkan dari beberapa kedalaman di dalam profil tanah. Contoh tanah ini diambil pada enam kedalaman, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 40-50 cm, 50-60 cm dan 10-100 cm. contoh tanah tersebut digunakan

untuk keperluan analisis tingkat pencucian liat dan beberapa sifat tanah lainnya yang dibutuhkan dalam penelitian.

### 3) Uji Laboratorium

Contoh tanah yang telah dikumpulkan dari lokasi penelitian akan dilakukan pengujian lebih lanjut di laboratorium tanah, sehingga nantinya akan diketahui kandungan dan sifat-sifat tanah yang ada pada contoh tanah tersebut sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

## 2.4 Analisis Data

Berdasarkan tujuan penelitian, maka analisa data yang dilakukan adalah mengetahui mineral liat dari nilai KTK seperti pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 1.** Kapasitas Tukar Kation dari Beberapa Mineral Liat Utama

No.	Mineral Liat	Kapasitas Tukar Kation ( me/100g )
1	Liat Amorphus	160( pada pH 6.2 )
2	Vermikulit	100 – 150
3	Montmorillonit	60 – 100
4	Halloysit 4H <sub>2</sub> O	40 – 50
5	Illit	20 - 40
6	Klorit	10 – 40
7	Kaolinit	2 – 16
8	Halloysit 2H <sub>2</sub> O	5 – 10
9	Sesquioksida	0

(Sumber: Mukhli, 2004)

Tanah muda biasanya mempunyai KTK (Kapasitas Tukar Kation) rendah sesuai dengan tekstur bahan induk. KTK mula mula akan meningkat dengan meningkatnya pelapukan, tetapi KTK akan menjadi rendah pada tanah dengan tingkat pelapukan lanjut. Hal ini akibat melapuknya mineral liat mudah lapuk (mineral liat 2 : 1, alofan) dan terbentuk mineral liat yang rendah KTK (kaolinit, oksida oksida). Batas antara KTK rendah dan tinggi adalah 16 Me / 100 g liat. Nilai KTK dapat menunjukkan beberapa hal dalam tanah yaitu sebagai petunjuk jenis jenis mineral liat yang ditemukan dalam tanah. dan petunjuk tingkat pelapukan tanah (Hardjowigeno, 1993).

Dari berbagai pengamatan ciri tekstur tanah, ternyata KTK berbanding lurus dengan jumlah butir liat. Semakin tinggi jumlah liat suatu jenis tanah yang sama, maka KTK juga bertambah besar. Makin halus tekstur tanah makin besar pula jumlah koloid organiknya. Sehingga KTK juga semakin besar. Sebaliknya tekstur kasar seperti pasir atau debu, jumlah koloid liat relatif kecil dari pada tanah bertekstur halus (Hakim,1986). KTK liat dapat digunakan untuk menduga umur perkembangan dan tingkat pelapukan tanah seperti pada tabel 2.

Selanjutnya menurut (Van Reeuwijk, 1986 dalam Saragih 2009), rumus untuk menghitung KTK liat sebagai berikut :

$$\text{KTK Liat} = \frac{\text{KTK Tanah}}{\% \text{ Liat Total}} \times 100 \%$$

**Tabel 2.** Proses Perkembangan Tanah Berdasarkan KTK Liat

Fase Pelapukan	KTK liat	Fase Perkembangan Tanah	Perkembangan Horizon	Kelas Tanah	
				USDA	FAO
Awal/Baru (Recent)	25me/100g liat	I	A – C	Entisols	Lithosols Fluvisols
Pertengahan (Intermediate)	16-26me/100g liat	II	A - Bw - C	Inceptisols	Ferralic Cambisols
		III	A - Bt - C	Ultisols	Nitisols Acrisols
Akhir (Ultimate)	> 16me/100g liat	IV	A - Box – C	Oxisols	Ferrasol

Sumber: Subroto, (2003).

**Tabel 3.** Distribusi Liat pada Tanah yang Mempunyai Horison Argilik

No	Ketebalan	% Liat A	% Liat Bt	Jarak Vertikal
1	+ 1/3	< 15 %	> % A + 3 %	> 30 cm
2	+1/3	15 – 40 %	> % A x 1,2	> 30 cm
3	-	> 40 %	> % A + 8 %	> 30 cm
4	+8	t.c > 60 %	f.c > %	
5			A + 8 %	

(Sumber: Subroto. 2004).

**Tabel 4.** Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah

Parameter	Nilai				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C organic (%)	<1	1-2	2-3	3-5	<5
N-total (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> HCl 25% (mg 100g-1)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
K <sub>2</sub> O HCl 25% (mg 100g-1)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK/CEC (me 100 g tanah-1)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Kejenuhan Basa (%)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Ca (me 100 g tanah-1)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
Mg (me 100 g tanah-1)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
K (me 100 g tanah-1)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1
Na (me 100 g tanah-1)	<20	20-40	41-60	61-80	>80
Kejenuhan Aluminium (%)	<5	5-10	1-20	20-40	>40
Salinitas/DHL (dS m-1)	<1	1-2	2-3	3-4	>4

(Sumber: Hardjowigeno,2007).

Kemudian untuk mengetahui tingkat pencucian liat data dianalisis secara tabulasi yang kemudian disajikan dalam bentuk gambar dan grafik. Selanjutnya untuk jenis tanah tua (Ultisols) dianalisis keberadaan lapisan Argilik berdasarkan tingkat ketebalan liat tanah. Adapun ciri-ciri horizon Argilik yaitu :

1. Posisi harus di bawah horizon permukaan (kecuali tanah yang telah mengalami pembalikan



2. Harus mengandung liat secara vertikal peningkatannya dari horison A ke Bt dalam jarak < 30 cm adalah seperti dalam tabel 3.

Untuk mengetahui sifat-sifat kimia tanah yang diteliti di Laboratorium mengenal Kriteria penilaian kesuburan kimiawi tanah mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah dari Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian.

### **3 Hasil Dan Pembahasan**

#### **3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Taman Botani terletak di kawasan perkantoran pusat pemerintahan Kabupaten Kutai Timur di Bukit Pelangi, Sangatta. Lokasi Taman Botani ditetapkan melalui Keputusan Bupati Kutai Timur No. 454 / 02.188.45 / HK / XII / 2013 dengan luas 20,5 Ha dan menunjuk Badan Lingkungan Hidup saat itu sebagai pengelolanya. Taman Botani ditetapkan dengan latar belakang bahwa pada awalnya areal tersebut merupakan lahan kritis terbuka yang memerlukan penghijauan. Selanjutnya selain sebagai kawasan lindung juga sebagai sarana ilmu pengetahuan dan rekreasi Sejak tahun 2003 sampai saat ini Badan Lingkungan Hidup masih mengelolah Taman Botani. Kegiatan yang dilaksanakan di Taman Botani adalah penanaman dan pemeliharaan pohon, pembuatan *jogging track* (jalan setapak), dan pembuatan *gazebo* (Anonim, 2003).

Berdasarkan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui perkembangan tanah berdasarkan tingkat pencucian liat pada ketinggian yang berbeda di kawasan Taman Botani, maka dalam penelitian ini dengan dua lokasi tersebut cukup untuk mengetahui perkembangan tanah pada kawasan Taman Botani dimana lokasi pengambilan sampel berada pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl dan  $\pm 80$  mdpl. Pengelompokan kawasan lahan berdasarkan sistem lahan dilakukan untuk mendapatkan informasi awal terhadap geofisik kawasan, seperti bentang lahan, batuan, asosiasi tanah, topografi, relief, iklim dan lainnya yang merupakan atribut setiap sistem lahan. Subroto (2004) menyatakan bahwa bentuk-bentuk sistem lahan di Indonesia ditetapkan berdasarkan sistem deskripsi yang dikembangkan oleh Christian dan Stewart (1968), kemudian dikombinasikan dengan pendekatan bentuk bentang lahan (*landform*) wilayah yang dikembangkan oleh Desaunette (1977). Kedua sistem pendekatan tersebut telah dikembangkan dan diaplikasikan dalam RePPPProT (*Regional Physical Planning Program for Transmigration Development*) di Indonesia dengan peta skala arahan 1 : 250.000 oleh *Overseas Development Agencies* pemerintah Inggris pada tahun 1987.

Hasil penelaahan informasi awal terhadap kondisi geofisik berdasarkan sistem lahan, dapat diketahui pada Taman Botani terdapat sistem lahan Maput dengan karakteristik lahan seperti pada Tabel 5 berikut ini.

**Tabel 5.** Karakteristik Sistem Lahan Maput pada Lokasi Penelitian di Taman Botani

No	Karakteristik lahan	Sistem lahan Maput (MPT)
1	Kelerengan (%)	0 – >40
2	Distribusi kelerengan	95% berlereng 5% dataran banjir
3	Relief (m)	51 – 300
4	Ketinggian dpl (m)	0 – 1500
5	Mineralogi	Felsic
6	Curah hujan (mm/thn)	1600 – 4400
7	Suhu (°C)	Min. = 15 Max. = 31
8	Batuan	Batu pasir, batu lumpur dan marl
9	Kelompok besar tanah	Hapludults dan Dystropepts
10	Peruntukkan Lahan	Hutan lindung, Hutan wisata, Perkebunan terbatas

Sumber: Sistem Lahan RePPProT (1987) dalam Subroto (2004).

### 3.2 Fisik dan Kimia Sifat Tanah

**Tabel 6.** Sifat Fisik dan Morfologi Tanah di Taman Botani

Lokasi	Pada Kedalaman (cm)	Horizon	Warna	Struktur	Tekstur	Perakaran	Permeabilitas	Porositas
Lokasi 1 Ketinggian tempat ±50 m dpl	0-10	O	7,5 YR 5/8	AB	SL	Banyak, kasar	Agak lambat	Kurang baik
	10-20	A <sub>1</sub>	7,5 YR 5/8	SAB	SL	Sedikit, sedang	Agak lambat	Kurang baik
	20-30	A <sub>2</sub>	7,5 YR 6/8	SAB	SL	Sedikit, sedang	Sgt lambat	Kurang baik
	30-40	B <sub>1</sub>	7,5 YR 6/8	SAB	SCL	Sedikit, halus	-	-
	40-50	B <sub>2</sub>	7,5 YR 6/8	SAB	SCL	Sedikit, halus	-	-
	50-70	B <sub>2</sub>	7,5 YR 6/8	SAB	CL	Sgt halus	-	-
	70-100	C	7,5 YR 6/8	SAB	SC	-	-	-
Lokasi 2 Ketinggian tempat ±80m dpl	0-10	O	7,5 YR 4/3	AB	SCL	Kasar, banyak	Agak lambat	Kurang baik
	10-20	A <sub>1</sub>	7,5 YR 4/4	SAB	SL	Kasar, banyak	Agak lambat	Kurang baik
	20-30	A <sub>2</sub>	7,5 YR 5/6	SAB	SL	Banyak, Kasar	Agak lambat	Kurang baik
	30-40	A <sub>3</sub>	7,5 YR 4/4	SAB	SL	Banyak, halus	-	-
	40-50	A <sub>2</sub>	7,5 YR 4/3	SAB	SCL	Banyak, halus	-	-
	50-70	B <sub>1</sub>	7,5 YR 4/4	SAB	SL	Banyak, halus	-	-
	70-100	C	7,5 YR 5/8		SL	-	-	-

Keterangan:

CL = lempung berliat  
SCL = Lempung liat berpasir  
AB = angular blocky (gumpal membulat)

SL = lempung berpasir  
SC = Liat berpasir  
SAB = sub angular blocky (gumpal bersudut)

Sumber : Data Primer (Hasil Lab.Fakultas Pertanian UNMUL) 2014

Morfologi tanah merupakan sifat tanah yang dapat diamati di lapangan dan dipelajari, sebagian dari sifat-sifat morfologi tanah merupakan sifat-sifat fisik tanah.

Morfologi tanah untuk mengetahui horizon-horizon dan membedakan tanah serta sifat fisik lainnya . Horizon adalah lapisan dalam tanah kurang lebih sejajar dengan permukaan tanah dan terbentuk karena proses pembentukan tanah. Di lapangan masing-masing horizon diamati sifat-sifat seperti struktur, porositas, tekstur, warna, dan batas horizon (Anonim. 1999). Sifat fisik dan morfologi tanah hasil pendeskripsian profil tanah di Taman Botani disajikan pada tabel 6.

Berdasarkan tabel di atas kedalaman efektif tanah Taman Botani dengan kondisi agak curam memiliki kedalaman sampai 70 cm sudah terdapat batuan. Kemudian baik porositas, dan permeabilitas tanah kedua lokasi menunjukkan hal yang sama yaitu agak lambat, banyak dan kurang baik sedangkan pada parameter perakaran kedua lokasi penelitian menunjukkan perakaran yang berbeda dimana pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl sistem perakarannya sedikit dan halus sedangkan pada ketinggian  $\pm 80$  mdpl memiliki sistem perakaran banyak dan halus.

Secara umum sifat fisik tanah di kedua lokasi tersebut hampir sama, hal utama yang membedakan hanya pada warna tanah tekstur dan sifat-sifat kimia pelapukan tanah. Menurut Ruhayat (1999), bahwa jeluk hujan dan sebarannya sepanjang tahun mempengaruhi gerakan air di dalam tanah yang berperan besar dalam pembentukan tanah dan profil tanah. Dari segi jeluk hujan kedua lokasi profil tanah tersebut berada pada curah hujan  $< 2.000$  mm/thn. Yang membedakan adalah fisiografi terutama kelerengan lahan dan ketinggian tempat. Baik topografi terutama lereng, curah hujan dan vegetasi sangat berkaitan dengan proses pembentukan tanah dan profil tanah.

Untuk mengetahui sifat-sifat kimia dalam tanah penilaian kesuburan kimiawi tanah mengaju pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah dari Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian disajikan pada tabel 7.

**Tabel 7.** Kriteria Penilaian Kesuburan Kimiawi Tanah pada Areal Penelitian di Taman Botani

No	Parameter	Nilai (meq/100 g)		Nilai Kesuburan Kimiawi	
		$\pm 50$ mdpl	$\pm 80$ mdpl	$\pm 50$ mdpl	$\pm 80$ mdpl
1	KTK (meq/100g liat)	4,67	3,55	Rendah	Rendah
2	KB (%)	16,29	23,14	Tinggi	Tinggi
3	Ca (meq/100 liat)	0,45	0,55	Rendah	Rendah
4	Mg (meq/100 liat)	0,14	0,19	Rendah	Rendah
5	K (meq/100 liat)	0,13	0,15	Rendah	Rendah
6	Na (meq/100 liat)	0,08	0,03	Sangat Rendah	Sangat Rendah
7	Al (meq/100 liat)	3,93	1,85	Sangat Rendah	Sangat Rendah
8	DHL/Salinitas	0,04	0,09	Sangat Rendah	Sangat Rendah
9	C Organik	-	1,11	-	Sangat Rendah

Sumber : Data Primer (Hasil Lab.Fakultas Pertanian UNMUL), 2014.

Dari tabel hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kation asam maupun kation basa memiliki tingkat yang rendah sehingga KTK pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl dan  $\pm 80$  mdpl rendah sedangkan KB untuk kedua lokasi tinggi ini menunjukkan bahwa tanah di areal Taman Botani adalah tanah yang subur dimana didominasi oleh kation-kation basa sedangkan pararemeter yang lainnya hampir sama.

Deskripsi terhadap hasil analisis sifat-sifat kimia tanah di kedua daerah penelitian disampaikan dalam bentuk uraian dan hubungan antara sifat kedalaman tanah dengan sifat kimia tanah, seperti Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), Kandungan Alumunium, yang disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 8.** Sifat-Sifat Kimia pada Areal Penelitian di Taman Botani

No	Kedalaman	KTK (meq/100 liat)				KB (%)	
		Tanah		Liat		$\pm 50$ mdpl	$\pm 80$ mdpl
		$\pm 50$ mdpl	$\pm 80$ mdpl	$\pm 50$ mdpl	$\pm 80$ mdpl		
1	0 cm – 10 cm	4,72	4,24	0,20	0,36	44	37
2	10 cm – 20 cm	4,08	3,28	0,17	0,21	14	17
3	20 cm – 30 cm	3,68	3,76	0,20	0,22	15	23
4	30 cm – 40 cm	3,84	3,12	0,16	0,19	18	18
5	40 cm – 50 cm	4,08	4,24	0,19	0,18	13	12
6	50 cm – 70 cm	4,24	2,96	0,16	0,11	4	27
7	70cm – 100 cm	8,08	3,60	0,21	0,22	6	28
	Jumlah	32,72	25,2	1,29	1,49	114	162
	Rata-Rata	4,67	3,6	0,18	0,21	16,29	23,14

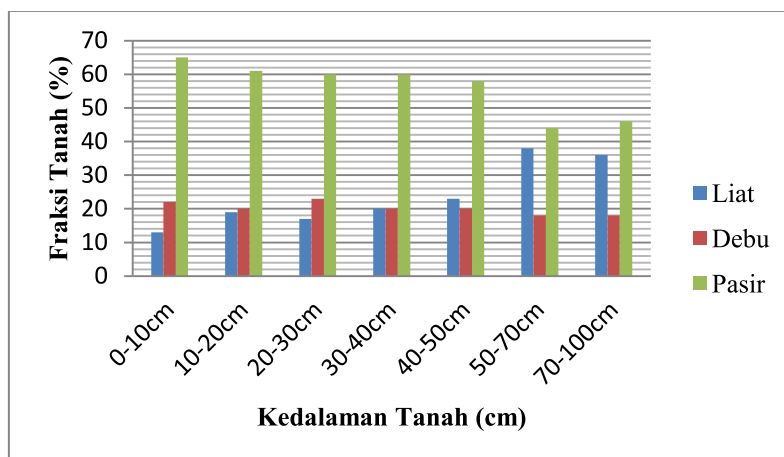
Sumber : Data Primer (Hasil Lab.Fakultas Pertanian UNMUL), 2014.

KTK pada tabel di atas untuk kedua lokasi menunjukkan pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl KTK tanahnya 3,6 meq/100g dan pada ketinggian  $\pm 80$  mdpl 4,8 meq/100g ini menunjukkan bahwa kesuburan tanahnya sangat rendah berdasarkan tabel 7, sedangkan kejenuhan basa (KB) menunjukkan kriteria kesuburan kimiawi yang tinggi ini berarti kompleks jerapan lebih banyak diisi oleh kation-kation basa. Ini menunjukkan bahwa kawasan taman Botani belum banyak mengalami pencucian dan merupakan tanah yang subur. Secara umum berdasarkan kedua sifat kimia tersebut tanah di lokasi penelitian memiliki kesuburan kimiawi yang berbeda. KTK merupakan kemampuan tanah dalam menjerap atau menyimpan unsur hara, semakin besar KTK tanah semakin besar pula kemampuan tanah dalam menyimpan unsur hara, sedangkan kejenuhan basa memperlihatkan banyaknya basa-basa dalam kompleks jerapan tanah. Kation basa merupakan unsur hara makro yang banyak diperlukan oleh tanaman. Jika KB rendah maka kation asam tinggi baik Aluminium maupun kadar  $H^+$  sehingga dapat menjadi racun bagi tanaman.

### 3.3 Tingkat Pencucian Liat

Menurut Hardjowigeno (1987) proses pembentukan tanah dimulai dari proses pelapukan batuan induk menjadi bahan induk tanah, diikuti oleh proses pencampuran bahan organik dengan bahan mineral dipermukaan tanah, pembentukan struktur tanah, pemindahan bahan-bahan tanah dari bagian atas ke tanah kebagian tanah bawah dan berbagai proses lain yang dapat menghasilkan horizon-horison tanah. Horizon tanah adalah lapisan-lapisan tanah yang terbentuk karena hasil dari proses pembentukan tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dibanding tanah dengan kandungan organik rendah atau tanah berpasir, selain itu jenis mineral liat juga menentukan besarnya KTK. Misalnya tanah dengan mineral liat montmorilonit dan illit mempunyai KTK yang lebih besar daripada tanah dengan mineral liat kaolinit.

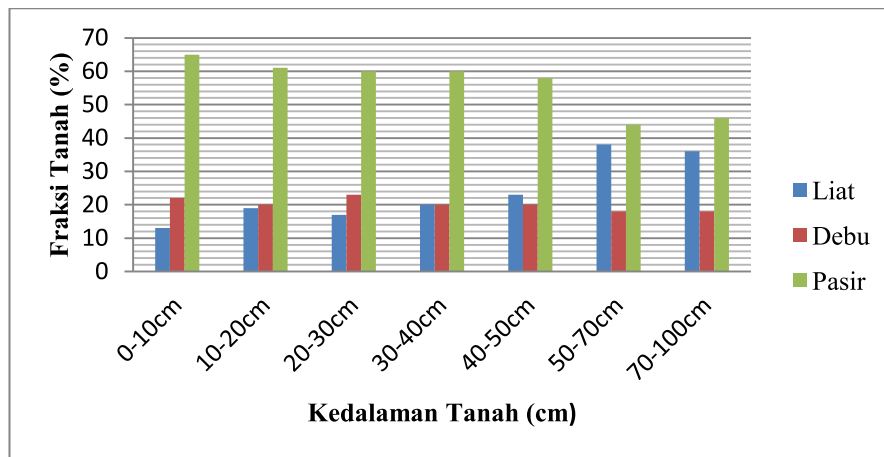
Distribusi fraksi liat di penampang profil menunjukkan pola yang berbeda fraksi liat, debu, dan pasir pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 1.** Distribusi Fraksi Tanah pada Ketinggian  $\pm 50$  mdpl di Taman Botani

Distribusi vertikal kandungan fraksi debu pada ketinggian  $\pm 50$  mdpl tidak sama dengan pola fraksi liat. sedangkan fraksi pasir yang sangat tinggi tiap kedalaman namun yang membedakan hanya fraksi liat dan fraksi debu. Untuk lokasi penelitian yang pertama fraksi liatnya lebih tinggi daripada fraksi debu sehingga agak terlambat proses pencucianya.

Distribusi fraksi liat di penampang profil menunjukkan pola yang berbeda fraksi liat, debu, dan pasir pada ketinggian  $\pm 80$  mdpl dapat dilihat pada gambar berikut ini.



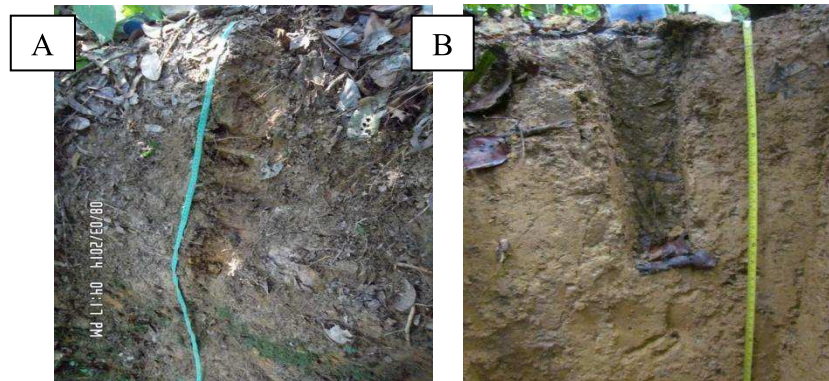
**Gambar 2.** Distribusi Fraksi Tanah pada Kedalaman  $\pm$  80 mdpl di Taman Botani

Distribusi vertikal kandungan fraksi debu dan pasir pada ketinggian ini tidak sama dengan pola fraksi liat. Pada ketinggian  $\pm$ 80 mdpl sama-sama memiliki fraksi pasir yang sangat tinggi tiap kedalamannya namun yang membedakan hanya fraksi liat dan fraksi debu sedangkan fraksi debu lebih tinggi dari pada fraksi liat akibatnya gerak butiran debu melalui infiltrasi dan perkolasi agak terhambat, walaupun proses dekomposisi dan sedimentasi di lapisan permukaan terus berjalan.

Kemudian untuk mengetahui adanya Argilik maka dilakukan perhitungan dimana persen liat lapisan A di atas 15% kemudian syarat persen liat lapisan Bt (Argilik) adalah  $>$  % liat A  $\times$  1,2 yaitu diperoleh nilai sebesar 22,8% pada ketinggian 50 mdpl sedangkan pada ketinggian  $\pm$ 80 mdpl diperoleh nilai yang sama yaitu 22,8% sehingga memenuhi syarat lapisan Argilik pada kedalaman 50 cm sampai 100 cm. Dengan diketahui adanya lapisan Argilik maka dapat dipastikan ordo tanah pada lokasi Taman Botani yaitu Ultisol. Ultisol umumnya menempati bagian punggung dan lereng, sedangkan Inceptisol menempati bagian kaki atau lembah.

Ciri-ciri umum untuk tanah Ultisol antara lain, kandungan bahan organik rendah, tidak mempunyai banyak humus, pH tanah rendah, adanya penimbunan liat di horizon bawah, memiliki horizon penciri Argilik dan Bahan induk seringkali berbecak kuning, merah dan kelabu tak begitu dalam tersusun atas batuan bersilika, batu lapis, batu pasir, dan batu liat, sedangkan tanah Entisol ciri-cirinya hampir sama dengan tanah Ultisol hanya solum tanahnya sedikit lebih dangkal dan tidak terdapat indikasi kuat adanya penimbunan liat pada lapisan bawah permukaan, adanya horizon oksik pada kedalaman kurang dari 1,5 m dan berwarna merah kuning sampai kuning coklat dan bertekstur paling halus liat.

Berikut ini adalah gambar penampang profil pada kedua ketinggian  $\pm$ 50 mdpl dan  $\pm$ 80 mdpl pada kawasan Taman Botani.



**Gambar 3.** (A) Profil Tanah pada ketinggian ± 50 mdpl (B) Profil Tanah pada ketinggian ± 80 mdpl

Menurut Notohadiprawiro (1986) Ordo Ultisol pertama kali dikenal dengan nama Podsolik Merah Kuning. Kemudian dalam sistem klasifikasi tanah USDA (1975) tanah podsolik merah kuning secara umum masuk dalam ordo Ultisol.. Kemudian ordo Entisol (sistem klasifikasi USDA) disebut juga tanah Alluvial dalam sistem PPT Bogor .

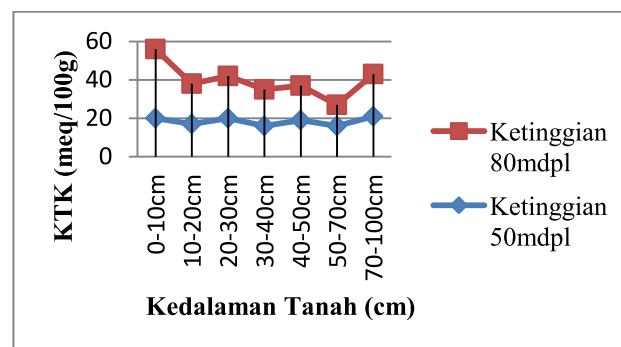
Konfigurasi beda tinggi sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanah. Salah satu cara mengetahui perkembangan tanah dapat dilihat dari tingkat pencucian liat pada tiap kedalaman tertentu. Dalam penelitian menunjukkan di Taman Botani memiliki variasi ketinggian yang berbeda ditemukan tanah Ultisol.

Dasar pemikiran dalam mempelajari pedogenesis tanah salah satunya adalah tanah merupakan penghasil liat alami. Karena proses disintegrasi dan sintesis maka jumlah fraksi liat di dalam tanah semakin bertambah, dan terbentuk jenis-jenis liat baru. Kemudian relief atau beda tinggi suatu daerah juga berperan dalam proses pembentukan tanah dengan cara, mempengaruhi jumlah air hujan yang tertahan dan meresap, besarnya erosi serta pergerakan air. Beda tinggi berhubungan dengan beberapa sifat tanah, seperti tebal solum, warna, perkembangan horizon, bahan organik, pH, dan kandungan air (*relative wetness*) (Hardjowigeno,2003).

### 3.4 Perkembangan Tanah Berdasarkan Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Peristiwa pergantian kation berlangsung pada permukaan misel dinamakan pertukaran kation (*cation exchange*). Kation-kation yang terikat pada permukaan misel tanah terhindar dari pencucian oleh air, dan kation dapat dengan mudah diserap oleh tanaman. Kation yang dapat saling dipertukarkan disebut kation dapat tukar (*exchange cation*) yang lazim disingkat KT dan EC. Kation dapat tukar terpenting adalah :  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ , dan  $Na^+$ . Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah (misel adalah jumlah kation yang dapat diikat dalam bentuk dapat tukar oleh tanah) misel pada pH 7, atau jumlah

muatan listrik negatif dapat dinetralkan oleh kation yang mudah dipertukarkan pada pH 7. KTK dinyatakan dalam cm mol per kg tanah atau mm equivalen (me) per 100 gram tanah atau bahan liat. Kegunaan KTK tanah adalah menetapkan dosis atau perlakuan pemupukan sedangkan KTK liat adalah untuk menduga umur perkembangan dan tingkat kesuburan tanah (Subroto, 2003). Kapasitas Tukar Kation merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Tanah dengan KTK tinggi bila didominasi oleh kation basa, Ca, Mg, K, Na (Kejenuhan Basa tinggi) dapat meningkatkan kesuburan tanah, tetapi bila didominasi oleh kation asam, Al, H (Kejenuhan Basa rendah) dapat mengurangi kesuburan tanah, karena unsur-unsur hara terdapat dalam kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah hilang tercuci oleh air. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah-tanah yang kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir. KTK tanah pada lokasi penelitian di Taman Botani dapat disajikan pada gambar 6 berikut ini.



**Gambar 4.** Grafik Kapasitas Tukar Kation (KTK Liat) di Taman Botani

KTK liat bisa digunakan sebagai petunjuk untuk jenis-jenis mineral liat yang ditemukan. Tanah muda umumnya mempunyai KTK liat rendah, sesuai dengan tekstur bahan induk. KTK akan meningkat dengan kenaikan tingkat pelapukan, tetapi KTK akan menjadi rendah pada tanah dengan tingkat pelapukan lanjut, hal ini terjadi akibat melapuknya mineral liat yang mudah lapuk (Hardjowigeno, 2003). Untuk ketinggian ±50 mdpl dilihat dari KTK liat 20,24 meq/100g liat, maka tanah tersebut kemungkinan besar memiliki kandungan mineral liat Illit, sedangkan untuk ketinggian ±80 mdpl dengan KTK 18,53 meq/100g liat kemungkinan besar memiliki kandungan mineral liat Klorit. Untuk kedua penampang profil tanah pada kawasan tersebut menunjukkan bahwa tanah pada kawasan Taman Botani masuk pada fase pelapukan akhir (*Ultimate*) dengan KTK liat <16 me/100g liat sebagaimana yang dimiliki ciri tanah Ultisol.

Ultisol adalah tanah mineral yang berkembang lanjut, koloid liat atau organik dan unsur-unsur basa telah tercuci intensif, sehingga terdapat akumulasi liat yang jelas pada horizon B dan secara kimiawi sangat kurus dengan indikator kejenuhan basanya >35%



terdapat pada semua regim kelembaban kecuali argilik dibawah iklim gurun (Subroto, 2003).

## **4 Penutup**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan dari penelitian ini dapat dijelaskan bahwa perkembangan tanah pada kedua lokasi penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama faktor topografi seperti kelerengan, ketinggian tempat, dan faktor iklim (curah hujan). Faktor-faktor tersebut saling bersinergi dengan faktor lingkungan sekitar dalam proses perkembangan tanah dan pencucian tanah. Secara umum berdasarkan kesuburan kimiawi tanah pada areal Taman Botani merupakan tanah yang relatif subur dan belum banyak mengalami pencucian liat serta berdasarkan tingkat pencucian liat pada kedua lokasi penelitian di areal Taman Botani menunjukkan bahwa tanah tersebut merupakan ordo tanah Ultisol yang mengalami pelapukan atau perkembangan tanah dalam fase lanjut dengan KTK liat <16me/100g liat.

### **4.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada lokasi kelerengan, beda tinggi serta tipe tutupan vegetasinya di areal Botani serta pengkajian secara berkala untuk mengetahui tingkat *leaching* terutama liat serta untuk perkembangan tanah berdasarkan *leaching* pada kondisi tanah tertentu.
2. Dengan adanya informasi riil mengenai kondisi maupun potensi tanah serta permasalahannya, diharapkan hal tersebut dapat dijadikan dasar dalam kepentingan penggunaan tanah dan landasan dalam pelaksanaan pembangunan terutama yang berkaitan dengan pemanfaatan lahan atau tanah.

## **Daftar Pustaka**

- Anonim, 2003. Keputusan Bupati Kutai Timur: Penetapan Lokasi Taman Botani di Kawasan Bukit Pelangi Kecamatan Sangatta, Kabupaten Kutai Timur.
- Hakim, 1986. Dasar- Dasar Ilmu Tanah. Penerbit Univ. Lampung
- Hardjowigeno, S. 1993. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2007. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Sihotang, A, 1989. Penilaian Tingkat Pelapukan dan Perkembangan Tanah Dengan Vegetasi Bambu (*Gigantochloa* sp) dan Karet (*Hovea* sp) Serta Klasifikasinya Menurut Sistem Taksonomi Tanah. Fakultas Pertanian. Bogor

Subroto, 2003. Tanah Pengelolaan dan Dampaknya. Fajar Gemilang, Samarinda

Subroto, 2004. Geomorfologi dan Analisis Landscape. Fajar Gemilang, Samarinda

Witmore, T.C. 1975, Tropical Rain Forest of The Far East (Chapter Two Forest Structure)  
1<sup>st</sup> Edition, Oxford University Press, Oxford.