

Desain Reaktor Aluminium Foil Gas Hidrogen Sebagai Sumber Energi Alternatif

Kahar¹

¹Teknik Pertanian STIPER Kutai Timur
Jalan Soekarno-Hatta, Sangatta, Kutai Timur

ABSTRACT

The experiment aimed to design the aluminium foil reactor producing hydrogen gas, determine the maximum pressure of aluminum foil reactor and the amount of hydrogen gas produced from plastic aluminum foil waste through a chemical process using KOH catalyst. Aluminum foil reactor is equipment that can be used to produce hydrogen gas from aluminum foil waste through a chemical process. The experiment was conducted on 14 April up to 29 May 2015 in College of Agricultural East Kutai. Research Parameter data retrieval that is reaction time, hydrogen gas pressure, the amount of hydrogen gas produced and temperature of aluminum foil reactor. The maximum pressure of reaction results on equipment testing is 402,4 kPa, the pressure is still below the maximum permissible pressure on the equipment is equal 1350 kPa. The amount of hydrogen gas generated from aluminum foil mass 30, 60, 90 grams and KOH mass KOH 20, 40, 60 grams produced of hydrogen gas 1,59 grams, 2,51 grams, dan 3,83 grams. Hydrogen gas produced can be used as an alternative or substitute gas were produced from fossil energy for environment friendly stove. The advantage is the flame temperature is greater than the temperature of the flame that use fossil energy and weakness that flame color does not visible so difficult to detected or find out whether the flame was flaming or flame was suppressed.

Keywords: Aluminum Foil Reactor, Hydrogen Gas, Kalium Hidroksida (KOH)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mendesain reaktor aluminium foil gas hidrogen, mengetahui tekanan maksimum reaktor aluminium foil dan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dari limbah plastik berbahan aluminium foil melalui proses kimiawi dengan menggunakan katalis KOH. Reaktor aluminium foil merupakan alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen dari limbah aluminium foil melalui proses kimiawi. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 14 April-29 Mei 2015 di Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur. Parameter pengambilan data dalam penelitian ini yaitu waktu reaksi, tekanan gas hidrogen, jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dan temperatur dari reaktor aluminium foil. Tekanan maksimum hasil reaksi pada pengujian alat adalah 402,4 kPa, tekanan ini masih dibawah tekanan maksimum yang diizinkan pada alat yaitu sebesar 1350 kPa. Jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dari massa aluminium foil 30, 60, 90 gram dan massa KOH 20, 40, 60 gram menghasilkan gas hidrogen sebanyak 1,59 gram, 2,51 gram, dan 3,83 gram. Gas hidrogen yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif atau pengganti gas yang dihasilkan dari energi fosil untuk kompor ramah lingkungan. Keunggulannya yaitu suhu apinya lebih besar dibandingkan dengan suhu api yang menggunakan energi fosil, kelemahannya yaitu warna api tidak terlihat sehingga susah untuk mendeteksi atau mengetahui apakah apinya dalam keadaan nyala atau padam.

Kata Kunci: Reaktor aluminium foil, Gas hidrogen, Kalium Hidroksida (KOH)

1 Pendahuluan

Kabupaten Kutai Timur merupakan hasil pemekaran kabupaten Kutai yang memiliki luas wilayah 35.747,50 km². Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2015 jumlah penduduk di Kutai Timur adalah 302.100 jiwa. Pertambahan penduduk di Kutai Timur tiap tahun meningkat. Adanya pertambahan penduduk akan membawa dampak volume, jenis dan karakteristik sampah sehingga di

perlu sistem pengelolaan dan pemanfaatan sampah untuk menghindari dampak negatif terhadap masyarakat dan lingkungan.

Sampah merupakan material atau bahan sisa dari aktivitas manusia atau alam. Adapun jenis-jenis sampah berdasarkan sifatnya sampah organik dan anorganik. Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Sedangkan Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati. Sebagian besar sampah anorganik tidak dapat diurai oleh alam/mikroorganisme secara keseluruhan (*unbiodegradable*). Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama, salah satu contoh dari sampah anorganik yaitu aluminium foil.

Aluminium foil merupakan lapisan aluminium yang memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih ringan daripada baja, mudah dibentuk, tidak beracun, tidak berbau, tidak beracun, mempunyai konduktivitas panas yang baik dan dapat didaur-ulang menjadi energi alternatif. Energi alternatif dapat diperoleh dari berbagai sumber energi yang terbarukan seperti energi matahari dan energi hasil daur ulang. Adapun bahan yang dapat di daur ulang untuk menghasilkan energi alternatif yaitu aluminium foil. Untuk mengubah limbah aluminium foil menjadi energi alternatif perlu menggunakan sebuah alat reaktor aluminium foil. Reaktor aluminium foil merupakan alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen dari limbah aluminium foil melalui proses kimiawi. Prinsip kerja dari reaktor aluminium foil yaitu mengubah limbah aluminium foil menjadi gas hidrogen dengan menggunakan katalis *Kalium Hidroksida* (KOH), kemudian diubah menjadi energi panas.

Berdasarkan paparan diatas, maka penulis mencoba melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik berbahan aluminium foil untuk produksi gas hidrogen. Untuk itulah dilakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Reaktor Aluminium Foil Penghasil Gas Hidrogen sebagai Sumber Energi Alternatif".

Tujuan dalam penelitian ini yaitu merancang reaktor aluminium foil penghasil gas hidrogen, mengetahui tekanan maksimum reaktor aluminium foil dan mengetahui jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dari limbah plastik berbahan aluminium foil melalui proses kimiawi dengan menggunakan katalis KOH.

Manfaat dalam penelitian ini yaitu mengetahui cara merancang dan membuat alat penghasil gas hidrogen, memanfaatkan limbah plastik berbahan aluminium foil sebagai penghasil gas hidrogen, dan membuat bahan bakar sebagai sumber energi alternatif.

1.1 Aluminium Foil

Aluminium Foil adalah bahan tipis dari logam yang digulung dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm dan memiliki lebar 1,52 meter hingga 4,06 meter. Umumnya aluminium foil tidak murni berbasis logam. Karakteristik aluminium foil dikagumi karena kuat, ringan, tahan panas, dan hampir kedap udara, tidak mengandung magnet, sehingga membantu memisahkan aluminium dari kaleng saat daur ulang. Kekedapan terhadap oksigen membuat aluminium foil merupakan kemasan ideal untuk ekspor karena sering mengalami kendala korosi. Selain itu, mudah dibentuk, sekalipun mudah berkerut. Aluminium foil sering digunakan sebagai lapisan dalam dari kontainer untuk melindungi produk dari kerusakan, seperti melapisi bagian dalam kotak jus. Meskipun dapat menahan lemak, ketahanannya terhadap asam dan basa masih kurang, sehingga memerlukan tambahan lapisan dari lilin atau lapisan kimia lain. (Astawan, 2008).

1.2 Gas Hidrogen

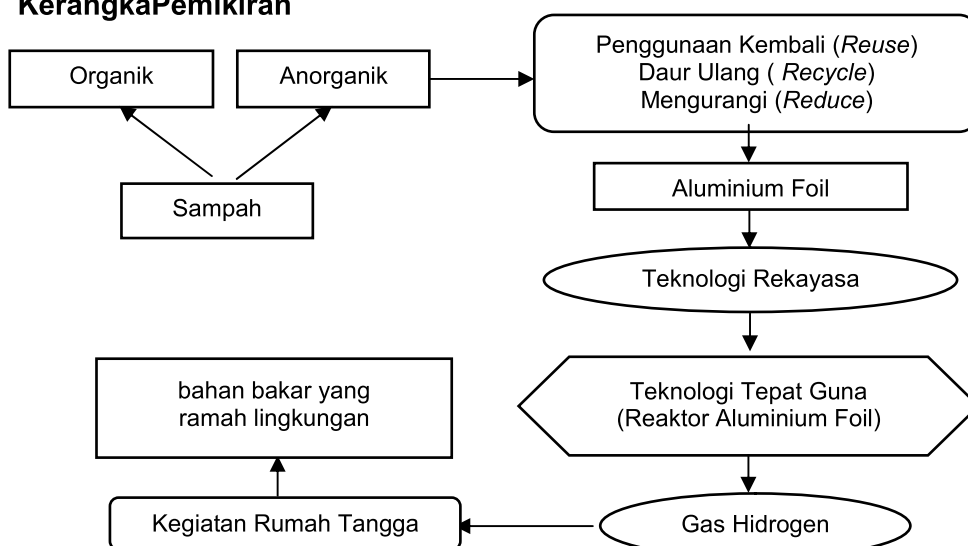
Hidrogen atau disimbolkan dengan H_2 memiliki jumlah yang sangat melimpah yakni pada presentase 75%. Jumlahnya yang sangat banyak ini menyebar di antara bintang-bintang di angkasa raya sehingga dapat menghasilkan energi untuk semesta. Reaksi-reaksi proton dari hidrogen inilah yang menghasilkan cahaya maupun energi lainnya yang memungkinkan jagat raya tetap ada sampai sekarang ini.

1.3 Reaktor

Reaktor merupakan suatu alat proses tempat terjadinya suatu reaksi berlangsung baik itu reaksi kimia ataupun nuklir dan bukan secara fisika. Dengan terjadinya suatu reaksi inilah suatu bahan berubah ke bentuk lainnya. Perubahan ada yang terjadi spontan atau terjadi sendirinya atau bisa juga butuh bantuan energi seperti energi panas. Ada dua jenis reaktor yaitu reaktor kimia dan reaktor nuklir.

2 Metode Penelitian

2.1 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Alur Kerangka Pikir

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 14 April sampai dengan 29 Mei 2015, bertempat di bengkel Caknalizt dan Laboratorium Mesin dan Energi Pertanian STIPER Kutai Timur. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen yaitu aluminium foil, katalis KOH, dan air. Bahan yang digunakan untuk pembuatan reaktor penghasil gas hidrogen yaitu 1 lembar besi plat tebal 3 mm, 2 batang pipa *galvanis* ½", 4 meter selang plastik ¾", 2 buah kran *ball valve* ss ½", 2 buah klem ½", 2 buah klem ¼", 1 meter kawat, 2 buah selotipe, 1 buah Kompor tipe 212, 1 buah lem *epoxy* (plastik steel), 2 buah lem pipa PVC, 1 batang (6 meter) besi siku L, 2 buah kran *galvanis* ½", 1 batang pipa *galvanis* ½", 4 buah *tee galvanis* ½", 6 buah *elbow galvanis* ½", 1 buah regulator kompor gas, 2 meter selang kompressor, 2 buah kran kompresor ½". Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan alat yaitu Las, Martil, Gerinda, Gergaji Besi, Penggaris, Kunci pas + obeng + tang, Mesin bor, Gunting, dan Cutter.

Adapun prosedur dalam penelitian ini yaitu menggambar desain alat dan mempersiapkan alat dan bahan, melakukan perhitungan untuk menentukan dimensi alat, membuat alat penghasil gas H₂, melakukan pengujian alat, pengambilan data dan jumlah gas, pengolahan data, dan analisis data.

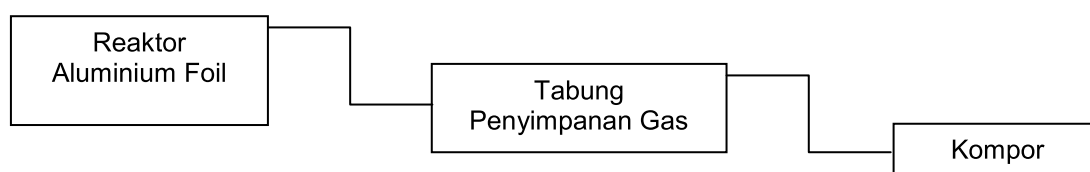
3 Hasil Dan Pembahasan

3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat Penghasil Gas Hidrogen

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa (kegiatan rancang bangun) yang tidak rutin, sehingga di dalamnya terdapat kontribusi baru, baik dalam bentuk proses maupun produk. Pelaksanaan kegiatan penelitian rekayasa yang dilakukan adalah:

a. Penentuan kriteria desain

Penentuan kriteria desain berdasarkan prinsip kerja alat yang ingin dibuat, dilakukan untuk menentukan kriteria dasar alat yang akan dibuat. Berikut adalah skema dari alat penghasil gas hidrogen yang akan dirancang.



Gambar 2. Skema alat penghasil Gas Hidrogen

b. Perancangan

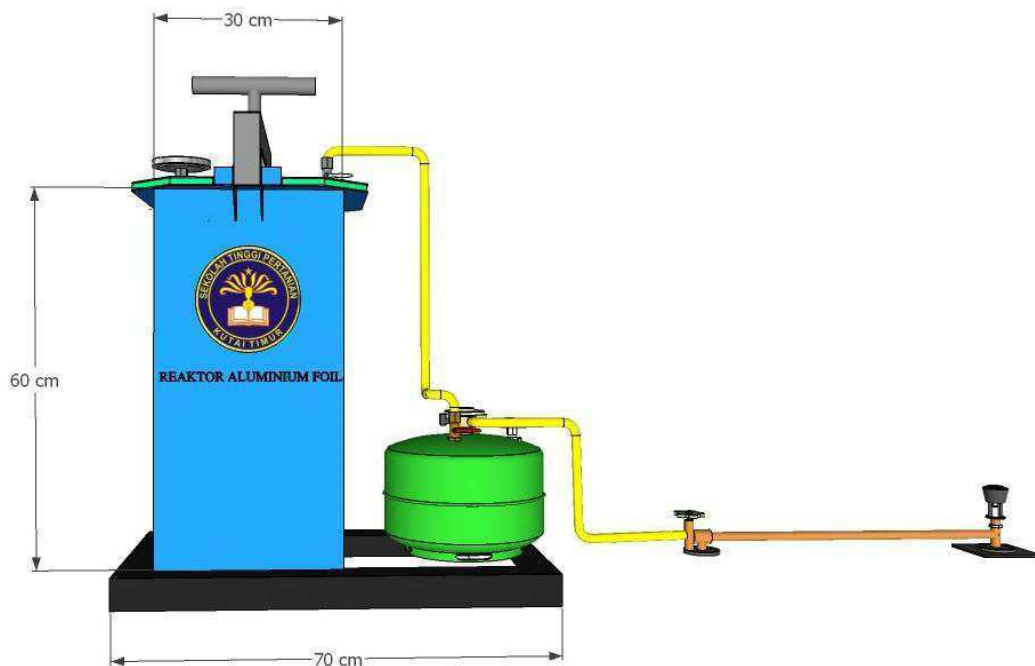
Perancangan meliputi rancangan fungsional untuk menentukan fungsi dari komponen utama alat penghasil gas hidrogen dan rancangan struktural untuk menentukan bentuk dan tata letak dari komponen rancangan alat.

c. Pembuatan alat

Alat penghasil gas hidrogen yang telah didesain selanjutnya dibuat sesuai dengan hasil rancangan. Tahap awal pembuatan alat yaitu merancang desain alat, kemudian membuat alat reaktor sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya menginstalasi alat untuk melakukan pengujian alat.

3.2 Desain Reaktor Aluminium Foil

Reaktor aluminium foil merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen. Reaktor ini terdiri dari beberapa bagian yaitu reaktor, tabung gas, dan kompor. Reaktor berfungsi sebagai tempat pencampuran aluminium foil dengan katalis KOH. Tabung gas berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas yang dihasilkan dari reaktor. Kompor gas berfungsi sebagai alat untuk menghasilkan api. Desain reaktor aluminium foil dapat di lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Reaktor Aluminium Foil

Prinsip kerja dari reaktor aluminium foil yaitu mengubah energi kimia menjadi energi panas. Massa aluminium foil dengan katalis KOH yang telah dicampur didalam

reaktor akan menghasilkan gas, kemudian gas yang telah dihasilkan didalam reaktor disalurkan ketabung penyimpanan gas melalui selang, selanjutnya digunakan untuk menyalakan kompor.

3.3 Pengujian Alat Penghasil Gas Hidrogen

Pengujian reaktor aluminium foil untuk mengetahui reaktor yang sudah dirancang apakah bagian-bagiannya berfungsi dengan baik sebagaimana yang diharapkan. Parameter pengambilan data dalam penelitian ini yaitu waktu reaksi, tekanan gas hidrogen, jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dan temperatur dari reaktor aluminium foil.

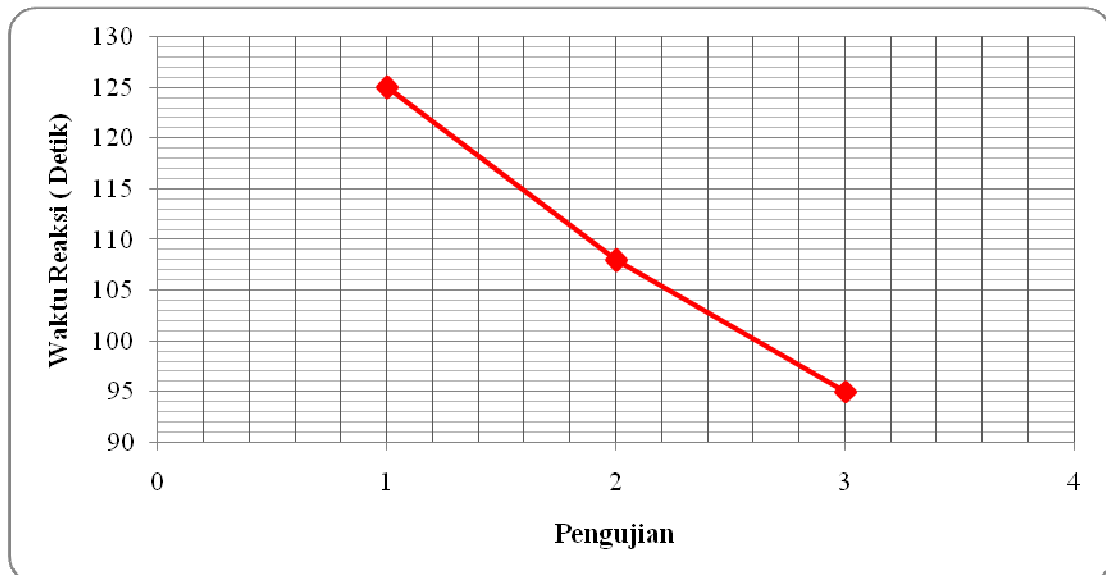
Data hasil pengujian reaktor Aluminium Foil dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data hasil pengujian reaktor aluminium foil

Pengujian	Massa KOH (gr)	Massa Al (gr)	Waktu Reaksi (detik)	Tek. Akhir (KPa)	Massa H ₂ (Gram)	Suhu (K)
1	20	30	125	249,7	1,59	450
2	40	60	108	304,7	2,50	451
3	60	90	95	402,4	3,83	455

3.3.1 Waktu Reaksi

Waktu reaksi merupakan lamanya suatu proses reaksi kimiawi antara aluminium foil dengan katalis KOH untuk menghasilkan gas hidrogen.



Gambar 4. Waktu Reaksi

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pada pengujian pertama, dengan 20 gram katalis KOH menghasilkan waktu reaksi 125 detik. Pada pengujian kedua dengan 40 gram katalis KOH menghasilkan waktu reaksi 108 detik, sedangkan pada pengujian ketiga

dengan 60 gram katalis KOH menghasilkan waktu reaksi 95 detik. Pada Gambar 4 terlihat bahwa pengujian pertama yang telah dilakukan menghasilkan waktu reaksi yang lebih lama di bandingkan pada pengujian kedua hal ini disebabkan karena jumlah massa aluminium foil dengan katalis KOH yang digunakan lebih sedikit dibandingkan pada pengujian kedua dan ketiga. Pada pengujian kedua waktu reaksi lebih cepat dibandingkan dengan pengujian pertama dan lebih lama dibandingkan dengan pengujian ketigahal ini disebabkan karena jumlah massa aluminium foil dengan katalis KOH yang digunakan lebih banyak dibandingkan pada pengujian pertama dan lebih sedikit dibandingkan dengan pengujian ketiga. Pada pengujian ketiga waktu reaksi yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan dengan pengujian pertama dan kedua, hal ini disebabkan karena jumlah massa aluminium foil dengan katalis KOH yang digunakan lebih banyak dibandingkan pada pengujian pertama dan kedua.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa waktu reaksi berbanding terbalik dengan massa aluminium foil dan katalis KOH yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa aluminium foil dan katalis KOH yang direaksikan maka proses reaksi kimia yang terjadi semakin cepat sehingga waktu reaksi yang dihasilkan semakin cepat pula, hal ini disebabkan karena KOH berfungsi sebagai katalis atau mempercepat reaksi kimia yang terjadi didalam reaktor. Menurut Yusraini, (2010) bahwa katalisator dalam memproduksi gas H_2 tidak berpengaruh pada jumlah gas, tetapi cenderung berpengaruh pada waktu reaksi yang terjadi dalam hidrogen.

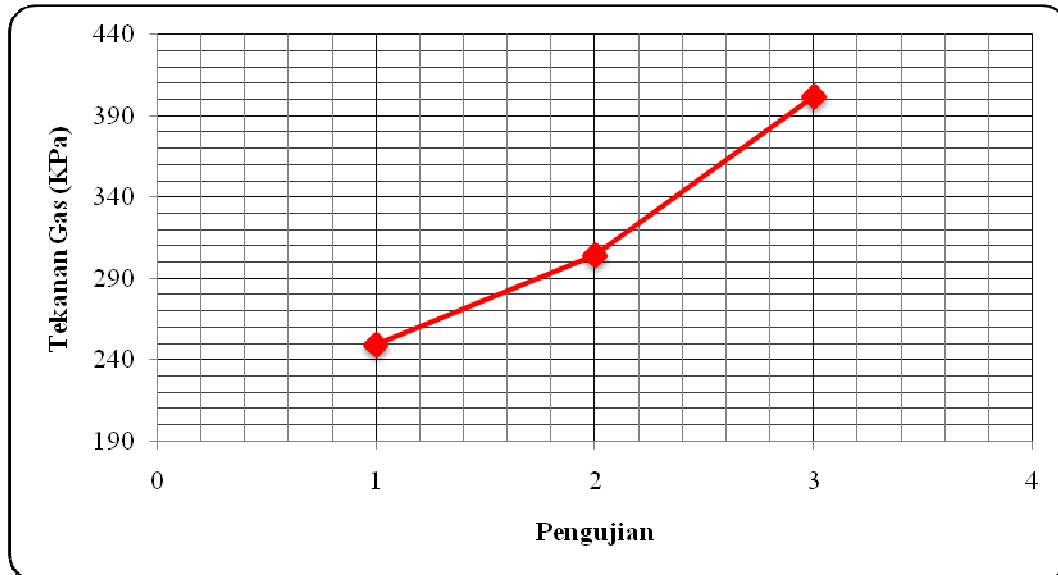
3.3.2 Tekanan Gas Hidrogen

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data bahwa tekanan gas hidrogen yang dihasilkan dari hasil reaksi sebanding dengan penambahan jumlah aluminium foil yang direaksikan.

Data hasil pengujian pertama dari reaktor dengan massa aluminium foil 30 gram dengan massa katalis KOH 20 gram didapatkan tekanan gas 249,7KPa. Pengujian kedua dari reaktor dengan massa aluminium foil 60 gram didapatkan tekanan gas 304,7KPa. Pengujian ketiga dari reaktor dengan massa aluminium foil 90 gram didapatkan tekanan gas 402,4 KPa.

Pada pengujian pertama tekanan gas hidrogen yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan pada pengujian kedua dan ketiga, sedangkan pada pengujian kedua tekanan gas hidrogen yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pada pengujian pertama dan lebih kecil dibandingkan pada pengujian ketiga, dan pada pengujian ketiga tekanan gas hidrogen yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pada pengujian pertama dan kedua. Tekanan maksimum hasil reaksi pada pengujian alat adalah 402,4

kPa, tekanan ini masih dibawah tekanan maksimum yang diizinkan pada alat yaitu sebesar 1350 kPa (tekanan maksimum bahan dengan pengelasan busur las).

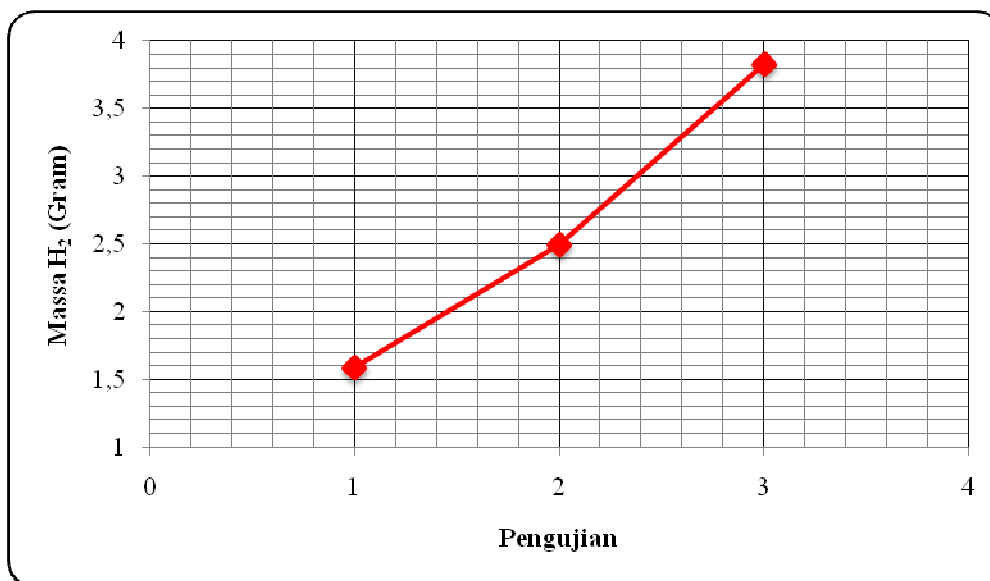


Gambar 5. Tekanan Gas Hidrogen yang Dihasilkan

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa massa aluminium foil sebanding dengan tekanan gas hidrogen, hal ini disebabkan karena semakin banyak aluminium foil yang direaksikan maka tekanan gas hidrogen yang dihasilkan akan meningkat juga. Tekanan gas meningkat disebabkan karena reaksi yang terjadi didalam reaktor menghasilkan gas hidrogen yang banyak, hal ini dipengaruhi oleh penambahan massa aluminium foil dengan massa KOH. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yusraini, (2010) mengemukakan bahwa meningkatnya tekanan hydrogen dipengaruhi oleh penambahan aluminium foil di dalam reaktor.

3.3.3 Jumlah Gas Hidrogen yang Dihasilkan

Jumlah massa gas hidrogen yang dihasilkan dari massa aluminium foil pada setiap pengujian dapat dilihat pada Gambar 6. Data hasil pengujian pertama dari reaktor dengan massa aluminium foil 30 gram didapatkan massa H₂ yang dihasilkan adalah 1,59 gram atau dengan perbandingan 1: 0,053 atau dengan kata lain untuk menghasilkan 0,053 gram H₂ dibutuhkan 30 gram aluminium foil, pengujian kedua dari reaktor dengan massa aluminium foil 60 gram didapatkan massa H₂ yang dihasilkan adalah 2,50 gram atau dengan perbandingan 1: 0,042 dengan kata lain bahwa untuk menghasilkan 0,042 gram H₂ dibutuhkan 60 gram aluminium foil dan pengujian ketiga dari reaktor dengan massa aluminium foil 90 gram didapatkan massa H₂ yang dihasilkan adalah 3,83 gram atau dengan perbandingan 1: 0,043 dengan kata lain bahwa untuk menghasilkan 0,043 gram H₂ dibutuhkan 90 gram aluminium foil.



Gambar 6. Jumlah Gas Hidrogen yang Dihasilkan

Pada pengujian pertama jumlah gas hidrogen yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan pada pengujian kedua dan ketiga, sedangkan pada pengujian kedua jumlah gas hidrogen yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada pengujian pertama dan lebih sedikit dibandingkan pada pengujian ketiga, dan pada pengujian ketiga jumlah gas hidrogen yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada pengujian pertama dan kedua.

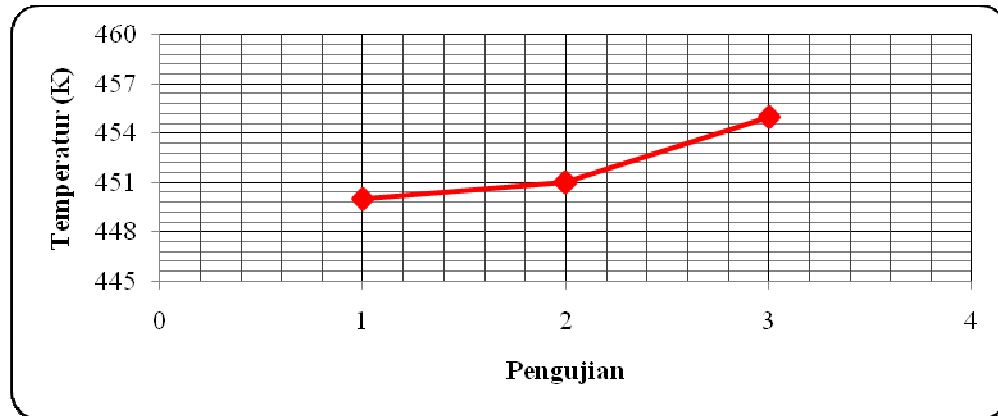
Gambar 7 menunjukkan bahwa massa aluminium foil berbanding lurus dengan massa hidrogen yang dihasilkan, hal ini disebabkan karena semakin banyak massa aluminium foil yang digunakan maka semakin meningkat pula massa hidrogen yang dihasilkan. Massa gas hidrogen yang dihasilkan dipengaruhi oleh penambahan aluminium foil, penambahan massa katalis hanya berpengaruh pada waktu reaksi serta tekanan dan temperature dalam reaktor.

3.3.4 Temperatur Nyala Api yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data bahwa temperatur gas hidrogen yang dihasilkan dari hasil reaksi sebanding dengan penambahan jumlah aluminium foil dan jumlah katalis KOH yang direaksikan, semakin banyak aluminium foil dan katalis KOH yang direaksikan maka temperatur gas hidrogen yang dihasilkanakan meningkat juga. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah molekul gas hydrogen sehingga molekul ini mengalami gesekan dan saling bertabrakan dengan molekul lainnya sehingga menyebabkan terjadinya energy kinetic antara molekul menyebabkan temperatur meningkat.

Data hasil pengujian pertama dari reaktor dengan massa KOH 20 gram dan massa aluminium foil 30 gram didapatkan suhu kompor 450 K. Pengujian kedua dari

reaktor dengan massa KOH 40 gram dan massa aluminium foil 60 gram didapatkan suhu kompor 451 K. Pengujian ketiga dari reaktor dengan massa KOH 60 gram dan massa aluminium foil 90 gram didapatkan suhu kompor 455 K. Dari hasil pengujian pertama, kedua, dan ketiga suhu kompor semakin meningkat.



Gambar 7. Temperatur Nyala Api yang Dihasilkan

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa massa aluminium foil dengan katalis KOH berbanding lurus dengan temperatur, hal ini disebabkan karena massa aluminium foil yang direaksikan, semakin besar massa aluminium foil maka tekanan dan temperatur dalam reaktor juga meningkat, sedangkan katalis yang digunakan tidak mempengaruhi jumlah gas yang dihasilkan tetapi berpengaruh pada tekanan gas selama reaksi.

Temperatur nyala api yang dihasilkan tergantung dari tekanan gas hydrogen dalam tabung dan reaktor, semakin tinggi temperatur hasil reaksi maka tekanan dalam tabung dan reaktor akan mengalami kenaikan sehingga tekanan gas yang keluar akan semakin besar menyebabkan jumlah gas yang keluar juga banyak. Yusraini, (2010) mengemukakan bahwa penggunaan gas H_2 sebaiknya setelah gas itu mengalami penurunan suhu. Suhu yang meningkat menyebabkan tekanan juga meningkat sehingga apabila digunakan pada saat temperature tinggi menyebabkan H_2 susah terbakar pada kompor akibat tekanan yang tinggi yang keluar pada kompor.

Gas hidrogen yang telah dihasilkan melalui proses reaksi kimiawi dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif atau pengganti gas yang dihasilkan dari energi fosil untuk kompor ramah lingkungan.

4 Penutup

Desain reaktor aluminium foil penghasil gas hidrogen terdiri dari beberapa bagian alat yaitu reaktor aluminium foil sebagai tempat pencampuran aluminium foil dengan katalis KOH, tabung gas sebagai tempat penyimpanan gas yang dihasilkan dari reaktor, dan kompor gas sebagai penghasil api. Tekanan maksimum hasil reaksi pada

pengujian alat adalah 402,4 KPa, tekanan ini masih dibawah tekanan maksimum yang diizinkan pada alat yaitu sebesar 1350 KPa. Jumlah gas hidrogen maksimum yang dihasilkan dari massa aluminium foil 30, 60, 90 gram dan massa KOH 20, 40, 60 gram menghasilkan gas hidrogen sebanyak 1,59 gram, 2,51 gram, dan 3,83 gram. Penelitian ini merupakan studi awal sehingga perlu kajian lebih dalam mengenai analisa kandungan aluminium foil dari beberapa limbah aluminium sehingga dapat dihitung efisiensi produksi gas hidrogennya. Hal lain adalah mengenai penyimpanan gas hidrogen yang dihasilkan dari reaktor.

Daftar Pustaka

Astawan, M, 2008. Keunggulan Aluminium Foil & Logam. <http://portal.cbn.net.id/cbprtl/cybermed/detail.aspx?x=Nutrition&y=cybershopping|0|0|6|474>. Diakses tanggal 3 Februari 2015.

Badan Pusat Statistik, 2015, Luas Wilayah, Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk, Kutai Timur

Dian.Y. S. M, 2010, Produksi Gas Hidrogen dari Limbah Aluminium Foil, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

———, 2013, Reaktor, <https://id.wikipedia.org/wiki/Reaktor>, Diakses tanggal 5 Februari 2015.