

ANALISIS EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK *JET FLAME* MENGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOETANOL 90 DAN 96% PADA TUNGKU PEMBAKARAN

I Made Kartika Dhiputra^{1, a}, Johni Jonatan Numberi^{2, b} dan Arifia Ekayuliana^{3, c*}

¹²³Flame and Combustion Research Group of Thermodynamics Laboratory Faculty of Engineering
Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. 16424

^adhiputra_made@yahoo.com, ^bjohn_numberi@yahoo.com, ^carifia_ekayuliana@yahoo.com

Abstrak

Pertumbuhan infrastuktur khususnya di sektor energi semakin hari semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena pemakaian akan kebutuhan tersebut semakin harinya semakin meningkat. Ironinya berbanding terbalik dengan persediaan energi yang tersedia di Indonesia, masih banyak di kota – kota khususnya Indonesia bagian timur masih kekurangan pasokkan energi. Bahan bakar salah satunya masih menjadi kendala yang utama untuk daerah Timur. Daerah bagian Timur terutama daerah Papua memiliki sumber energi alternatif yang terkandung pada tumbuh – tumbuhan sebagai salah satu bahan bakar yang bisa dimanfaatkan. Akan tetapi, penggunaannya masih belum dimanfaatkan secara maksimal di daerah Papua. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan potensi lokal limbah ampas sagu sebagai bahan bakar bioetanol, dalam kajian yang sudah dilakukan yaitu menguji karakteristik dari bahan bakar berupa uji LHV, Berat Jenis, Viskositas, Gas Kromatografi, FT-IR sebagai syarat kelayakan dari bahan bakar. Tujuan dari penelitian eksperimen ini adalah untuk menghasilkan pembakaran yang bersih dan ramah lingkungan dengan metode penelitian sebagai berikut karakteristik dari nyala api, fenomena *Jet Flame*, distribusi temperatur, massa bahan bakar yang terpakai. Dengan variasi bahan bakar 90% dan 96%. Metode penelitian ini adalah eksperimental dengan teknik pembakaran pada *stove*. Teknik pengambilan data menggunakan termokopel Tipe – K dengan daQ (Data Acquisition). Penelitian ini dilakukan di laboratorium *Flame and Combustion* Termodinamika Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Kata kunci : Distribusi Temperatur, *Jet Flame*, Karakteristik nyala api, Karakteristik Bahan Bakar bioetanol ampas sagu.

Pendahuluan

Isu yang menjadi perbincangan hangat pada beberapa tahun terakhir ini adalah mengenai kelangkaan bahan bakar didalam negeri ini khususnya di beberapa daerah – daerah terpelosok dan terpencil sering sekali mengalami keterlambatan dalam pengiriman bahan bakar. Peningkatan permintaan energi yang semakin hari semakin meningkat ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan semakin berkurangnya cadangan sumber energi untuk memenuhi hal tersebut. Selain itu juga yang menjadi masalah utama adalah emisi dari bahan bakar energi fosil disatu sisi memberikan dampak kepada setiap Negara untuk segera beralih untuk

memproduksi dan menggunakan energi terbarukan yang aman dan nyaman.

Untuk mengurangi pemakaian terhadap bahan bakar minyak, pemerintah telah menerbitkan peraturan presiden Indonesia nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Pemerintah Indonesia mendorong konsumsi *biofuel* sebesar 5 % dari konsumsi minyak Indonesia atau 1,33 % dari total *energy mix* tahun 2025[1]. Serta peraturan daerah tersebut pemerintah juga membuat target yang mana akan mengganti 1,48 miliar liter bensin dengan bioetanol. Diperkirakan kebutuhan bioetanol akan meningkat 10 % pada tahun 2011 – 2015, dan 15 % pada 2016 – 2025, pada kurun waktu pertama 2007 –

2010 selama 3 tahun pemerintah memerlukan rata – rata 30.833.000 liter bioetanol/bulan[2]. Sebagai Negara yang agraris dan tropis, Indonesia telah dianugerahi kekayaan alam yang sangat melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai bioenergi. Hal ini bisa menjadi solusi untuk menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang. Bioenergi bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*) serta terjangkau untuk masyarakat.

Di Indonesia bagian Timur khususnya, terdapat berbagai macam potensi alam nabati yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi bahan bakar alternatif (non-fosil). Adapun potensi yang dimaksud adalah ampas sagu yang berasal dari tanaman sagu yang ada di Indonesia merupakan yang terluas didunia, dimana diperkirakan 51,3 % lahan sagu dunia atau sekitar 1.128 juta ha dari 2.201 juta ha areal sagu dunia ada di Indonesia yang dapat diolah kembali menjadi bahan bakar cair[3]. Daerah Papua, merupakan daerah dengan penghasil ampas sagu terbesar di Indonesia. Hal ini bisa dibuktikan dari 1.250.000 ha lahan sagu yang berada diseluruh Indonesia sebanyak 1.000.000 ha terdapat di Papua yang mana masih belum dimanfaatkan dengan maksimal oleh pendulum dan pemerintah baik untuk memenuhi kebutuhan daerah tersebut serta kebutuhan secara nasional[4].

Ampas sagu (*Metroxylon sago*) merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan sagu, kaya akan karbohidrat dan bahan organik lainnya. Pemanfaatannya masih terbatas dan biasanya dibuang begitu saja ketempat penampungan atau kesungai yang ada disekitar daerah penghasil. Oleh karena itu ampas sagu berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan[5]. Hal tersebut sangat disayangkan, karena ampas sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk bioetanol.

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah ampas sagu yang berasal dari daerah Papua yang bisa dilihat pada gambar 1 yang akan dijadikan bahan bakar bioetanol dengan kosentrasi 90 dan 96% yang mana sebelumnya sudah dilakukan pengujian karakterisasi bahan bakar yang meliputi pengujian LHV (*Low Heating*

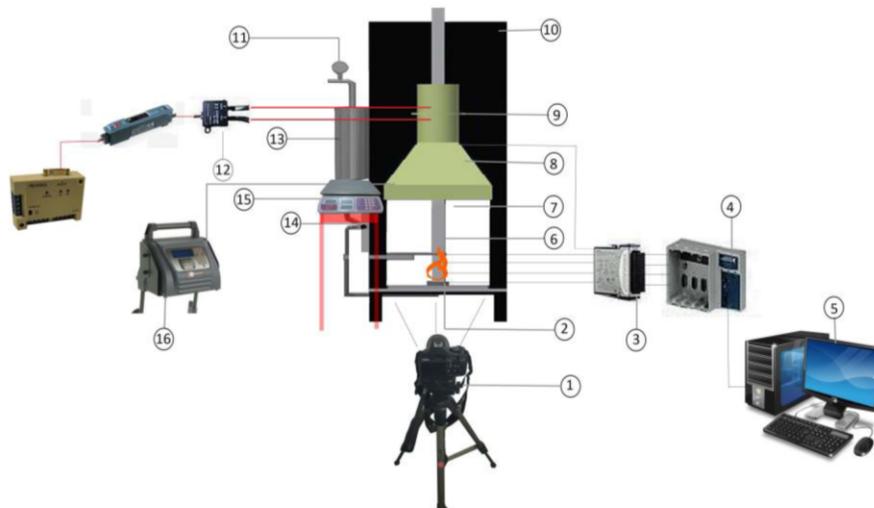
Value), Berat Jenis, Viskositas, Kromatografi Gas dan FT-IR.



Gambar 1. Limbah Ampas Sagu

Kemudian bahan bakar tersebut dilakukan proses pembakaran yang mana akan dilihat karakteristik nyala api yakni fenomena *Jet Flame* yang bisa dilihat dari hasil distribusi temperatur dari proses pembakaran bahan bakar tersebut. Fenomena *Jet Flame* adalah fenomena dimana ketika reaksi bahan bakar dan udara atmosfer di ruang bakar bercampur secara sempurna (stoikiometri) yaitu rasio antara bahan bakar dan udara atmosfer seimbang sehingga terjadi pembakaran sempurna dimana hasil eksperimen terlihat terjadi perubahan struktur nyala api dari turbulen ke laminar, perubahan tinggi api dari bentuk pool fire ke stabilitas nyala yang mana ditandai dengan api yang lebih stabil dan tidak fluktuatif yakni tidak lagi ada bahan bakar yang terbuang dan bertemu dengan udara panas sehingga menyebabkan pembakaran menjadi stabil[6-7].

Para peneliti terdahulu yang telah melakukan kajian tentang bioetanol sebagai bahan bakar adalah Vienna [12] melakukan studi eksperimen distribusi temperatur nyala api pada kompor bioetanol tipe side burner dengan variasi diameter *firewall* 2,5 inci dan 3 inci dengan kosentrasi kadar etanol 99 %. Hasil temperatur api rata – rata untuk diameter 2,5 inci adalah 542°C dan untuk diameter 3 inci adalah 516°C. Rajvansi [13] melakukan studi eksperimen terhadap etanol kadar rendah yakni 50 % dengan pencampuran etanol dengan air yang mana digunakan untuk kebutuhan memasak. Hasil *flame* dari pembakaran etanol kadar 50 % berwarna *yellowish – orange* dan temperaturnya berkisar 850° sampai 900°C.



Gambar 2. Eksperimental Set Up Penelitian

Metodologi

Karakterisasi bahan bakar bioetanol dari ampas sagu dilakukan agar dapat diketahui kandungan dari etanol dan sebagai syarat kelayakan sebagai bahan bakar. Pengujian karakterisasi yang dilakukan meliputi uji LHV (*Low Heating Value*), Berat Jenis, Viskositas, Kromatografi Gas dan FTIR. Pengujian karakterisasi bahan bakar dilakukan di Laboratorium Jasa Kimia, Fakultas MIPA dan Laboratorium Jasa Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Setelah di uji kelayakan bahan bakar, kemudian yang dilakukan adalah penelitian proses pembakaran bahan bakar bioetanol 90 dan 96% menggunakan *burner* dengan dimensi

diameter 50 mm dan ketebalan 20 mm dengan jumlah *hole* 16. Tabung bioetanol dengan ukuran diameter 75 mm dan ketinggian tabung 75 mm. Adapun alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yakni untuk melihat hasil temperatur pembakaran menggunakan Data akuisisi NI 9213 dan *Chassis* NI cDaq-9172. Timbangan digital digunakan untuk mengetahui massa dari bahan bakar yang digunakan, sensor tekanan membaca *pressure drop* pada hasil sisa proses pembakaran, dengan *Gas Analyser* bisa dilihat kandungan O₂, CO₂, CO, dan HC. Peralatan tambahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini ada kamera yang digunakan untuk merekam

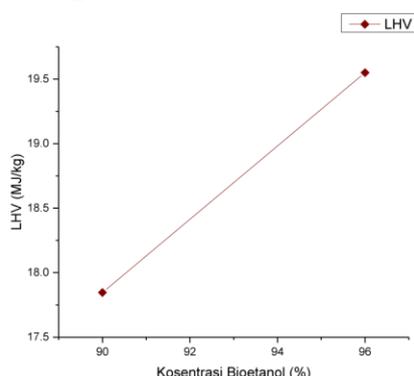
nyala api dari proses pembakaran. Perangkat computer untuk merekam data akuisisi temperatur. Penelitian dilakukan di Laboratorium Termodinamika, *Flame and Combustion Research Group*, Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Proses pengambilan data eksperimen dari pembakaran bahan bakar bioetanol 90 dan 96%. Mempersiapkan peralatan yang diperlukan dalam melakukan pengujian seperti *setup* kompor, *burner*, tabung bioetanol, *flowmeter*, termokopel, *flue gas analyser*, timbangan digital, sensor *pressure drop*, kamera, tripod, AC DC inverter. Mempersiapkan computer yang telah dilengkapi dengan *software* LabView. Memastikan semua alat ukur bekerja. Memastikan kadar bioetanol dengan menggunakan alat ukur alkohol meter. Mempersiapkan bahan bakar bioetanol dengan kadar 90 dan 96% sebanyak 500 ml dengan menggunakan gelas ukur. Bioetanol 90% memiliki kandungan etanol 90% dan 10% adalah air. Begitu juga untuk bioetanol 96%, 96% adalah kandungan etanol dan sisa 4% berupa air. Meletakkan bioetanol kedalam tabung bioetanol. Mengatur laju bahan bakar yang akan digunakan dengan menggunakan *flowmeter*. Pembakaran dilakukan selama 10 menit, tidak menunggu bahan bakar sampai habis. Temperatur api dan be-142pa

temperatur pada titik yang lain tercatat menggunakan software Labview pada halaman yang baru. Mencatat massa bahan bakar dan laju bahan bakar yang digunakan secara manual per 20 detik secara manual. Produksi gas buang dan *pressure drop* direkam dengan menggunakan kamera. Ketika waktu sudah menunjukkan 10 menit maka laju bahan bakar dengan menggunakan *flowrate* ditutup. Kemudian dilihat sisa bahan bakar yang masih terbakar sampai api sudah padam, pencatatan pada Labview dinonaktifkan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian bahan bakar bioetanol : *Low Heating Value (LHV)*

Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dari proses pembakaran[7].



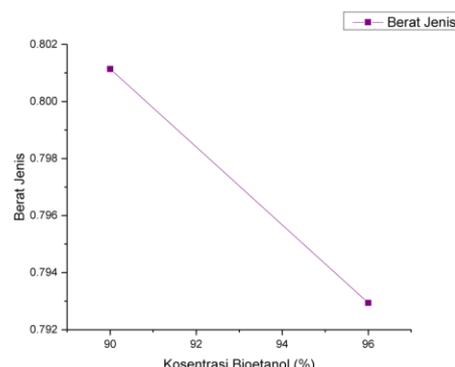
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian *Low Heating Value*

Gambar 3 menunjukkan hasil untuk bioetanol konsentrasi kandungan 90% nilai LHV nya adalah 17.846 MJ/kg sedangkan untuk kandungan 96% adalah 19.55 MJ/kg. kandungan bioetanol 96% memiliki nilai yang tinggi untuk LHV hal ini dikarenakan kandungan etanol yang lebih banyak.

Berat Jenis

Berat jenis lebih sering didefinisikan sebagai perbandingan massa dari suatu zat terhadap massa sejumlah volume air yang sama pada temperatur tertentu Berat jenis larutan etanol dapat diukur dengan piknometer. Berat jenis larutan etanol semakin kecil, maka kadar konsentrasi etanol didalam larutan tersebut semakin besar. Hal ini dikarenakan etanol mempunyai berat jenis

lebih kecil daripada air sehingga makin kecil berat jenis larutan berarti jumlah atau kadar etanol semakin banyak[8].

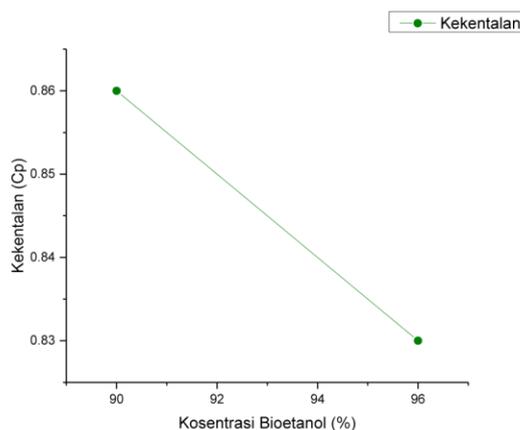


Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Berat Jenis

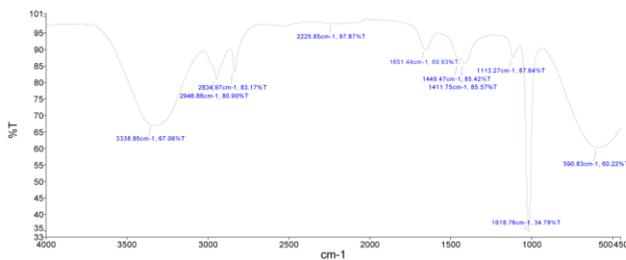
Pada gambar 4, bioetanol konsentrasi kandungan 90% nilai berat jenisnya berada di 0.80014 dan untuk bioetanol 96% adalah 0.79294 semakin tinggi konsentrasi bioetanol maka akan semakin rendah nilai dari berat jenisnya hal ini disebabkan kandungan 96% memiliki banyak kandungan etanolnya yang mana berat jenis etanol lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis air.

Viskositas

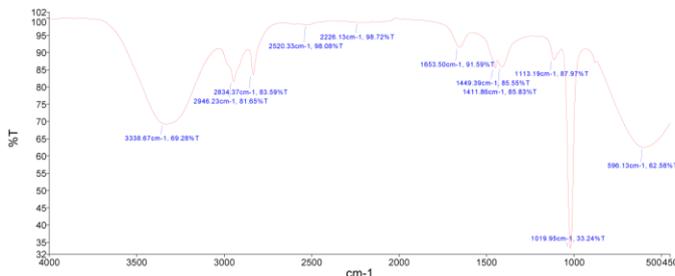
Viskositas atau kekentalan merupakan gaya gesek anatar molekul – molekul yang menyusun suatu fluida. Biasa disebut juga sebagai gaya gesek internal dalam fluida tersebut mengalir atau ketika diberikan gaya. Salah satu contoh fluida adalah cairan. Cairan yang lebih cair memiliki viskositas yang lebih kecil dan sedangkan cairan yang lebih kental memiliki viskositas tinggi dan sulit mengalir[9].



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Viskositas



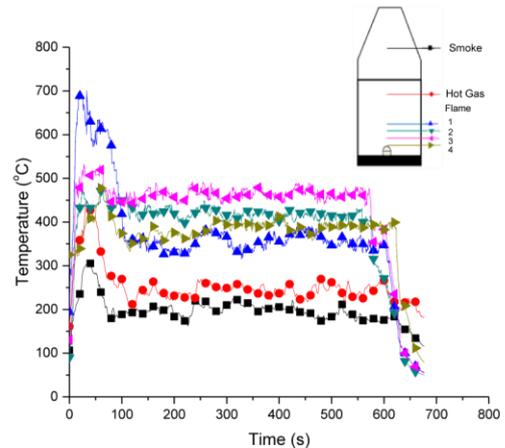
Gambar 8. Grafik Hasil pengujian Bioetanol konsentrasi 90% dengan FTIR



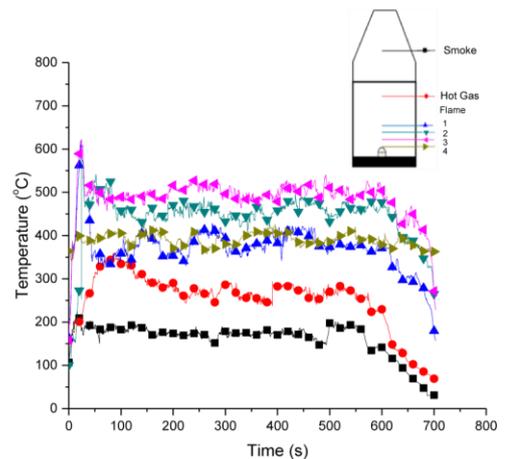
Gambar 9. Grafik Hasil pengujian Bioetanol konsentrasi 96% dengan FTIR

Gambar 8 adalah grafik hasil pengujian bioetanol konsentrasi 90%, pada spectrum bioetanol absorpsi inframerah oleh O – H *stretching* (Alkohol) sangat kuat dan nyata pada daerah serapan $3338,95 \text{ cm}^{-1}$. Selanjutnya adanya gelombang serapan pada daerah serapan $2946,86 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C – H *stretching* (Alkana). Adanya serapan pada gelombang $1651,44 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C = C (Alkena) dan serapan pada daerah $1018,76 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C – C - OH *bending* (eter). Pada gambar 9 adalah grafik hasil pengujian bioetanol konsentrasi 96%, pada spectrum bioetanol absorpsi inframerah oleh O – H *stretching* (Alkohol) sangat kuat dan nyata pada daerah serapan $3338,67 \text{ cm}^{-1}$. Selanjutnya adanya gelombang serapan pada daerah serapan $2946,23 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C – H *stretching* (Alkana). Adanya serapan pada gelombang $1653,50 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C = C (Alkena) dan serapan pada daerah $1019,95 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C – C - OH *bending* (Eter).

Hasil Pembakaran Untuk Setiap Bioetanol Kosentrasi 90 dan 96% :



Gambar 10. Grafik temperatur nyala api, hot gas dan smoke pada pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 90%

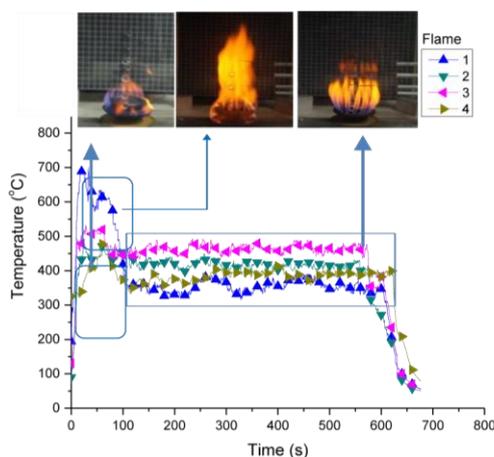


Gambar 11. Grafik temperatur nyala api, hot gas dan smoke pada pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 96%

Pada Grafik yang terlihat pada gambar 10 dan 11 adalah grafik distribusi temperatur pada saat proses pembakaran bioetanol 90% dan 96% Dimana ada 6 termokopel yang terpasang, dimana termokopel yang terpasang untuk mengetahui temperatur nyala api untuk posisi (1, 2, 3 dan 4) serta mengetahui temperatur dari hot gas dan asap yang dihasilkan dari proses pembakaran. Grafik hasil proses pembakaran dari setiap kosentrasi dari awal proses pembakaran terjadi fenomena preheating zone pada proses pembakaran awal kemudian terjadi reaksi pool fire dengan temperatur

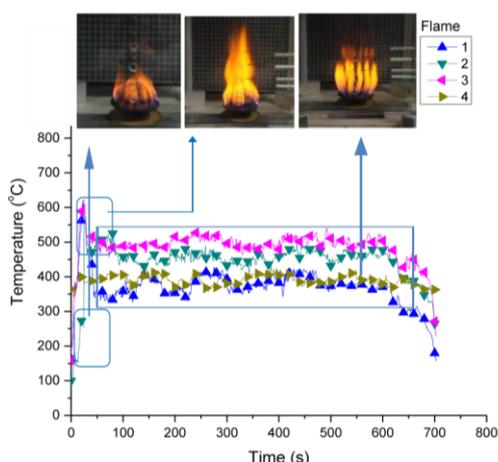
yang tinggi dimana terjadi pelepasan kalor yang meningkat, fenomena hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses pool fire terjadi ketika terbentuk pembakaran turbulen dimana nyala api tidak beraturan dan berwarna merah ke kuning an yang menunjukkan pembakaran yang tidak sempurna dimana hal ini sebabkan karena laju bahan bakar lebih cepat dari udara atmosfer yang disebut sebagai pembakaran yang gemuk (*rich*). Fenomena *jet flame* terjadi sesudah terjadinya fenomena *pool fire* berdasarkan hasil eksperimen dan pengamatan fenomena *Jet Flame* terlihat bentuk nyala api berbentuk garis lurus yang membentuk garis isothermal temperatur dimana terbentuk pembakaran laminar, laju bahan bakar dan udara atmosfer sudah tercampur secara sempurna. Dengan hasil pembakaran dan nyala api yang stabil. Hasil temperatur dari setiap konsentrasi berbeda satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan karena kandungan dari pada bioetanol itu sendiri. Semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi pula temperatur nyala api, *hot gas* dan *smoke* yang dihasilkan. Pembakaran dengan konsentrasi bioetanol yang tinggi akan menghasilkan nyala api yang lebih stabil waktu nyala yang lebih lama dan temperatur yang lebih tinggi serta membentuk fenomena *jet flame* yang lebih optimal.

Distribusi Temperatur Nyala Api Untuk Konsentrasi Bioetanol 90 dan 96% :



Gambar 12. Grafik temperatur nyala api pada pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 90%

Pada gambar 12 adalah grafik hasil pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 90%, dimana proses preheating terjadi selama kurang lebih 4 detik dengan temperatur *ignition* awal 150°C mencapai 392°C dengan RGB 104,759 dengan tinggi api 2 cm, kemudian terjadi perubahan struktur nyala api dari preheating menjadi pool fire dengan temperatur 523°C mencapai maksimum di 680°C dengan RGB 111,657 dengan tinggi api 18 cm, hal ini terjadi karena laju rasio bahan bakar lebih cepat dari laju rasio udara atmosfer di ruang bakar fenomena ini disebut pembakaran gemuk (*rich*). Ketika reaksi bahan bakar dan udara atmosfer di ruang bakar bercampur secara sempurna (stoikiometri) yaitu rasio antara bahan bakar dan udara atmosfer seimbang sehingga terjadi pembakaran sempurna dimana hasil eksperimen terlihat terjadi perubahan struktur nyala api dari turbulen ke laminar, perubahan tinggi api dari bentuk pool fire ke stabilitas nyala yang mana ditandai dengan api yang lebih stabil dan tidak fluktuatif maka akan terjadi fenomena *jet flame* dengan RGB 120,669 dengan tinggi api 4 cm, yakni tidak lagi ada bahan bakar yang terbuang dan bertemu dengan udara panas sehingga menyebabkan pembakaran menjadi stabil karena tinggi api yang dihasilkan pada pembakaran bioetanol konsentrasi 90% tidak mencapai posisi termokopel 1 dan 2 dimana untuk termokopel posisi tersebut yang terbaca adalah fluks panas dari nyala api. Untuk termokopel posisi 3 temperatur *Jet Flame* adalah 440°C - 500°C. Untuk termokopel 4 adalah termokopel tepat di salah satu hole dari keluarnya *jet flame* yakni sekitar 370°C - 390°C untuk termokopel posisi ini berbeda dengan konsentrasi sebelumnya yakni untuk konsentrasi ini temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur dari pada flame hal ini dikarenakan pada posisi ini api terdapat didalam zona reaksi yang mana temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur flame.

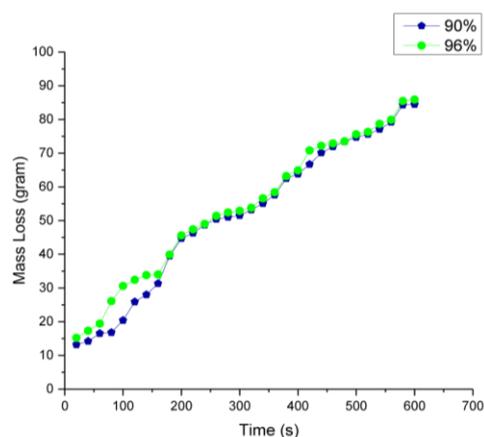


Gambar 13. Grafik temperatur nyala api pada pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 96%

Pada gambar 13 adalah grafik hasil pembakaran bioetanol dengan konsentrasi 96%, dimana proses preheating terjadi selama kurang lebih 5 detik dengan temperatur *ignition* awal 190°C mencapai 400°C dengan RGB 105,839 dengan tinggi api 2 cm, kemudian terjadi perubahan struktur nyala api dari preheating menjadi pool fire dengan temperatur 544°C mencapai maksimum di 614°C dengan RGB 105,839 dengan tinggi api 2 cm, hal ini terjadi karena laju rasio bahan bakar lebih cepat dari laju rasio udara atmosfer di ruang bakar fenomena ini disebut pembakaran gemuk (*rich*). Ketika reaksi bahan bakar dan udara atmosfer di ruang bakar bercampur secara sempurna (stoikiometri) yaitu rasio antara bahan bakar dan udara atmosfer seimbang sehingga terjadi pembakaran sempurna dimana hasil eksperimen terlihat terjadi perubahan struktur nyala api dari turbulen ke laminar, perubahan tinggi api dari bentuk pool fire ke stabilitas nyala yang mana ditandai dengan api yang lebih stabil dan tidak fluktuatif maka akan terjadi fenomena *jet flame* dengan RGB 139,906 dengan tinggi api 4,5 cm. yakni tidak lagi ada bahan bakar yang terbuang dan bertemu dengan udara panas sehingga menyebabkan pembakaran menjadi stabil karena tinggi api yang dihasilkan pada pembakaran bioetanol konsentrasi 96% tidak mencapai posisi termokopel 1 dan 2 dimana untuk termokopel posisi tersebut yang terbaca adalah fluks panas dari nyala api. Untuk

termokopel posisi 3 temperatur *Jet Flame* adalah 480°C - 520°C. Untuk termokopel 4 adalah termokopel tepat di salah satu hole dari keluarnya *jet flame* yakni sekitar 380°C - 400°C untuk termokopel posisi ini berbeda dengan konsentrasi sebelumnya yakni untuk konsentrasi ini temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur dari pada flame hal ini dikarenakan pada posisi ini api terdapat didalam zona reaksi yang mana temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur *flame*.

Mass Loss



Gambar 14. Grafik Mass Loss untuk konsentrasi 90 dan 96%

Semakin tinggi konsentrasi dari pada bioetanol maka akan semakin tinggi pula bahan bakar yang digunakan selama proses pembakaran. Hal ini disebabkan karena berat jenis dari konsentrasi kadar etanol tinggi lebih ringan oleh karena itu etanol dengan kadar yang tinggi lebih banyak terbakar.

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian karakterisasi bahan bakar yang telah dilakukan berupa pengujian terhadap LHV (*Low Heating Value*), Berat Jenis, Viskositas, Kromatografi Gas dan FTIR (*Fourier Transform Infrared*), bioetanol konsentrasi 90 dan 96% dari ampas sagu sudah layak menjadi bahan bakar pada *stove* untuk kebutuhan rumah tangga.
2. Eksperimental hasil pengukuran temperatur dari bahan bakar bioetanol

untuk kosentrasi 90% optimal di posisi termokopel nomor 3, temperatur *Jet Flame* 440°C - 500°C.

3. Untuk hasil pengukuran temperatur dari bahan bakar bioetanol untuk kosentrasi 96% optimal di posisi termokopel nomor 3, temperatur *Jet Flame* 480°C - 520°C
4. Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa, bahan bakar bioetanol dari ampas sagu dengan kadar kosentrasi 90 dan 96% dapat direkomendasikan sebagai bahan bakar dengan menggunakan tungku pembakaran untuk rumah tangga pada daerah remote area seperti di Provinsi Papua.

Referensi

- [1] Anonim. 2006. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. http://www.batan.go.id/perpres5_2006.pdf.
- [2] Nurianti, Y.2007. Pasok langsung ke pertamina. <http://trubus-online.com>
- [3] Rahmawati,A.2010. Pemanfaatan limbah kulit ubi kayu (*Manihot Utilism Pohl*) dan kulit nanas (*Annas Comusus L*) pada produksi bioetanol menggunakan *Aspargillus niger*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta Indonesia.
- [4] Numberi, F. 2010. Sagu Potensi yang Masih Terabaikan. Bhuana Ilmu Populer. Jakarta
- [5] Daniel,Marniati,Elida. 2012. Pembuatan bioetanol dari ampas sagu dengan proses hidrolisis asam dan menggunakan *Saccharomyces Cerevisie*. Universitas Andalas. Sumatera Barat. Indonesia.
- [6] Seitzman, J. 2004. Laminar Non Premixed Combustion: Laminar (Round) Jet Flames. Georgia Tech. College of Engineering School Of Aerospace Engineering. United States.
- [7] Numberi, J.J. 2015. Studi Eksperimental Pemanfaat Ampas Ela Sagu Sebagai Sumber Bahan Bakar Bioetanol Pada Kompor Bersih dan Ramah Lingkungan (Studi Kasus Di Provinsi Papu). Universitas Indonesia. Depok. Jawa Barat.
- [8] Pardosi, J.L. 2009. Perbandingan Metode Kromatografi Gas dan Berat Jenis Pada Penetapan Kadar Etanol. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [9] Waskito, I.S, 2011. Sistem Pengukuran Viskositas Cairan dengan Metode Osilasi Terendam. Universitas Indonesia. Depok. Jawa Barat.
- [10] Frayekti, M.C. 2013. Makalah Kromatografi Gas. PT. Badak NGL-LNG Academy.
- [11] Arherthon, T, dkk, 2010, The Forensic Analysis of Soil by FTIR with Multivariate Analysis,1-5.
- [12] R.R. Vieanna, S.S Soetadi, 2012. Studi eksperimen distribusi nyala api pada kompor bioetanol tipe side burner dengan variasi diameter *firewall*. ITS. Surabaya. Indonesia.
- [13] Rajvansi, Patri, Mendanca. 2007. *Low concentration ethanol stove for rural areas in India*. Nimbkar Agricultural Research Institute. Maharastra. India.