

STUDI *EXPERIMENTAL* PEMBUATAN BIOETANOL *GEL* DENGAN PENGENTAL CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN PENGUJIAN *PERFORMANCE* BIOETANOL *GEL*

Ronaldo Dwi Tyastando¹, Juwono Ardiansah², Argi Eka Pramudita³, Dyah Riandadari⁴

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. Email: c.ronaldo01029771@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. Email: juwonoardiansah@gmail.com

³Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. Email: argipramudita@gmail.com

⁴Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. Email: dyahriandadari@unesa.ac.id

Abstrak-Bioetanol *gel* memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan bahan bakar padat briket maupun parafin yaitu terbarukan, selama pembakaran tidak berasap, tidak menimbulkan jelaga, memiliki kelebihan keamanan dalam hal distribusi, dan tidak mudah menguap. Penelitian ini bertujuan untuk mengarakterisasi produk bioetanol *gel* dengan variasi carboxymethylcellulose (CMC), pengujian *performance* pada bioetanol *gel*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dimulai dengan proses pembuatan bioetanol *gel* dengan variasi komposisi 3,5, 4,5, 5,5%. Karakterisasi bioetanol *gel* dilakukan melalui pengujian nilai kalor, kadar air, kadar abu dan *flash point*. Pengujian *performance* dalam penelitian ini dilakukan pada bioetanol *gel stove*. Parameter yang diukur antara lain *efisiensi thermal* pembakaran, *specific fuel consumption*, *time to boil*. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai kalor jenis A adalah 4412.983 kal/g, jenis B= 4761.340 kal/g, jenis C= 5113.940 kal/g, kadar air jenis A adalah 4.48 %, jenis B= 4.12%, jenis C= 3.88%, kadar abu jenis A adalah 1.01%, jenis B=2.91 %, jenis C=4.20 %, *flash point* jenis A adalah 46.6°C, jenis B= 45.2°C, jenis C=43.3°C, hasil pengujian *performance* pembakaran bioetanol *gel* nilai *efisiensi thermal* pembakaran = 1.106%, *specific fuel consumption*= 0.05124 gr/gr water time to boil= 14minute 50 second.

Kata Kunci : Bioetanol *gel*, Karakterisasi bioetanol *gel*, optimasi *performance* bioetanol *gel stove*

Abstract-Bioethanol gel has several advantages over solid fuel briquettes and paraffin that are renewable, as long as the burning is not smoky, it does not cause soot, it has security advantages in terms of distribution, and it is not easily evaporate. This research aims to characterize bioethanol gel product with variation of carboxymethyl cellulose (cmc), performance of bioethanol gel. Experiment was conducted experimentally with the process of making bioethanol gel with variation of composition 3.5, 4.5, 5.5%. Characterization of bioethanol gel was done by testing the calorific value, moisture content, ash content and flash point. Application of bioethanol gel was done on the bioethanol gel stove. Parameters measured include thermal efficiency of combustion, specific fuel consumption, time to boil. Based on the results of research that has been done, it shows the calorific value of sample A 4412.983 kal/g, sample B = 4761.340 kal/g, sample C=4761.340 kal/g, moisture content sample A=4.48 %, sample B =4.12%, sample C=3.88%, ash content of sample A= 1.01%, sample B= 2.91 %, sample C=4.20 % and flash point sample A=46.6°C, sample B =45.2°C, sample C=43.3°C as the burning performance of bioethanol gel thermal efficiency value 1.106% , specific fuel consumption 0.05124 gr/gr water time to boil= 14minute 50 second.

Keywords : Bioethanol gel, Charcterization of bioethanol gel, performance of bioethanol gel stove

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar sangatlah mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia saat ini. Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat menyebabkan permintaan akan energi semakin bertambah. Penggunaan energi sebagian besar pada sektor rumah tangga, sektor transportasi, dan juga sektor industri. Pertambahan penduduk yang semakin besar sangatlah mempengaruhi jumlah ketersediaan energi

bahan bakar yang semakin menipis dan akan menyebabkan terjadinya kelangkaan bahan bakar di masa depan.

Kebutuhan energi primer dunia diperkirakan akan meningkat cukup tinggi seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi dunia (*World Energy Outlook*, 2013. IEA). Pada tahun 2011 kebutuhan energi fosil tercatat sebesar 10.668 juta TOE atau 82% dari total kebutuhan, dan meningkat menjadi sebesar 14.898 juta TOE pada tahun 2035 meskipun pangsaanya turun menjadi

sebesar 80%. Kebutuhan minyak global pada tahun 2011 diperkirakan sebesar 86.7 Mb/d dan meningkat menjadi 101.4 Mb/d pada tahun 2035. Sumber: Dewan Energi Nasional Republik Indonesia [2].

Minyak bumi adalah energi yang tidak dapat diperbarui, tetapi dalam kehidupan sehari-hari bahan bakar minyak masih menjadi pilihan utama sehingga akan mengakibatkan menipisnya cadangan minyak bumi. Jumlah cadangan minyak bumi semakin lama keberadaannya akan terus berkurang. Pengurangan energi dapat dilakukan dengan cara melakukan usaha penghematan dan mencari sumber energi alternatif atau energi pengganti yang lain.

Indonesia memiliki keanekaragaman sumber daya alam yang tinggi yang dapat menghasilkan bioetanol dalam jumlah yang besar. Potensi bioetanol menurut Kementerian ESDM [3] sumber yang berasal dari bahan bakar nabati yang berasal dari molases dan singkong dengan tingkat produksi hingga 15.5 juta ton atau setara dengan 17.8 juta SBM. Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang sangat potensial karena sumbernya mudah untuk diperbarui. Pembuatan etanol di Indonesia semakin berkembang sehingga produksi etanol semakin meningkat. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2006 menunjukkan besarnya ekspor bioetanol sebesar 25.590 ton. Berdasarkan data BPS tersebut menunjukkan bioetanol sangat cocok untuk dikembangkan lebih besar lagi.

Beberapa kendala yang harus dihadapi apabila kita akan menggunakan untuk kepentingan masyarakat dikarenakan bioetanol hanya diproduksi di daerah tertentu, tidak setiap daerah di Indonesia memproduksinya. Bioetanol cair pada dasarnya cukup beresiko apabila didistribusikan dalam drum, karena bioetanol yang berwujud cair lebih beresiko mudah tumpah dan juga mudah meledak karena sifat bioetanol cair yang *volatil*. Untuk membuat bioetanol aman digunakan untuk pemakaian dan pendistribusian maka bioetanol cair di rubah menjadi bioetanol *gel*. Untuk membuat bioetanol *gel* dibutuhkan kalsium asetat, atau pengental lainnya seperti *xanthan gum*, karbopol EZ-3 polimer dan berbagai material turunan selulosa Tambunan, [7].

Bioetanol *gel* memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar padat briket maupun parafin yaitu terbarukan, selama pembakaran tidak berasap, tidak menimbulkan jelaga. Bentuk dari bioetanol *gel* memudahkan dalam pengemasan dan juga pendistribusian. Menurut Lioyd and Visiage [3] bioetanol *gel* membantu mengatasi masalah sedikitnya energi sehingga kemudian bisa menjadi alternatif bahan bakar. Bioetanol bila ditinjau dari segi emisi polutan yang dihasilkan sangat rendah sehingga membantu mengatasi permasalahan pada saat kita akan menggunakan untuk memasak.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Almira Nugroho,dkk [1]. "Pembuatan *gel* bioetanol dengan menggunakan bahan pengental *carboxymethylcellulose* (CMC)" dengan menggunakan variasi etanol 70, 80 dan 90% dengan masing-masing variasi CMC sebesar 1.2, 1.5, 1.8 gram menunjukkan hasil bahwa etanol 90% dengan pengental CMC sebesar 1.5 gram menunjukkan hasil nilai kalor sebesar 12.382 J/gr, residu pembakaran 29.44%.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Riyanti [5] "Kajian produksi *gel* bioetanol dengan menggunakan CMC sebagai pengental" pada pembuatan bioetanol *gel*" dengan variasi bioetanol sebesar 55%, 65%, 75%, variasi CMC sebesar 0.75, 1, 1.25 gram menyimpulkan bahwa semakin tinggi jumlah CMC yang ditambahkan maka nilai kalornya akan semakin tinggi seperti terlihat pada hasil pengujian dengan menggunakan etanol 65% dengan pengental CMC 1.25% menunjukkan hasil nilai kalor sebesar 15.83 MJ/kg, sedangkan apabila dibandingkan dengan etanol 65% dengan CMC 1% maka semakin rendah nilai kalornya yaitu sebesar 15.56 MJ/kg. Riyanti [5] sebelumnya melakukan penelitian permulaan untuk mencari bahan pengental yang terbaik diantaranya *guar gum*, *sodium alginate*, keragenan dan CMC, berdasarkan penelitian menunjukkan pengental CMC lebih *homogen* daripada pengental yang lainnya.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Lioyd and Vissagie [4] "A Comparasion Of Gel Fuels With Alternative Cooking Fuels " menyimpulkan bahwa hasil pengujiannya *time to boil* pada suhu 100°C pada waktu 10 menit, *efisiensi thermal* pembakaran 45.2- 61.3 %, *low heating value* adalah sebesar 16100 KJ/kg. Berdasarkan hasil penelitian juga menunjukkan bahwa bila dibandingkan bahan bakar yang lainnya relatif tidak jauh berbeda, sehingga bioetanol *gel* cocok untuk digunakan bahan bakar.

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti tertarik untuk mengambil penelitian mengenai "Study Experimental Pembuatan Bioetanol Gel Dengan Pengental Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Pengujian Performance Bioetanol Gel"

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan prosentase CMC terhadap karakteristik bioetanol *gel* yang dihasilkan. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi bioetanol dan CMC terhadap *performance* bioetanol *gel* yang dilakukan uji pembakaran.

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat melakukan proses pembuatan bioetanol *gel* sebagai bahan bakar alternatif serta mengetahui variabel- variabel yang berpengaruh pada bioetanol *gel*. Dapat mengetahui bahwa bioetanol cair dapat diubah menjadi bioetanol *gel* sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. menambah data dan keilmuan tentang pembuatan bioetanol *gel* sebagai bahan bakar alternatif.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang karakterisasi bioetanol *gel* dan *performance* pada bioetanol *gel*.

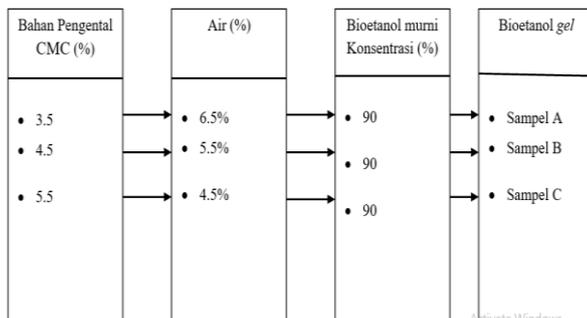
Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian pembuatan bioetanol *gel* dan pengujian *performance* dilaksanakan pada bulan April-Oktober 2018. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laboratorium bahan bakar dan pelumas Universitas Negeri Surabaya

Variabel Penelitian

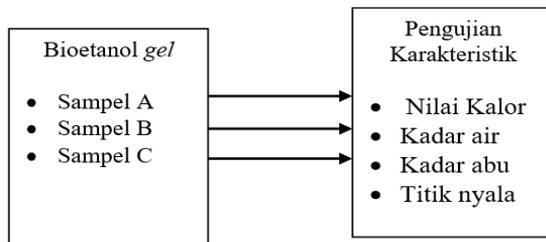
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah melakukan variasi berat bahan pengental CMC. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kalor (*calorific value*), kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), titik nyala (*flash point*), *efisiensi thermal* pembakaran, *specific fuel consumption*, *time to boil*. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah bahan dasar pembuatan bioetanol *gel* adalah bioetanol murni sebanyak dengan kadar 96%, bahan pengental adalah karbopol, proses pembuatan bioetanol *gel* memakai temperatur $\pm 27^{\circ}\text{C}$, kecepatan pengadukan ± 1500 rpm dengan waktu 25 menit.

Diagram Alur Penelitian



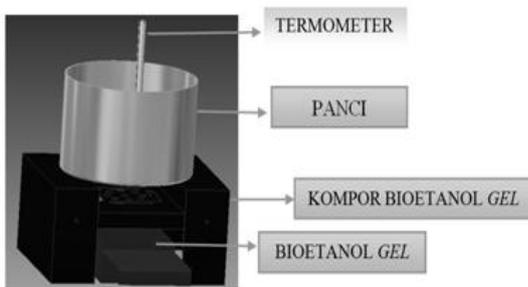
Gambar 1. Diagram alur penelitian

Skema Pengujian Karakteristik



Gambar 2. Skema Pengujian Karakteristik

Pengujian *performance* bioetanol *gel* stove



Gambar 3. Pengujian *performance* bioetanol *gel* stove

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen penelitian merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital untuk mengukur berat bahan pengental CMC, berat abu pada pengujian

kadar abu. Gelas ukur untuk mengukur volume bioetanol murni, dan volume air. *Calorimeter bomb* untuk mengukur nilai kalor. *Moisture balance* untuk mengukur kadar air. *Stop watch* untuk mengukur *time to boil*. *Thermometer* untuk mengukur *time to boil*. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode observasi dan metode eksperimen.

Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Menurut Sugiono [6] pada statistik deskriptif ini, akan dikemukakan cara-cara penyajian data, dengan tabel biasa maupun distribusi frekuensi. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen. Data yang dianalisis adalah hasil pengujian nilai kalor, kadar air, kadar abu dan *flash point*. Pengujian *performance* meliputi *time to boil*, *specific fuel consumption* dan *efisiensi thermal* pembakaran. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kalor

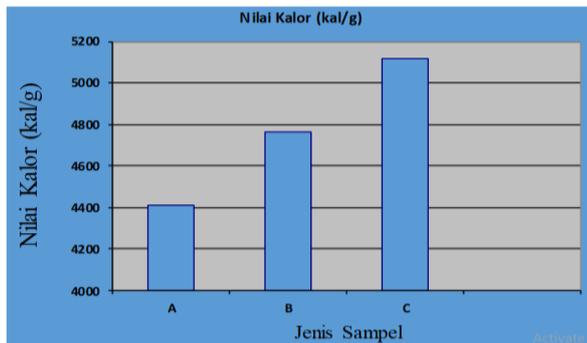
Prinsip penentuan nilai kalor adalah dengan mengukur energi yang ditimbulkan pada pembakaran satu gram contoh uji. Ditimbang satu gram contoh uji, lalu ditempatkan pada cawan silika, kemudian dimasukkan ke dalam *Calorimeter combustion bomb*. Pembakaran dimulai pada saat suhu air sudah tetap. Pengukuran dilakukan sampai suhu mencapai maksimum. Pengukuran nilai kalor bakar dihitung berdasarkan banyaknya kalor yang dilepaskan sama banyaknya dengan kalor yang diserap.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan nilai kalor dari bioetanol *gel* dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1
Data hasil pengujian nilai kalor

| Sampel | Nilai Kalor (cal/gr) |
|--------|----------------------|
| A | 4412.983 |
| B | 4761.340 |
| C | 5113.940 |

Perbandingan nilai kalor dari masing-masing jenis bioetanol *gel* yang dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai Kalor

Sampel A : Bahan pengental CMC sebesar 3.5% dicampur dengan air 6.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel B : Bahan pengental CMC sebesar 4.5% dicampur dengan air 5.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel C : Bahan pengental CMC sebesar 5.5% dicampur dengan air 4.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Gambar 4 diatas terlihat bahwa nilai kalor tertinggi dan terendah untuk masing- masing bioetanol *gel*. Nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi bioetanol *gel* jenis C dengan nilai kalor sebesar 5113.940 kal/gram, sedangkan nilai kalor terendah terdapat pada variasi bioetanol *gel* jenis A dengan nilai kalor sebesar 4412.983 kal/ gram .

Nilai kalor ini salah satunya memiliki hubungan yang erat dengan kadar air. Tinggi dan rendahnya nilai kalor sangat dipengaruhi oleh kadar air. Semakin rendah kadar air maka semakin tinggi nilai kalor, sedangkan semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai kalor. Faktor lain yang memiliki pengaruh besar terhadap tinggi rendahnya nilai kalor adalah kandungan *carbon*, *oxygen*. Semakin tinggi kandungan *carbon* dan *oxygen* maka semakin tinggi nilai kalor.

Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *carboxymethyl cellulose (CMC)* yang nantinya akan dicampur dengan bioetanol cair, maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Nilai kalor berhubungan erat dengan komposisi karbon terikat pada suatu bahan bakar. Semakin tinggi karbon terikat yang dimiliki, maka nilai kalornya juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan dalam pembakaran dibutuhkan karbon yang bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor.

Kadar Air

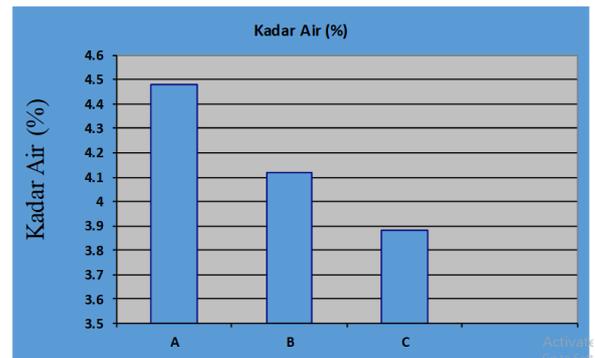
Kadar air bahan bakar adalah jumlah air yang terdapat pada bahan bakar, dinyatakan sebagai presentase berat material. Berat tersebut dapat disebut sebagai berat basah dan juga berat kering. Jika kadar air ditentukan atas dasar basah, berat air dinyatakan sebagai presentase dari jumlah berat air, abu, dan bebas dari abu serta dalam keadaan kering. Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 gram, lalu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 104-110°C selama 1 jam sampai beratnya konstan dan

selanjutnya ditimbang. Pengujian kadar air dilakukan dengan metode ASTM D 2961-17 .

Tabel 2.
Hasil Pengujian Kadar Air

| Sampel | Kadar Air (%) |
|--------|---------------|
| A | 4.48 |
| B | 4.12 |
| C | 3.88 |

Perbandingan kadar air dari masing- masing jenis bioetanol *gel* yang dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Hasil Pengujian Kadar Air

Sampel A : Bahan pengental CMC sebesar 3.5% dicampur dengan air 6.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel B : Bahan pengental CMC sebesar 4.5% dicampur dengan air 5.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel C : Bahan pengental CMC sebesar 5.5% dicampur dengan air 4.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Gambar 5. diatas terlihat bahwa kadar air tertinggi dan terendah untuk masing- masing bioetanol *gel*. Kadar air tertinggi terdapat pada jenis variasi A dengan kadar air sebesar 4.48%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada jenis variasi C sebesar 3.88% . Gambar 5. diatas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya komposisi CMC maka dapat mengakibatkan semakin rendahnya kadar air, hal tersebut berbanding lurus dengan hasil pengujian nilai kalor yang semakin naik dengan penambahan CMC. Hasil pengujian yang telah dilakukan terlihat bahwa faktor penambahan jumlah CMC sangat erat dengan kadar air dari bahan bakar bioetanol *gel*.

Kadar air yang rendah akan memiliki korelasi bahan bakar tersebut layak untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut, kadar air dari bahan bakar bioethanol *gel* yang baik pada umumnya memiliki kadar air <15%. Kadar air pada ketiga jenis bioethanol *gel* yang sudah dilakukan pengujian diatas memiliki kadar air <15%, sehingga apabila kedepannya akan dilakukan pengembangan lebih lanjut sangatlah cocok. Kadar air

dari bahan bakar yang rendah akan memiliki keuntungan salah satunya bahan bakar bioethanol *gel* tersebut akan lebih mudah untuk dilakukan penyalaan.

Kadar Abu

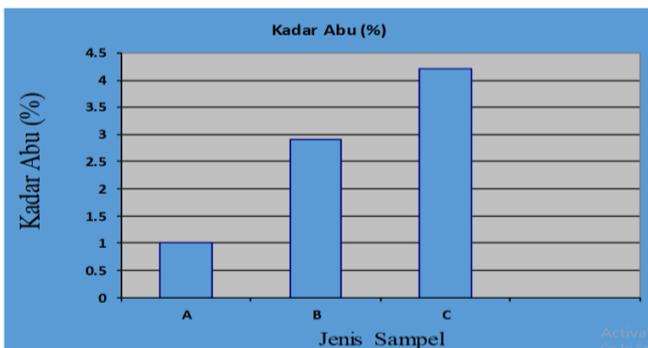
Cawan yang berisi contoh uji yang sudah ditetapkan kadar airnya, digunakan untuk menetapkan kadar abu. Caranya cawan tersebut diletakan dalam tanur, perlahan-lahan dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai suhu 750°C selama 6 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai beratnya konstan.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan kadar abu dari bioetanol *gel* dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3.
Hasil Pengujian Kadar Abu

| Sampel | Kadar Abu (%) |
|--------|---------------|
| A | 1.01 |
| B | 2.91 |
| C | 4.20 |

Perbandingan kadar abu dari masing- masing jenis bioetanol *gel* yang dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6. Hasil Pengujian Kadar Abu

Sampel A : Bahan pengental CMC sebesar 3.5% dicampur dengan air 6.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel B : Bahan pengental CMC sebesar 4.5% dicampur dengan air 5.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel C : Bahan pengental CMC sebesar 5.5% dicampur dengan air 4.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Gambar 6. diatas terlihat bahwa kadar abu tertinggi dan terendah untuk masing- masing bioetanol *gel*. Kadar abu tertinggi terdapat pada jenis variasi C dengan nilai kadar abu sebesar 4.20%, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada jenis variasi A dengan nilai kadar abu sebesar 1.01%. Gambar 6. diatas menunjukkan bahwa penambahan CMC yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap

pembakaran bioetanol *gel* yang dihasilkan. Gambar 6. diatas terlihat kadar abu meningkat seiring dengan peningkatan CMC. Peningkatan CMC setiap 1% berbanding lurus dengan kenaikan kadar abu. Peningkatan kadar abu pada bioetanol *gel* setiap penambahan prosentase CMC disebabkan sifat kimia CMC yang tidak terbakar habis pada saat dilakukan pembakaran, sehingga menimbulkan residu / sisa pembakaran. Kadar Abu bahan bakar bioetanol *gel* yang dilakukan pengujian menunjukkan hasil yang cukup bagus dan di bawah angka kadar abu <5%, sehingga apabila bahan bakar bioetanol *gel* ini diaplikasikan untuk bahan bakar rumah tangga tidak menimbulkan jelaga yang banyak apabila dibandingkan bahan bakar *renewable* lainnya seperti bahan bakar kayu arang ataupun bahan bakar briket.

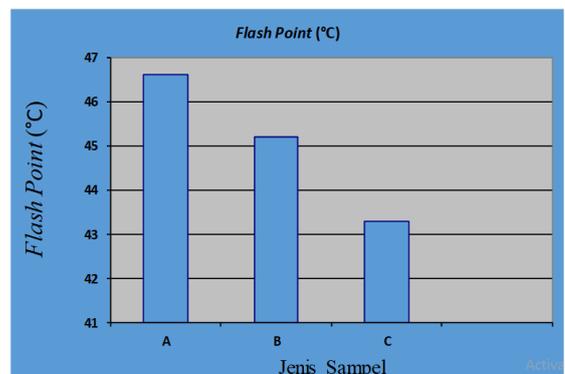
Flash Point (Titik Nyala)

Titik nyala ditentukan dengan cara memanaskan bioetanol *gel* dalam cawan, selanjutnya kenaikan suhu tertentu setelah bioetanol *gel* mencapai suhu 80-90°C dibawah *flash point* yang diperkirakan, nyala uji diarahkan pada permukaan bioetanol *gel* untuk setiap kenaikan 5 °C. Suhu paling rendah dimana uap bioetanol *gel* dalam campurannya dengan udara bisa menyala sebagai titik nyala bioetanol *gel*. Pengujian titik nyala pada bioetanol *gel* dilakukan menggunakan metode ASTM D 92.

Tabel 4
Hasil Pengujian *Flash Point*

| Sampel | <i>Flash Point</i> (°C) |
|--------|-------------------------|
| A | 46.6 |
| B | 45.2 |
| C | 43.3 |

Perbandingan *flash point* dari masing- masing jenis bioetanol *gel* yang dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini:



Sampel A : Bahan pengental CMC sebesar 3.5% dicampur dengan air 6.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel B : Bahan pengental CMC sebesar 4.5% dicampur dengan air 5.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel C : Bahan pengental CMC sebesar 5.5% dicampur dengan air 4.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Gambar 7. diatas menunjukkan bahwa titik nyala bioetanol gel dari campuran bioetanol dan CMC menunjukkan bioetanol gel akan terbakar pada suhu 46.6°C untuk sampel A, 45.2 untuk sampel B, 43.3 untuk sampel C pada uji api terbuka. Sampel C menunjukkan nilai *flashpoint* yang terbaik apabila dibandingkan dengan bioethanol gel A dan B. Pada sampel C menunjukkan bahan bakar tersebut lebih mudah dilakukan penyalaan. Kemudahan penyalaan menunjukkan bahan bakar tersebut sangat baik, sehingga apabila bahan bakar tersebut apabila akan dilakukan penyalaan awal tidak membutuhkan suhu terlalu tinggi. Pengujian titik nyala dimaksudkan untuk keamanan dan untuk mengetahui sampai suhu berapa orang masih dapat bekerja dengan aman terhadap suatu produk bioetanol gel tanpa timbul bahaya kebakaran.

Pengujian Performance Bioetanol Gel

Data-data pengujian yang sudah diperoleh dari pengujian metode *Water Boiling Test* (WBT) pada tempat pembakaran (*burner*), kemudian digunakan untuk menghitung parameter- parameter *performance* bioetanol gel sebagai berikut:

| Sampel | Time to boil (minute: second) | Specific Fuel Consumption (gr bahan bakar/ gr air) | Efisiensi thermal (%) |
|--------|----------------------------------|--|--------------------------|
| A | 20:59 | 0.031343 | 1.469163 |
| B | 17:21 | 0.041801 | 1.303316 |
| C | 14:50 | 0.05124 | 1.106463 |

Sampel A : Bahan pengental CMC sebesar 3.5% dicampur dengan air 6.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel B : Bahan pengental CMC sebesar 4.5% dicampur dengan air 5.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Sampel C : Bahan pengental CMC sebesar 5.5% dicampur dengan air 4.5% kemudian di campur dengan bioetanol murni 90%.

Hasil pengujian *performance* bioetanol gel yang telah dilakukan pengujian menggunakan *stove* menunjukkan nilai *efisiensi thermal* dari bioetanol gel yang dilakukan pengujian ini menunjukkan bahwa nilai *efisiensi thermal* terbaik terdapat pada bioethanol gel jenis.... , nilai *efisiensi thermal* yang tinggi menunjukkan *performance* bahan bakar tersebut sangat baik. Dari segi *specific fuel consumption* menunjukkan bahan bakar A lebih rendah *specific fuel consumption* apabila dibandingkan dengan bahan bakar A dan B dengan nilai *specific fuel consumption* sebesar 0.031343 gr bahan bakar/ gr air . Berdasarkan 3 sampel bahan bakar yang dilakukan pengujian menunjukkan 3 jenis bahan bakar tersebut tergolong cukup hemat bahan bakar dikarenakan untuk mendidihkan 500 ml air hanya dibutuhkan 0.031343-0.05124gr/gr *water*, sehingga bisa dikatakan sangatlah hemat bahan bakar, sehingga mampu mengurangi biaya bahan bakar apabila diterapkan di masyarakat kedepannya, bila ditinjau dari *time to boil* untuk mendidihkan air sebesar 500 ml bahan bakar bioethanol gel jenis C menunjukkan hasil terbaik dengan catatan waktu 14 *minute* 50 *second*, hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan Liyod dan Vissigae dalam penelitiannya menggunakan bioetanol gel.

Daftar Pustaka.

- [1] Almira Nugroho,dkk. 2016. Pembuatan Gel Etanol Dengan Menggunakan Bahan Pengental *Carboxymethylcellulose* (CMC). Jurnal Faperta Vo 1 3 No 1 Februari 2016
- [2] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. 2014. *Outlook Energi Indonesia*. Jakarta: Kementrian ESDM.
- [3] Kementrian ESDM. 2012. *Kajian Supply Demand Energy*. Jakarta : Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian ESDM.
- [4] Liyod, P.J.D and Visagie, E.M. *A comparison of gel fuels with alternative cooking fuels*. South Africa: Vol 18 No 3 pp. 26-31.
- [5] Riyanti, Amalia. 2009. Kajian Produksi Gel Bioetanol Dengan Menggunakan *Carboxymethylcellulose* (CMC) sebagai Bahan Pengental. Bogor: Skripsi IPB Bogor.
- [6] Sugiono. 2010. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : AlfaBeta
- [7] Tambunan, L. A. 2008. Bioetanol Antitumpah. *Trubus*.2008.Vol XXXIX.pp.24-2

