

## **Komparasi Karakteristik Bioetanol Gel Dengan Pengental Karbopol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) Sebagai Bahan Bakar Alternatif**

**Virginia Hanun**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: virgniahanun@mhs.unesa.ac.id

**Dwi Heru Sutjahjo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: dwiheru@unesa.ac.id

### **Abstrak**

Menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya bahan bakar yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*) dapat dicegah dengan cara melakukan usaha penghematan dan mencari sumber energi alternatif. Bioetanol merupakan produk etanol yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomassa lainnya yang diproses secara bioteknologi. Mengubah bioetanol cair menjadi bioetanol gel diharapkan selama pembakaran tidak berasap, tidak menimbulkan jelaga, memudahkan dalam pengemasan dan juga pendistribusian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan prosentase Karbopol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang dihasilkan dan menganalisa nilai ekonominya. Penelitian ini menggunakan metode. Obyek penelitian ini adalah karakteristik bioetanol gel dengan pengental karbopol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). Penelitian dilakukan melalui tahap persiapan, tahap pembuatan bioetanol gel, tahap pengujian karakteristik bioetanol gel dan analisa. Tahap pengujian menggunakan metode ASTM meliputi nilai kalor (D 240), Titik nyala api (D 92), kadar air (D 6304-07), kadar abu (D 482), kerapatan (D 792-13), *Specific Gravity* (D 891-09) dan lama nyala api menggunakan *Stopwatch*. Uji karakteristik bioetanol gel dilakukan dengan masing-masing sampel terdiri dari 100 ml bioetanol, 100ml aquades, serta variasi berat pengental 3 gram, 4, gram, 5 gram, dan 6 gram. Berdasarkan pengujian, bioetanol gel menggunakan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) pada sampel 2D menunjukkan nilai hasil uji karakteristik yang lebih baik jika dibandingkan dengan sampel lainnya. Semakin banyak penambahan bahan pengental akan membuat nilai karakteristik bioetanol gel semakin baik. Secara keseluruhan, bioetanol gel dinilai lebih ekonomis daripada bahan bakar paraffin karena selisih harga bioetanol gel dengan paraffin cukup banyak yaitu Rp.9.799/Kg.

**Kata kunci :** *Bioetanol gel, Karbopol, Carboxy Methyl Cellulose (CMC), Bahan bakar alternatif, Karakteristik bioetanol gel.*

### **Abstract**

*Depletion of the reserves of fuel oil in particular fuel that cannot be updated (unrenewable) can be prevented by means of doing business savings and look for alternative energy sources. Bioetanol is a product of ethanol produced from biological raw materials and other biomass processed in biotechnology. Change liquid into gel bioetanol bioetanol expected during burning smokeless, soot does not cause, facilitate in packaging and distribution as well. This research aims to analyze the influence of the addition of Karbopol and percentage Carboxy Methyl Cellulose (CMC) produced and analyzes its economic value. This research uses the method. The object of the research is characteristic of bioetanol gel thickener with karbopol and Carboxy Methyl Cellulose (CMC). Research is done through the preparation phase, the phase of making bioetanol gel, gel bioetanol characteristics testing phase and analysis. Test method ASTM phase includes a heat value (240 D), flame Point (D 92), moisture content (D 6304-07), the levels of gray (d. 482), density (D 792-13), Specific Gravity (D 891-09) and old flame using a Stopwatch. Test characteristics bioetanol gel is done with each sample consisted of 100 ml aquades 100 ml, bioetanol, as well as variations in weight thickener 3 grams, 4, grams, 5 grams and 6 grams. Based on testing, using gel thickener bioetanol Carboxy Methyl Cellulose (CMC) on 2D sample test result value shows better characteristics when compared to other samples. The more the addition of thickening will make the value of the characteristic bioetanol gel the better. Overall, bioetanol gel rated more economical than paraffin fuel due to price difference bioetanol gel with paraffin quite a lot that is Rp. 9.799/Kg.*

**Keywords:** *Bioetanol gel, Karbopol, Carboxy Methyl Cellulose (CMC), alternative fuels, bioetanol gel Characteristics.*

## PENDAHULUAN

Angka pertumbuhan penduduk semakin bertambah mengakibatkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya bahan bakar fosil yang merupakan bahan baku untuk bahan bakar minyak, bensin dan beberapa produk kimia lainnya yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Mengingat energi bahan bakar sangatlah mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia saat ini, terutama pada sektor rumah tangga, sektor transportasi, dan juga sektor industri. Oleh karena itu, kelangkaan bahan bakar dapat dicegah dengan usaha penghematan energi dan mencari energi alternatif atau energi pengganti lainnya yang bersifat dapat diperbarui.

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%. Pada periode tahun 2011 sampai dengan 2035 kebutuhan batubara mengalami peningkatan terbesar dibanding bahan bakar fosil lainnya dan mulai tahun 2020 mengambil alih peran minyak atau terbesar dalam bauran energi primer. Pada tahun 2011 penggunaan batubara sebesar 3.773 juta TOE dan meningkat 44% pada tahun 2035. Bahan bakar minyak masih tetap menjadi bahan bakar yang penting dalam bauran energi primer global, meskipun pangsaanya turun dari 31% pada tahun 2011 menjadi 27% pada tahun 2035. 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.

Indonesia memiliki keanekaragaman sumber daya alam yang tinggi yang dapat menghasilkan bioetanol dalam jumlah yang besar. Potensi bioetanol menurut Kementerian ESDM (2012), 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. Menurut Peraturan Menteri ESDM NO.25 Tahun 2013 pengertian bioetanol adalah produk etanol yang dihasilkan dari

bahan baku hayati dan biomassa lainnya yang diproses secara bioteknologi. Sedangkan menurut Sutjahjo (2010), bioetanol adalah bahan bakar etanol ( $C_2H_5OH$ ) yang diproduksi dari bahan bakar nabati. Bioetanol merupakan suatu cairan bening yang tidak berwarna, apabila digunakan tidak menyebabkan polusi lingkungan, dan apabila dibakar sempurna, bioetanol menghasilkan gas asam arang ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ).

Bahan baku untuk produksi bioetanol bisa didapatkan dari berbagai tanaman dan limbah. 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, CMC, EZ-3 polimer dan berbagai material turunan selulosa Tambunan.

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 *Lloyd and Visiage* 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.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Mulyono (2010). "Pembuatan Etanol *Gel* Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif" menggunakan variasi etanol menunjukkan hasil konsentrasi etanol 70% lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi etanol 65% yaitu

nilai kalor sebesar 82.105 kal/gr, lama nyala api selama 7.4 menit dengan etanol *gel* 5 gr.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Ariyani (2013) "Perbandingan Karbopol dan Karboksimetil Sellulosa Sebagai Pengental Pada Pembuatan Bioetanol *Gel*" dengan konsentrasi bioetanol sebesar 70%, variasi karbopol sebesar 1.5, 3, 4.5, 6 gram menyimpulkan bahwa semakin tinggi karbopol maka lama nyala api semakin meningkat yaitu pada karbopol tertinggi nilainya 5.28 menit/5gr, sedangkan semakin rendah karbopol maka semakin rendah lama nyala api sebesar 3.6 menit/5gr.

## METODE

### Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu penelitian dengan cara 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, bioetanol *gel* dengan pengental karbopol, dan bioetanol *gel* dengan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC).

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### Tempat Penelitian

- Pembuatan bioetanol *gel* dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian *flash point*, lama nyala api, kerapatan massa dan *specific gravity* dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian nilai kalor, kadar abu, dan kadar air dilakukan di Laboratorium Motor Bakar jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

### Objek penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioetanol murni dengan kadar 96%, serta penambahan karbopol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai pengental bioetanol.

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan

oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya Sugiono (2010). Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang digunakan untuk mengendalikan variabel yang lain. Variabel kontrol dalam penelitian pembuatan bioetanol *gel* adalah:

- Bioetanol dengan kadar 96%.
- Proses pembuatan bioetanol *gel* memakai temperatur  $\pm 27^{\circ}\text{C}$ .
- Kecepatan pengadukan 1000 rpm dengan waktu 25 menit.

- Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai kalor (*heating value*), kadar air (*moisture content*), kerapatan, *Spesific Gravity*, kadar abu (*ash content*), titik nyala (*flash point*), dan lama nyala api.

- Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mendahului atau variabel penyebab. Variabel bebas dalam penelitian pembuatan bioetanol *gel* adalah karbopol untuk sampel 1 dan Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) untuk sampel 2 dengan takaran dan jumlah yang divariasikan sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel Bioetanol sampel 1

No	Bahan	Variabel			
		1A	1B	1C	1D
1	Bioetanol 96% (ml)	100	100	100	100
2	Aquades (ml)	100	100	100	100
3	Karbopol (gr)	3	4	5	6

Tabel 2 Variabel Bioetanol sampel 2

No	Bahan	Variabel			
		2A	2B	2C	2D
1	Bioetanol 96% (ml)	100	100	100	100
2	Aquades (ml)	100	100	100	100
3	CMC (gr)	3	4	5	6

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Data hasil penelitian yang disajikan merupakan nilai dari hasil pengujian pada masing-masing sampel. Hasil penelitian ini meliputi pengujian diantaranya nilai kalor, titik nyala api, lama nyala

api, kadar air, kadar abu, kerapatan massa, dan *specific gravity*. Data dan hasil Analisis penelitian disajikan dalam tabel dan grafik.

Tabel 3. Data hasil pengujian karakteristik bioetanol gel.

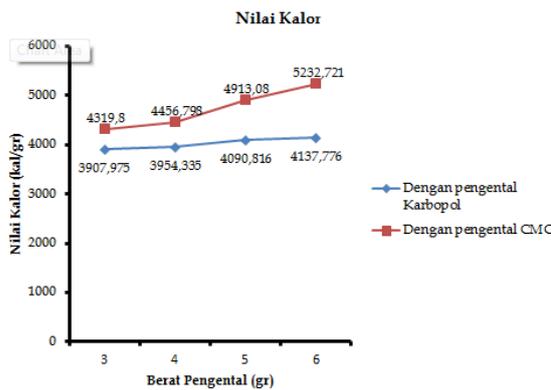
Sampel	Komposisi				Karakteristik Pembakaran				Karakteristik Fisik		
	Bioetanol (ml)	Aquades (ml)	Karbopol (gr)	Carboxy Methyl Cellulose (CMC) (gr)	Nilai Kalor (kal/gr)	Titik Nyala Api (°C)	Lama Nyala Api (s)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Gravity
1A	100	100	3	-	3907,975	76	148	72	18,4	965	0,965
1B	100	100	4	-	3954,335	80	166	70	18,2	963	0,963
1C	100	100	5	-	4090,816	83	178	68	17,8	951	0,951
1D	100	100	6	-	4137,776	84	190	65	17,6	945	0,945
2A	100	100	-	3	4319,800	70	140	74	14,4	967	0,967
2B	100	100	-	4	4456,798	72	162	72	13,4	964	0,964
2C	100	100	-	5	4913,080	80	170	71	12,8	962	0,962
2D	100	100	-	6	5232,721	85	185	68	12,4	945	0,945

Sehingga dari semua pengujian dapat diketahui bahwa penambahan variasi berat pengental maupun jenis pengental dapat mempengaruhi nilai karakteristik bahan bakar bioetanol gel.

**Hasil dan Pembahasan**

• **Nilai Kalor**

Pengujian nilai kalor perlu diketahui dalam pembuatan bioetanol gel, karena untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dihasilkan oleh bioetanol gel tersebut. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut, maka akan semakin baik pula kualitasnya.



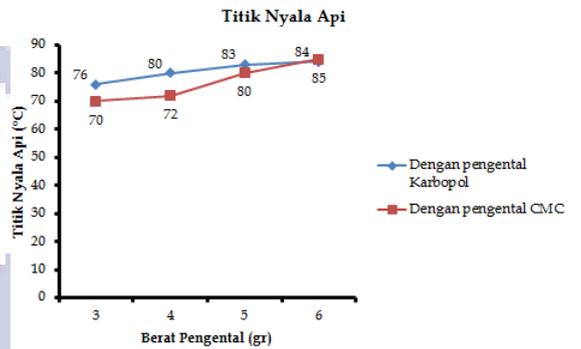
Gambar 1. Grafik Nilai Kalor Bioetanol Gel.

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa nilai kalor dari bioetanol gel Carboxy Methyl Cellulose (CMC) lebih tinggi daripada bioetanol gel dengan pengental karbopol secara keseluruhan. Nilai kalor yang paling optimum yaitu sebesar 5232 kal/gr dengan

komposisi bahan pengental Carboxy Methyl Cellulose (CMC) sebesar 6 gram, 100 ml bioetanol dan 100 ml aquades.

• **Titik Nyala Api**

Titik nyala api merupakan temperatur terendah dari suatu bahan bakar untuk dapat diubah bentuk menjadi uap dan akan menyala (terbakar sekejap) bila terpapar busi pijar atau panas api. Pada dasarnya pengujian ini digunakan untuk keamanan, untuk mengetahui sampai suhu berapakah orang dapat bekerja dengan aman tanpa adanya bahaya kebakaran.

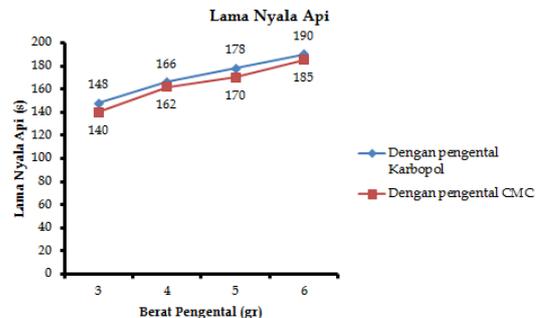


Gambar 2. Grafik Titik Nyala Api Bioetanol Gel.

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa, semakin tinggi komposisi bahan pengental pada bioetanol gel maka titik nyala api semakin tinggi. Tingginya titik nyala api dipengaruhi oleh adanya bahan pengental yang mengikat oksigen sehingga bahan bakar tidak mudah terbakar pada suhu rendah.

• **Lama Nyala Api**

Lama nyala api merupakan perhitungan waktu dari bahan bakar bioetanol gel menyala dalam sekejap saat pengujian titik nyala api. Pengujian ini mengambil 5 gram bioetanol gel dari setiap sampel, secara grafis hasil pengujian lama nyala api adalah sebagai berikut:

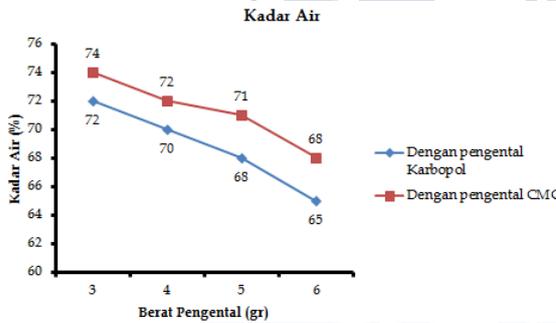


Gambar 3. Grafik Lama Nyala Api Bioetanol Gel.

Lamanya nyala api pada bioetanol *gel* dipengaruhi oleh banyaknya bahan pengental karbopol maupun *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang dicampur dengan aquades dan bioetanol. Semakin banyak bahan pengentalnya maka lama nyala api semakin berkurang.

• **Kadar Air**

Kadar air (*moisture content*) bahan bakar merupakan 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 dalam keadaan kering. Secara grafis hasil pengujian kadar air pada bioetanol *gel* adalah sebagai berikut:

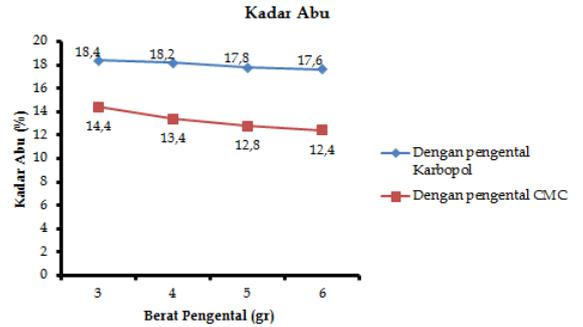


Gambar 4. Grafik Kadar Air Bioetanol Gel.

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan bahwa secara keseluruhan, kadar air pada bioetanol *gel* dengan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) lebih tinggi daripada bioetanol *gel* dengan pengental karbopol. Kadar air tertinggi yaitu 74% pada sampel 2A dengan komposisi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) 3 gr, bioetanol 100 ml dan aquades 100 ml sedangkan kadar air terendah yaitu 65% pada sampel 1D dengan komposisi karbopol 3 gr, bioetanol 100 ml dan aquades 100 ml.

• **Kadar Abu**

Kadar abu merupakan bagian dari sisa pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon. Semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah kualitas bioetanol *gel* karena semakin tinggi kadar abu dapat menurunkan nilai kalor suatu bahan bakar.

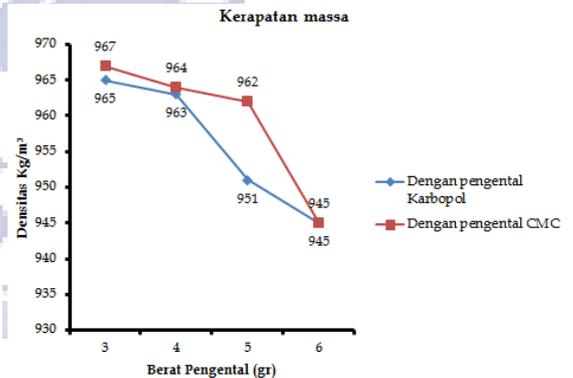


Gambar 5. Grafik Kadar Abu Bioetanol Gel.

Berdasarkan gambar 5 nilai kadar abu pada pengujian bioetanol *gel* secara keseluruhan menunjukkan bahwa bioetanol *gel* dengan pengental karbopol memiliki kadar abu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kadar abu pada bioetanol *gel* dengan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC).

• **Densitas**

Densitas merupakan suatu besaran yang dinyatakan sebagai perbandingan massa dengan volume suatu benda. Kerapatan mempengaruhi nilai bakar suatu bahan bakar seperti bioetanol *gel*. Besar kecilnya nilai kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan keseragaman ukuran partikel. Hasil pengujian kerapatan massa pada bioetanol *gel* dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut:

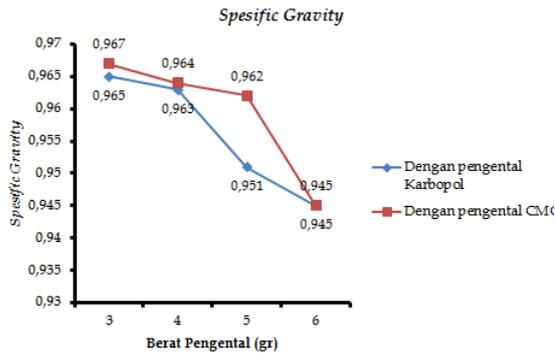


Gambar 6. Grafik Densitas Bioetanol Gel.

Berdasarkan gambar 6 nilai kerapatan jenis secara keseluruhan bioetanol *gel* dengan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) lebih tinggi jika dibandingkan dengan bioetanol *gel* dengan pengental karbopol.

• **Specific Gravity**

*Specific Gravity* merupakan sebuah perbandingan atau rasio antara kerapatan massa suatu substansi dengan kerapatan massa substansi standar



Gambar 7. Grafik *Specific Gravity* Bioetanol *Gel*.

Berdasarkan gambar 7, menunjukkan grafik *specific gravity* dengan hasil perhitungan  $Specific\ Gravity = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$  dimana kerapatan massa telah diketahui dari grafik gambar 4.6 dan  $1000\ kg/m^3$  ( $\rho_{H_2O}$ ) sebagai pembagiannya. Hasil perhitungan *specific gravity* diatas sudah memenuhi syarat yaitu dibawah 1.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian, dan analisa bioetanol *gel* dengan pengental karbopol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dapat diambil simpulan sebagai berikut:

- Pengaruh penambahan berat (gram) karbopol yang terdapat pada kualitas bioetanol *gel* yang terbaik yaitu pada penambahan karbopol sebesar 6 gram dimana didalam pengujian memiliki nilai kalor sebesar 4137,776 kal/gr, titik nyala api pada suhu 84°C, nyala api selama pembakaran selama 190 detik, kadar air sebesar 65%, memiliki nilai kadar abu sebesar ,6%, nilai densitas sebesar 945 kg/m<sup>3</sup> dan yang terkahir memiliki nilai *specific gravity* sebesar 0,945. Semakin banyak penambahan karbopol maka semakin baik pula kualitas pembakaran bioetanol *gel* yang dihasilkan.
- Pengaruh penambahan berat (gram) *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap kualitas bioetanol *gel* yang terbaik yaitu pada penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebesar 6 gram dimana didalam pengujian memiliki nilai hasil sebesar 5232,721 kal/gr yang terdapat pada nilai kalor, titik nyala api baru terbakar pada suhu 85°C, nyala api selama pembakaran selama 185 detik, kadar air sebesar 68%, memiliki

nilai kadar abu sebesar 12,4%, nilai densitas menghasilkan nilai sebesar 945 kg/m<sup>3</sup> dan yang terkahir memiliki nilai *specific gravity* sebesar 0,945. Semakin banyak penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) maka semakin baik pula kualitas pembakaran bioetanol *gel* yang dihasilkan.

- Berdasarkan uji karakteristik dan perhitungan biaya produksi bioetanol *gel* dengan pengental karbopol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), menunjukkan bahwa bioetanol *Gel* dengan pengental *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) pada sampel 2D dinilai layak jika dibandingkan dengan bahan bakar pada paraffin karena mempunyai nilai karakteristik terbaik yaitu nilai kalor sebesar 5232.721 kal/gr, titik nyala api 85°C, lama nyala api 185 detik, kadar air 68%, kadar abu 12.4%, densitas 945 kg/m<sup>3</sup> dan *specific gravity* 0.945 serta biaya produksi sebesar Rp.23.815/Liter atau Rp. 25.201/Kg sedangkan harga paraffin dipasaran cukup mahal yaitu Rp. 35.000/Kg. Bioetanol *gel* dinilai lebih ekonomis daripada bahan bakar paraffin karena selisih harga bioetanol *gel* dengan paraffin cukup banyak yaitu Rp.9.799/Kg.
- Bioetanol *gel* mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan bahan bakar lainnya yaitu tidak mudah terbakar, tidak berjelaga, tidak menimbulkan asap dan praktis karena bentuknya berupa *gel* mudah dibawa.

## SARAN

Saran yang dapat peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

- Perlu diadakan peelitian lagi mengenai bioetanol *gel* dengan menggunakan bahan pengental lainnya untuk mengetahui bahan pengental manakah yan terbaik untuk meningkatkan kualitas bioetanol *gel*.
- Perlu adanya penambahan parameter pengujian untuk mengetahui karakteristik bahan bakar *gel* lebih detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Annual Book Of ASTM Standards*. Gaseous Fuels; Coal and Coke Vol. 05.06 No. D1070-03 - D6883-04

Ariyani, Sukma Budi dan Nana Supriyatna. 2013. Perbandingan Karbopol dan Karboksimetil Selulosa Sebagai Pengental Pada Pembuatan Bioetanol *Gel*. Pontianak: Jurnal Biopropal Industri Vol 4 No 2, 59-64

Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. 2014. *Outlook Energi Indonesia*. Jakarta: Kementerian ESDM.

Direktorat Bioenergi Dirjen EBTK Kementerian ESDM, 2013. Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Bioetanol, Jakarta: Direktorat Jendral EBTK

Kementerian ESDM. 2012. *Kajian Supply Demand Energy*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM.

Keputusan Dirjen Minyak dan Gas Bumi. 2008. Keputusan Dirjen Minyak dan Gas Bumi No: 23204.K/10/DJM.S/2008.Jakarta: Kementerian ESDM

Lloyd, 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

Mulyono. 2010. Pembuatan *ethanol gel* sebagai bahan bakar padat alternatif. Surakarta: Skripsi Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

Permen ESDM. 2008. Permen ESDM No.32/2008. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM.

Perry, Robert H. 1984. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. Singapura: McGraw-Hill

Sugiono. 2010. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: AlfaBeta

Sutjahjo, Dwi Heru. 2007. *Diktat Kuliah Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran*, Universitas Negeri Surabaya.

Tambunan, L. A. 2008. Bioetanol Antitumpah. *Trubus*. 2008. Vol XXXIX.pp.24-25.