

## PENGARUH FORMULASI CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN ASAM STEARAT TERHADAP KARAKTERISTIK GEL BIOETANOL

Ni Wayan Nadia Martaningsih Sutarsa<sup>1</sup>, Bambang Admadi Harsojuwono<sup>2</sup>, I Wayan Arnata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UNUD

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UNUD

E-mail: nadiamartaningsih@gmail.com<sup>1</sup>

E-mail koresponden: bambang.admadi@unud.ac.id<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Bioethanol gel is a mixture of bioethanol and gel, so this product is one of the bioenergy products being developed today. This study was conducted to determine the effect of the formulations of carboxymethyl cellulose (CMC) and stearic acid to the characteristics of bioethanol gel. To achieve the objective of this study, the experiment that was designed using a randomized complete design was done on a laboratory scale by the treatments of the proportion of CMC and stearic acid in the formulation. The data obtained were analyzed by analysis of variance and if the treatment affected on the observed variables then continued with Duncan test. Effectivity test of the observed variables was used to obtain the best characteristics of bioethanol product. The test result showed that 1 g of CMC and 2 g of stearic acid produced the best characteristics of bioethanol gel with viscosity of 10 cp, combustion residues of 0.412%, 0.040% ash content, and duration of flaming was 150.5 seconds per 5 g sample. The bioethanol gel had a thermal efficiency value of 59.64% and a calorific value expressed in higher heating value and lower heating value was 3,163.283 cal/g and 2,562.697 cal/g, respectively.

Key words: *carboxymethyl cellulose*, *stearic acid*, *bioethanol gel*, *bioenergy*

### PENDAHULUAN

Salah satu bahan bakar alternatif yang dikenal masyarakat adalah bahan bakar nabati yaitu bioethanol cair. Bahan baku yang digunakan khususnya bioethanol cair adalah tebu, nira aren dan singkong. Bioethanol cair beresiko tumpah dan juga mudah meledak karena sifatnya yang mudah menguap atau volatil saat didistribusikan (Robinson, 2006). Untuk mengatasi masalah ini bioethanol dapat diubah ke dalam bentuk gel. Gel bioethanol lebih aman, mudah digunakan, dan tidak mudah tumpah. Menurut Merdjan dan Mation (2003), gel bioethanol bersifat terbarukan, selama pembakaran tidak berasap, tidak menimbulkan jelaga, tidak menghasilkan gas berbahaya, bersifat non karsinogenik dan non korosif.

Penambahan bahan pengental akan mengubah sifat fisik bioethanol sehingga tidak mudah menguap dan bioethanol terabsorb di dalam bahan pengental yang akan menahan laju penguapannya. Menurut Desmarais (2013), *carboxymethyl cellulose* (CMC) mempunyai karakteristik yang *partly soluble* (larut sebagian) pada larutan etanol dan air, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengental dalam campuran etanol dengan air pada proporsi tertentu. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa *carboxymethyl cellulose* hanya mampu membentuk gel pada konsentrasi bioethanol maksimum 70%, peningkatan konsentrasi bioethanol lebih dari 70% tidak dapat membentuk gel, yaitu fase gel *carboxymethyl cellulose* dengan bioethanol tidak menyatu. Menurut Rianti (2009), *carboxymethyl cellulose* dapat membantu pengentalan bioethanol lebih rendah dari 80%, yaitu pada kisaran 55-75%.

Penggunaan konsentrasi bioetanol antara 65-75% memerlukan konsentrasi *carboxymethyl lcellulose* berkisar antara 0,75% dan 2%.

Guna mengatasi permasalahan diatas, maka pada penggunaan bioetanol konsentrasi yang lebih tinggi diperlukan bahan pengikat yaitu asam stearat. Asam stearat merupakan bahan pengental yang dapat larut dalam alkohol (Arita *et al.*, 2009). Menurut Arnata dan Yoga (2014), penggunaan asam stearat pada pembuatan bioetanol padat lebih dari 30% menghasilkan tesktur yang padat. Pada konsentrasi bioetanol yang rendah dan bobot asam stearat yang tinggi menyebabkan bioetanol padat akan mempunyai tekstur yang keras, sulit untuk dinyalakan namun cenderung mempunyai waktu menyala yang lama. Sebaliknya, pada konsentrasi bioetanol yang tinggi dengan bobot asam stearat yang rendah menyebabkan bioetanol padat mempunyai tekstur lembek, mudah dinyalakan namun waktu menyala yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formula CMC dan asam stearat pada karakteristik gel bioetanol, serta menentukan formula CMC dan asam stearat yang menghasilkan karakteristik gel bioetanol terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arak yang disuling dari desa Seraya, Karangasem, Bali. Aquades, asam stearat dan CMC yang diperoleh dari Bratachem.

### Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan formula bioetanol gel seperti tercantum pada Tabel 1. Perlakuan diulang sebanyak 2 kali sehingga terdapat 12 unit percobaan. Data yang dihasilkan dianalisis keragamannya, kemudian dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda Duncan (Steel dan Torrie, 1991).

Tabel 1. Formula bahan pada produksi gel bietanol.

Formulasi	Perlakuan			Bioetanol 80%
	CMC	As. Stearat	Aquades	
F1	1 g	0 g	19 g	40 g
F2	2 g	0 g	18 g	40 g
F3	1 g	2 g	17 g	40 g
F4	2 g	2 g	16 g	40 g
F5	1 g	4 g	15 g	40 g
F6	2 g	4 g	14 g	40 g

### **Pemurnian Bioetanol**

Proses pemurnian bioetanol menggunakan proses distilasi dan dehidrasi simultan dengan destilator kolom adsorben. Adsorben yang dipergunakan adalah silika gel. Silika gel sebelum digunakan sebagai adsorben terlebih dahulu diaktivasi secara fisik untuk meningkatkan kemampuan penyerapan. Aktivasi ini dilakukan dengan proses dengan proses pengovenan pada suhu  $200\pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Adsorben yang telah di aktivasi sebanyak 2,5 kg, kemudian dimasukkan ke dalam kolom adsorben pada alat dehidrator. Bioetanol dengan konsentrasi bioetanol 22% sebanyak 5 liter dimasukkan ke dalam tangki umpan. Pada proses distilasi dehidrasi, suhu distilasi tangki umpan diatur  $100^{\circ}\text{C}$ . Pada proses dehidrasi, etanol dan air akan menguap dan melewati kolom adsorben sehingga air akan terserap, sedangkan etanol akan tetap terbawa aliran menuju kolom kondensor. Pada kondensor, uap etanol akan berubah wujud mencari fase cair. Etanol yang dihasilkan ditampung pada tangki produk untuk selanjutnya diukur kadar alkoholnya.

### **Pembuatan Bioetanol Gel**

Pada tahap produksi bioetanol gel, aquades sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam *beaker glass*, kemudian *CMC* sebanyak perlakuan dituangkan ke dalam aquades sedikit demi sedikit sambil diaduk agar tidak terjadi gumpalan dan tetap homogen. Apabila *CMC* dan aquades terlihat sudah membentuk gel kemudian bioetanol 80% dituangkan sedikit demi sedikit dengan tetap diaduk agar *CMC* tidak membentuk gumpalan padat. Jika campuran gel sudah terlihat agak mencair tambahkan *CMC* kembali sedikit demi sedikit dan tetap diaduk hingga membentuk gel agak padat kemudian ditambahkan bioetanol 80% sedikit demi sedikit dan jika gel terlihat cair kembali maka tambahkan *CMC* kembali dan begitu selanjutnya hingga *CMC* dan bioetanol habis. Kemudian, asam stearat dicairkan dengan suhu di atas  $70^{\circ}\text{C}$  sambil menunggu asam stearat cair, gel yang sudah terbentuk tetap di aduk dan jika asam stearat sudah cair langsung ditambahkan ke dalam gel sambil tetap diaduk agar asam stearat tercampur dengan gel dan membentuk gel yang diinginkan. Campuran kemudian dituangkan ke dalam wadah tertutup. Setelah dituangkan, bioetanol siap untuk dianalisis.

### **Penentuan Viskositas**

Pengukuran dilakukan dengan alat viskometer Brookfield dengan cara menentukan spindel dan kecepatan putar yang akan digunakan. Kemudian sampel dengan wadah gelas beker ditempatkan ditengah-tengah, lalu dinaikkan hingga posisi spindel terendam oleh sampel. Spindel berputar digerakkan oleh mesin, kemudian viskositas dari gel akan terbaca (Septiani *et al.*, 2011).

### **Pengukuran Persentasi Residu Pembakaran**

Residu pembakaran diukur dengan cara menimbang 5 g gel bioetanol, kemudian dibakar dan dibiarkan sampai tidak bisa terbakar lagi, residu pembakaran merupakan bahan bagian sisa pembakaran. Persentase perbandingan antara bobot sisa pembakaran dengan bobot Gel bioetanol merupakan residu pembakaran.

### Penentuan Kadar Abu

Abu merupakan residu anorganik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik bahan pangan. Kadar abu dari suatu bahan pangan menunjukkan kandungan mineral yang terdapat dalam bahan tersebut, kemurnian, serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan. Analisis kadar abu dengan metode pengabuan kering dilakukan dengan cara mendestruksi komponen organik sampel dengan suhu tinggi di dalam suatu tanur pengabuan, tanpa terjadi nyala api, sampai terbentuk abu berwarna putih keabuan dan berat konstan tercapai. Oksigen yang terdapat di dalam udara bertindak sebagai oksidator. Residu yang didapatkan merupakan total abu dari suatu sampel (Andarwulan *et al.*, 2011).

### Penentuan Lama Menyala

Lama menyala dihitung dengan cara menimbang 5 g gel bioetanol dan dimasukkan ke dalam cawan, kemudian dibakar dan dibiarkan hingga tidak ada nyala api yang terlihat. Lama menyala ditentukan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan dari awal menyala hingga tidak bisa menyala dihitung dengan menggunakan *stop watch* (jam henti) (Onuegh *et al.*, 2011).

### Efisiensi Termal

Efisiensi termal dihitung dengan menggunakan metode pendidihan air (Patabang, 2013). Volume air diukur, kemudian dipanaskan sampai mendidih pada tungku dengan menggunakan Gel bioetanol yang digunakan dihitung. Efisiensi termal kemudian dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{[(M \times C_{pl} \times (T_b - T_a)) + (M_1 \times C_{pv} \times (T_b - T_a)) + (M_2 \times H_L)]}{LHV \times m \times t} \times 100\%$$

Keterangan:

- $\eta_{th}$  = Efisiensi termal pembakaran (%)
- M = Massa air mula-mula (kg)
- $M_1$  = Massa panci stainless steel (kg)
- $M_2$  = Massa uap air (kg)
- $C_{pl}$  = Kalor spesifik air (kJ/kg<sup>o</sup>C)
- $C_{pv}$  = Kalor spesifik gelas (kJ/kg<sup>o</sup>C)
- $H_L$  = Kalor laten uap (kJ/kg)
- LHV = Nilai kalor bawah Gel bioetanol (kJ/kg)
- m = Massa Gel bioetanol yang terpakai selama pendidihan air (kg)
- $T_a$  = Temperatur awal dari air (°C)
- $T_b$  = Temperatur uap air (°C)
- t = Lama waktu pendidihan air (menit)
- Nilai kalor bawah (LHV) = HHV – 3240 (kJ/kg)
- HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

### Nilai Kalor

Nilai kalor (HV) merupakan jumlah energi yang yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady*) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan.

Ada 2 jenis nilai kalor yaitu:

a. *Higher Heating Value* (HHV)

HHV adalah nilai kalor atas. Nilai kalor atas ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk cairan.

b. *Lower Heating Value* (LHV)

LHV adalah nilai kalor bawah. Nilai kalor bawah ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk gas.

Nilai kalor dihitung sebagai nilai kalori kotor HHV yang diperoleh melalui pengujian dengan Bom Kalorimeter menurut ASTM D 2015 dan dinyatakan dalam satuan kJ/kg (Napitupulu, 2006). Bom kalorimeter akan menunjukkan angka numerik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari formulasi bahan yang berbeda hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan formula berpengaruh nyata terhadap karakteristik gel bioetanol.

Tabel 2. Karakteristik gel bioetanol dihasilkan dari formulasi bahan yang berbeda <sup>a</sup>.

Formulasi	Viskositas (cp)	Residu Pembakaran (%)	Kadar Abu (%)	Lama Menyala (detik)
F1	10,000 ± 10,000b	0,669 ± 0,6685a	0,006 ± 0,0060a	90,5 ± 90,500a
F2	5,000 ± 5,000a	0,355 ± 0,3545a	0,115 ± 0,1150c	123,5 ± 123,500a
F3	10,000 ± 10,000b	0,547 ± 0,5465a	0,050 ± 0,0500b	150,5 ± 125,000a
F4	7,500 ± 7,500ab	0,412 ± 0,4120a	0,170 ± 0,1700d	122,5 ± 122,500ab
F5	5,000 ± 5,000a	0,317 ± 0,3170a	0,005 ± 0,0045a	120 ± 120,000ab
F6	5,000 ± 5,000a	0,299 ± 0,2990a	0,015 ± 0,0170a	163,5 ± 163,500b

<sup>a</sup> Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada uji duncan taraf kesalahan 5%. Kisaran data merupakan simpangan baku (SD) daro dua ulangan percobaan.

<sup>b</sup> Berat contoh adalah 5 g.

**Viscositas**

Viskositas yang tinggi terdapat pada formula F1 dan F3 yang tidak berbeda nyata dengan formula F4. Penambahan CMC yang tinggi dengan penambahan aquades yang rendah cenderung menghasilkan viscositas yang rendah ini dikarenakan aquades tidak mengikat CMC dengan sempurna. Penambahan asam setarat yang tinggi cenderung menghasilkan Gel bioetanol dengan karakteristik padat, hal ini di sebabkan jika penambahan asam stearat yang tinggi pada saat pencampuran akan menyebabkan asam stearat menjadi keras pada suhu ruang.

Landoll (1982) mengemukakan bahwa viskositas maksimum pada larutan CMC, air dan bioetanol diperoleh pada saat rantai hidrofobik dari bioetanol (rantai alkil) mencapai konsentrasi optimum sehingga viskositas akan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi bioetanol pada larutan. Menurut Robinson (2006), nilai viskositas dari Gel bioetanol berpengaruh kepada

mudah tidaknya bahan bakar tersebut untuk tumpah ataupun menguap selama penyimpanan dan pembakaran.

### **Residu Pembakaran**

Formulasi tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah residu yang dihasilkan dari pembakaran gel boetanol. Semakin banyak aquades yang digunakan maka residu pembakaran yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini dikarenakan CMC dan asam stearat tidak dapat terbakar habis. CMC akan mengikat aquades dengan sempurna jika dilakukan penambahan aquades. Sedangkan asam stearat yang ditambahkan akan membantu proses pembentukan gel. Selain itu, CMC sebagai polimer dengan bobot molekul tinggi adalah bahan pengental yang sulit menguap selama pembakaran dan mengikat aquades menjadi residu yang tidak dapat terbakar. Pada saat pembakaran berlangsung bioetanol terbakar habis sehingga tidak ada bioetanol yang tersisa. Residu pembakaran Gel bioetanol terdiri dari komponen CMC yang berikatan dengan aquades. Dalam aplikasi Gel bioetanol, residu adalah hal yang tidak diinginkan dalam pemakaian. Oleh karena itu, residu yang dihasilkan harus seminimum mungkin (Rianti, 2009). CMC pada Gel bioetanol dapat mengikat air dan bioetanol dalam proporsi tertentu. Sisa residu pembakaran tersebut berupa larutan gel berwarna kehitaman (karbon) adalah sisa dari komponen CMC dan padatan putih adalah komponen dari asam stearat yang sudah tidak dapat terbakar.

### **Kadar Abu**

Nilai kadar abu dari Gel bioetanol tertinggi ditunjukkan pada perlakuan F4 dengan formula 2g CMC dan 2 g asam stearat. Hal ini berbeda dengan formula F1, F5 dan F6. Formula F1 dan F5 menghasilkan kadar abu yang rendah yang tidak berbeda nyata dengan F6. Hal ini disebabkan oleh kandungan mineral pada CMC. Kandungan mineral yang besar maka akan mempengaruhi banyaknya kadar abu yang dihasilkan dari sisa pembakaran didalam bioetanol. Sedangkan asam stearat hanya sebagai bahan penambah yang mempengaruhi proses pematatannya. Sehingga kandungan asam stearat yang tinggi tidak selalu menghasilkan kadar abu yang tinggi (Akhiroh dan Sutjahjo, 2015).

Abu merupakan residu organik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik. Sisa pembakaran pada proses residu pembakaran digunakan untuk kadar abu. Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan. Kandungan abu dan komposisinya tergantung dari macam bahan, kandungan abu dari suatu bahan menunjukkan kadar mineral dalam bahan tersebut. Semakin kecil kadar abu yang diperoleh maka kandungan mineral dalam bahan juga semakin kecil. Mineral-mineral yang dihasilkan dari Gel bioetanol ini berasal dari CMC dan asam stearat. Sedangkan bioetanol tidak berpengaruh pada kadar abu karena terbakar habis dan tidak meninggalkan sisa.

**Lama Menyala**

Nilai nyala api tertinggi terdapat pada sampel F6 yakni sebesar 163,5 s dengan komposisi 2 g CMC dan 4 g asam stearat yang tidak berbeda nyata dengan F4 dan F5. Warna nyala api sampel F1 identik dengan warna nyala api biru ini dikarenakan kandungan CMC yang terbuat dari selulosa dan mempunyai bobot molekul tertinggi (Murray, 2000). Warna api pada sampel F6 berwarna merah dengan nyala api yang lebih besar dari pada F1 dan F2 yang tidak mengandung asam stearat, ini dikarenakan apabila asam stearat tereduksi akan menghasilkan stearil alkohol. Semakin banyak jumlah asam stearat, maka alkohol yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga menyebabkan warna api merah dan nyala yang besar (Akhiroh dan Sutjahjo, 2015).

Warna api biru menandakan terbakarnya komponen bioetanol, sedangkan kemerahan menandakan pembakaran tidak sempurna bioetanol bercampur CMC dan asam setarat (Lloyd dan Visagie, 2007). Lama nyala api pada Gel bioetanol dipengaruhi oleh banyaknya kandungan asam stearat, sedangkan perbandingan kandungan CMC yang lebih sedikit dari asam stearat akan menghasilkan nyala api yang lebih lama. Pada CMC ikatan kandungan airnya lebih kuat dari pada ikatan air dengan bioetanol, sehingga meskipun terdapat panas pembakaran , air dalam Gel bioetanol hanya sedikit yang ikut menguap. Namun penyalaan apinya akan lebih sulit jika kandungan CMC lebih banyak.

**Uji Efektivitas**

Uji efektivitas bertujuan untuk menentukan perlakuan terbaik pada karakteristik gel bioetanol karena uji nilai kalor dan dan efisiensi termal tidak di ukur semua. Bobot variabel masing-masing parameter pengamatan ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan uji efektivitas. Hasil uji efektivitas untuk menentukan formula terbaik pada karakteristik Gel bioetanol ditunjukkan pada Tabel3. Berdasarkan perhitungan uji efektifitas, perlakuan terbaik adalah perlakuan F3 yaitu formula 1 g CMC dan 2 g asam stearat. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil hitung nilai hasil (Nh) dimana F3 memiliki nilai tertinggi dengan kriteria viskositas 0,32 , nilai residu pembakaran 0,08, nilai kadar abu 0,19 dan nilai lama menyala 0,28.

Tabel 3. Hasil Uji Efektivitas menentukan formula terbaik karakteristik gel bioetanol

Perlakuan		Viscositas	Residu Pembakaran	Kadar Abu	Lama Menyala	Jumlah
	(BV)	3,20	1,00	2,40	3,40	10,00
	(BN)	0,32	0,10	0,24	0,34	1,00
F1	Ne	1,00	0,00	0,99	0,00	
	Nh	0,32	0,00	0,24	0,00	0,56
F2	Ne	0,00	0,32	0,33	0,45	
	Nh	0,00	0,03	0,08	0,15	0,26
F3	Ne	1,00	0,85	0,79	0,82	
	Nh	0,32	0,08	0,19	0,28	<b>0,87</b>
F4	Ne	0,50	0,69	0,00	0,44	

	Nh	0,16	0,07	0,00	0,15	0,38
F5	Ne	0,00	1,01	1,00	0,40	
	Nh	0,00	0,10	0,24	0,14	0,48
F6	Ne	0,00	0,95	0,88	1,00	
	Nh	0,00	0,10	0,21	0,34	0,65

BV : Bobot Variabel ; BN : Bobot Normal ( $\frac{1}{10}$  BV); Ne : Nilai Efektifitas; Nh : Nilai Hasil (Ne x BN)

### Nilai Kalor

Pengukuran nilai kalor dilakukan berdasarkan nilai terbaik dari hasil uji efektivitas. Pengukuran nilai kalor untuk mengetahui nilai energi pembakaran yang terdapat dalam bahan bakar. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai energi Gel bioetanol adalah *Oxygen Bomb Calorimeter*. Alat tersebut mengukur nilai kalor dengan membakar sempurna sampel yang diukur pada suhu pembakaran tersebut dengan oksigen. Pengukuran suhu pembakaran tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai kalor per satuan bobot bahan bakar.

Sampel yang dipilih untuk pengukuran nilai kalor pada penelitian ini adalah perlakuan F3 dengan kandungan 1 g CMC, 2 g asam stearat dan 17 ml aquades memiliki nilai *HHV (Higher Heating Value)* sebesar 3.163,283 cal/g dan nilai *LHV (Lower heating Value)* sebesar 2.56,697 cal/g

Nilai kalor dipengaruhi juga oleh komposisi karbon terikat pada suatu bahan bakar. Semakin tinggi karbon terikat yang dimiliki suatu bahan bakar, maka nilai kalornya juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan dalam pembakaran dibutuhkan karbon yang akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor (Lloyd dan Visagie, 2007).

### Efisiensi Thermal

Perlakuan terbaik yang telah ditentukan dari penelitian ini yaitu Gel bioetanol dengan 1 g CMC dan 2 g asam stearat diperoleh dari nilai efisiensi thermal sebesar 59,64%. Dengan ketentuan nilai efisiensi thermal berada dikisaran 0%-1% berdasarkan hukum pertama termodinamika. Ketika ditulis dalam persentase efisiensi thermal harus berada diantara 0%-100%, karena inefisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor lainnya, efisiensi thermal mesin tidak pernah mencapai 100%. Seperti contoh mesin mobil premium memiliki efisiensi 25%, pembangkit listrik tenaga batu bara memiliki efisiensi maksimum 46% dan mesin diesel terbesar dunia memiliki efisiensi maksimum 51,7%. Dalam termodinamika, efisiensi thermal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa pralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja dan mungkin keduanya.



## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah formulasi berpengaruh nyata terhadap viskositas, lama menyala dan kadar abu. Dari uji efektivitas diperoleh formulasi yang menghasilkan gel bioetanol terbaik adalah 1 g CMC dan 2 g asam stearat. Karakteristik gel bioetanol tersebut adalah viscositas 10 cp, residu pembakaran 0,355%, kadar abu 0,040%, lama menyala 150,5 detik, nilai kalori *Higher Heating Value* 3163,283 cal/g dan *Lower Heating Value* 2562,697 cal/g, efisiensi thermal 59,64%.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk membuat produk bioetanol gel terbaik dengan menggunakan formula 1 g *carboxymethyl cellulose* dan 2 g asam stearat. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan berkaitan dengan pemanfaatan dan komersialisasi gel bioetanol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhiroh I. N. J dan Sutjahjo D. H. 2015. Nisbah katalis natrium carboxymethylcellulose (Na-CMC), asam stearat dan bioetanol terhadap karakteristik pembuatan bioetanol padat dari molasses. *Jurnal Teknik Mesin* 3:160-166.
- Andarwulan, N., Kusnandar, F., dan Herawati, D. 2011. Analisis Pangan. Dian Rakyat. Jakarta
- Arnata I. W. dan Yoga I. W. G. S. 2014. Produksi Bahan Bakar Padat dan Bahan Bakar Gel Berbasis Bioetanol. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Universitas Udayana Bali.
- Arita, S., Tuti, E., Dina, P. dan Lena, R. 2009. Pemanfaatan Gliserin Sebagai Produk Samping Dari Biodisel Menjadi Sabun Transparan. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- Desmarais, A.J. 2013. Hydroxyalkylcellulose Derivatues of Cellulose. R.L. Whistler and J.N Be Miller (Eds). *Industrial Gum*. Academic Press, New York.
- Landoll, L.M. *Polymer Science. Polymer Chemistry Journal.*, 20 (1982) 443. Dalam . *Dalam Cellulose Sources and Exploitation : Industrial Utilization, Biotechnology and Physico-Chemical Properties*. 1990. Kennedy, J.F., Phillips, G.O. dan Williams, P.A., (Eds). Ellis Horwood, New York.
- Lloyd, P.J.D., Visage, E.F. 2007. The Testing Of Gel Fuels, and Their Comparison To Alternative Cooking Fuels. *International Conference on the Domestic Use of Energy*. University of Cape Town.
- Napitupulu, F. H. 2006. Analisis Nilai Kalor Bahan Bakar Serabut dan Cangkang sebagai Bahan Bakar Ketel Uap di Pabrik Kelapa Sawit. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Onuegh, T.U., Ekpunobi, U.E., Ogbu, I.M., Ekeoma, M.O. dan Obumselu, F.O. 2011. Comparative studies of ignition time and water boiling test of coal and biomass briquettes blend. *Journal of Research and Reviews in Applied Sciences* 7:153-159.
- Patabang, D. 2013. Karakteristik termal briket arang serbuk gergaji kayu meranti. *Jurnal Mekanikal* (4):410 – 415.
- Rianti, A. 2009. Kajian Produksi Gel Bioetanol Dengan Menggunakan *Carboxymethylcellulose* (CMC) Sebagai Bahan Pengental. Skripsi. Faktultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Robinson, J. 2006. Bio-Ethanol as a Household Cooking Fuel: A Mini Pilot Study of The Super Blu Stove in Peri-Urban Malawi. Thesis Report. Loughborough University, Leics, UK.
- Septiani, S.,N. Wathoni, dan S. R. Mita. 2011. Formulasi sediaan masker gel antioksidan dari ekstrak etanol biji melinjo (*Gnetum gnemon* Linn.). *Jurnal Kimia*. 1(1): 4-24.
- Steel, B.G. and H. J.H. Torrie, 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika. Terjemahan B. Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tirono, M. Dan Sabit A. (2011). Efek suhu pada proses pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa. *Jurnal Neutrino* (3):143-152.