

**PEMBUATAN *GEL* ETANOL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN
PENGENTAL *Carboxymethylcellulose* (CMC)**

**MAKING OF ETHANOL GEL USING THICKENER
Carboxymethylcellulose (CMC)**

Almira Nugroho¹, Fajar Restuhadi² and Evy Rossi²
Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau Indonesia
Kode Pos 28293 almiranugroho@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study is to obtain a concentration of carboxymethylcellulose (CMC) as a thickener and the appropriate concentration of ethanol in the gel formulation of ethanol as a fuel. This study was conducted experimentally by using completely randomized design (CRD) factorial. The first factor is the concentration of ethanol (70, 80 and 90%) and the second factor is the concentration of CMC (1,2, 1,5 and 1,8 grams). Results of analysis of variance showed interactions addition of ethanol concentration and concentration CMC significantly affect ethanol combustion residues gel. The addition of different concentrations of ethanol significant effect on the calorific value. The addition of different concentrations of CMC significant effect on viscosity. The heat is transferred to boil ethanol gel 100 ml of water is as much as 14,10 grams. At the beginning of the combustion flame color blue, then turn blue yellow, then yellow bluish color fire to be extinguished. The best formulations according to the characteristics of ethanol semi-solid gel that treatment E3C3 having a viscosity of 17434 cP, combustion residues 29,44%, calorific value of 11.751 J /gr.

Keywords: ethanol, CMC, thickener, ethanol gel.

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar semakin tinggi seiring dengan meningkatnya aktivitas dan jumlah penduduk di bumi. Penghematan telah dilakukan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi adalah sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*), sedangkan permintaan terus meningkat, demikian pula harganya. Salah satu jalan untuk menghemat bahan bakar minyak (BBM) adalah mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*).

Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan,

diantaranya sifat etanol yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan karena emisi karbon dioksidanya rendah (Jeon, 2007). Pembuatan etanol di Indonesia semakin berkembang sehingga produksi etanol semakin meningkat. Salah satunya adalah pendirian pabrik PT. Medco Etanol di Lampung yang mempunyai kapasitas produksi 180.000 kiloliter/hari. Indonesia juga tercatat sebagai negara pengekspor etanol. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2006 menunjukkan besarnya ekspor etanol sebesar 25.590 ton (BPS dalam Anonim, 2006).

Etanol dalam bentuk cair beresiko tumpah saat didistribusikan

1. Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau
2. Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Riau

ke daerah lain. Hal ini disebabkan biasanya etanol didistribusikan dalam drum-drum yang kurang aman dalam pengangkutannya. Penerapan etanol cair sebagai bahan bakar rumah tangga masih perlu diwaspadai, karena etanol yang berwujud cair lebih beresiko mudah tumpah dan mudah meledak karena sifatnya yang volatil (Triaswati dan Lani, 2010). Mempertimbangkan sifat fisik etanol cair tersebut, modifikasi sifat fisik etanol lebih lanjut menjadi bentuk *gel* diharapkan dapat meningkatkan keamanan bagi penggunaannya. *Gel* etanol digunakan untuk memasak dan dapat dibawa saat berkemah (Merdjan dan Matione, 2003).

Gel etanol memiliki keunggulan untuk memudahkan dalam penanganan, pengemasan dan penyimpanan karena tidak mudah tumpah dan mengalir. Bentuk *gel* biasanya lebih disukai karena lapisannya tembus pandang, elastis dan penampilan yang lebih menarik. Keunggulan lainnya adalah *gel* etanol terbakar dengan nyala yang stabil dan api yang dihasilkan berwarna biru serta tidak menghasilkan asap dan jelaga, dimana *gel* etanol ini menggunakan *carbopol* sebagai pengental (Mulyono dan Suneno, 2010). *Gel* etanol ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan bakar alternatif pemenuhan kebutuhan energi rumah tangga.

Proses jelifikasi etanol menjadi *gel* dapat dilakukan dengan menambahkan bahan pengental (*thickening agent*) tertentu. *Thickening agent* yang potensial digunakan antara lain berbahan dasar selulosa maupun polimer sintesis. Telah dilakukan penelitian pendahuluan dengan berbagai jenis

bahan pengental seperti agar swallow, daun cincau dan *carboxymethylcellulose* (CMC). Bahan pengental tersebut merupakan bahan pengental yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari, mudah didapatkan dan mempunyai nilai ekonomis. Bahan pengental yang dipilih adalah bahan pengental yang dapat larut, merubah fisik etanol cair menjadi *gel* dan bisa terbakar yaitu CMC. Pengental agar swallow dan daun cincau tidak dapat larut dengan etanol karena terpisah antara dua fase, yaitu endapan campuran air dengan pengental dan cairan etanol.

Penambahan bahan pengental dan air akan mengubah sifat fisik etanol sehingga tidak mudah menguap dan etanol terabsorpsi di dalam *thickening agent* yang akan menahan laju penguapannya. Perlu dianalisis karakteristik *gel* etanol yang dihasilkan antara lain penampakan *gel* etanol, viskositas, uji pembakaran, nilai kalor, panas yang dipindahkan, dan analisis warna api yang dihasilkan sehingga dapat diketahui formulasi terbaik untuk menghasilkan *gel* etanol.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi CMC sebagai bahan pengental dan konsentrasi etanol yang tepat dalam formulasi *gel* etanol sebagai bahan bakar. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan bakar alternatif kegiatan rumah tangga dan industri kecil maupun menengah.

Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium

Pengolahan Hasil Pertanian, Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau dan Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Riau selama enam bulan yaitu pada bulan November 2014 sampai Mei 2015.

Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik, *hand mixer*, *hot plate*, *stopwatch*, *magnetic stirrer*, gelas ukur, gelas beaker, sendok, cawan porselen, cawan aluminium, *Brookfield Viscometer*, Bom Kalorimeter C200, termometer, kamera digital dan alat tulis. Bahan-bahan yang digunakan adalah etanol merek Brataco Chemika 96%, air (akuades), *Carboxymethylcellulose*

(CMC), agar swallow, daun cincau, spiritus, minyak tanah, dan bensin.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial (3x3) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi etanol (70, 80 dan 90%) 100 ml dan faktor kedua adalah konsentrasi *Carboxymethylcellulose* (CMC) (1,2, 1,5, 1,8 gr). Hasil dari rancangan tersebut diperoleh sembilan kombinasi perlakuan dengan dua kali ulangan. Kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian formulasi *gel* etanol

Konsentrasi etanol	Konsentrasi <i>Carboxymethylcellulose</i> (CMC)		
	1,2	1,5	1,8
70	E ₁ C ₁	E ₁ C ₂	E ₁ C ₃
80	E ₂ C ₁	E ₂ C ₂	E ₂ C ₃
90	E ₃ C ₁	E ₃ C ₂	E ₃ C ₃

Pelaksanaan Penelitian

Penentuan Jenis Bahan Pengental

Penentuan jenis bahan pengental dilakukan dengan cara menimbang sampel bahan pengental sesuai formula kemudian sampel bahan pengental (CMC, agar swallow dan cincau) dilarutkan ke dalam air sebanyak 15 ml diaduk dengan menggunakan magnetik stirer dengan kecepatan 12000 rpm hingga larut dan tidak menggumpal. Etanol dimasukkan sebanyak 70, 80, dan 90% ke dalam masing-masing gelas kimia sebanyak 100 ml. Kemudian diaduk selama 20-30 menit hingga larut dan berbentuk *gel*. Dari tiga

jenis bahan pengental yang digunakan tersebut dipilih campuran yang homogen (tidak mengendap dapat larut dalam etanol) dan digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Bahan pengental yang dipilih yaitu CMC karena dapat mengentalkan campuran air dan etanol dengan baik serta hasil *gel* etanol yang jernih dan homogen. Penggunaan konsentrasi CMC untuk penelitian ini berdasarkan konsentrasi umum yang digunakan pada makanan. Penggunaan CMC di Indonesia sebagai bahan penstabil, pengental, dan pembentuk *gel* dalam

produk pangan oleh Menteri Kesehatan RI, diatur menurut PP. No. 235/ MENKES/ PER/ VI/ 1979 adalah 1-2% (1,5 gr). *Carboxymethylcellulose* (CMC) yang digunakan sebanyak (1,2, 1,5, 1,8 gr) menurut Tamime (1989) dalam Sumardikan (2007), penggunaan bahan pengental yang berlebihan dapat menyebabkan efek pada tekstur serta penampakan hasilnya akan menjadi kasar dan menggumpal

Sampel *gel* etanol dengan menggunakan bahan pengental agar swallow dan daun cincau tidak dapat larut dengan baik, keruh dan terpisah menjadi dua fase yaitu endapan campuran air dengan pengental dan cairan etanol. Hal tersebut disebabkan oleh agar swallow dan daun cincau yang merupakan bahan pengental untuk makanan yang berbasis air, dimana sampel lebih larut sempurna dalam air daripada etanol karena akan menghambat kelarutannya. Daun cincau mengandung senyawa hidrokoloid sebagai pembentuk *gel*, senyawa ini mudah larut dalam air sehingga dapat membentuk *gel* dan tetapi tidak dapat menyatu dengan etanol maka terjadi pemisahan fase cair (*sineresis*) dan *gel*.

Penentuan Formulasi Etanol dan *Carboxymethylcellulose* (CMC)

Penentuan formulasi etanol dan CMC dilakukan dengan cara menimbang CMC sesuai formula (1,2, 1,5 dan 1,8 gr) kemudian melarutkan CMC ke dalam air (akuades) sebanyak 15 ml karena CMC tidak dapat langsung larut dalam etanol sehingga harus dilarutkan terlebih dahulu ke dalam air (akuades). Kemudian diaduk dengan menggunakan magnetik stirer hingga larut dan tidak menggumpal.

Setelah *gel* campuran air dan CMC larut selanjutnya diuji cobakan untuk mengentalkan dalam beberapa konsentrasi etanol, yaitu etanol 70, 80 dan 90%. Konsentrasi tersebut didapatkan dari pengenceran etanol 93%. Menurut Kosaric dan Farkas (1993), jenis etanol yang digunakan untuk bahan bakar adalah etanol absolut dengan konsentrasi 85-95%. Mengingat pemanfaatan etanol yang beraneka ragam, untuk etanol yg memiliki *grade* 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai *grade* 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Kemudian dimasukkan etanol ke dalam campuran air dan CMC dan dilakukan pengadukan dengan menggunakan *hand mixer* selama 20-30 menit. Masing-masing konsentrasi tersebut kemudian dipilih konsentrasi campuran air, etanol dan CMC yang menghasilkan *gel* etanol paling jernih dan homogen.

Prosedur Pengamatan

Uji Viskositas

Uji viskositas mengacu pada Robinson (2006), dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan *gel* etanol. Alat yang digunakan adalah *Brookfield Viscometer* yang memungkinkan untuk mengukur viskositas dengan menggunakan teknik *viscometry*. Tingkat kekentalan *gel* etanol akan berpengaruh terhadap aplikasinya sebagai bahan bakar rumah tangga. Viskositas *gel* etanol yang diinginkan adalah kekentalan yang menyerupai pasta dan masih dapat mengalir. Pengujian dilakukan dengan memasukan *gel* etanol ke dalam gelas beaker, diarahkan *spindle* yang telah terpasang ke

dalam gelas beaker secara tegak lurus sampai tanda batas dan dicelupkan ke dalam sampel.

Uji Pembakaran

Uji pembakaran mengacu pada Robinson (2006), uji pembakaran dilakukan untuk mengetahui efisiensi pembakaran *gel* etanol. Sekitar 10 gr *gel* etanol dibakar di cawan porselen tahan panas. Hasil pembakaran tersebut dihitung sisa pembakaran dan lama api menyala saat *gel* etanol terbakar. Pertama cawan porselen bersih ditimbang bobotnya dan dinyatakan sebagai bobot wadah. Kemudian ke dalam cawan porselen ditambahkan kurang lebih 10 gr *gel* etanol dan ditimbang bobotnya. Bobot ini disebut dengan bobot isi. *Gel* etanol yang terdapat di dalam cawan porselen dibakar dan apinya dibiarkan menyala hingga padam. Waktu dihitung dari awal pembakaran hingga api sudah tidak dapat menyala lagi. Waktu tersebut adalah waktu pembakaran. Selanjutnya, cawan porselen yang berisi sisa pembakaran *gel* etanol dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian ditimbang kembali dan dicatat sebagai bobot akhir. Perhitungan residu pembakaran adalah sebagai berikut :

$$RP(\%) = \frac{b. \text{ akhir} - b. \text{ awal}}{B. \text{ awal}} \times 100\%$$

Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor mengacu pada Robinson (2006), dilakukan untuk mengetahui tingkat panas yang dihasilkan oleh setiap sampel *gel* etanol dalam satuan kalori (cal). Langkah awal untuk mengukur nilai kalor, *gel* etanol dibakar di dalam Bom Kalorimeter C200 dimana

produk pembakaran kemudian didinginkan kembali hingga suhu ruang. Energi yang digunakan untuk mendinginkan produk pembakaran setara dengan energi yang tersedia dalam bahan bakar.

Analisis Panas yang dapat dipindahkan

Uji panas yang dipindahkan atau uji pendidihan air (*water boiling test*) dibutuhkan untuk mengetahui efektifitas bahan bakar mengacu pada Robinson (2006). Panas yang dapat dipindahkan dapat diketahui dengan cara memasukkan 100 ml air ke dalam gelas beaker dan mengukur suhu awal. *Gel* etanol sebanyak 15 gr dalam cawan porselen kemudian dibakar untuk memanaskan air 100 ml dalam gelas beaker. Setelah air mendidih, dihitung panas yang dipindahkan dengan menghitung berapa banyak *gel* etanol yang digunakan untuk memanaskan air. Kemudian dibandingkan efektifitas panas yang dipindahkan dengan menggunakan bahan bakar lain yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu minyak tanah, spritus dan bensin dengan cara yang sama untuk sebagai pembanding.

Pengamatan Warna Api

Uji pengamatan warna api mengacu pada penelitian Mulyono dan Suseno (2010), pengamatan warna api dari pembakaran *gel* etanol dilakukan dengan mengambil *gel* etanol 5 gr, kemudian dimasukkan dalam cawan porselen. *Gel* etanol dibakar dan amati warna nyala dari hasil pembakaran *gel* etanol tersebut

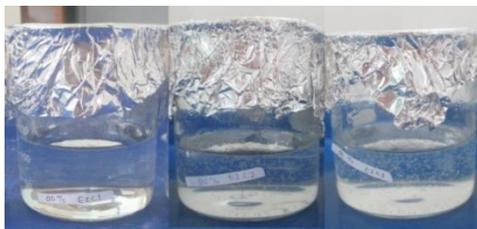
Analisis Data

Analisis data dilakukanan secara statistik dengan menggunakan uji *analysis of variance* (Anova) dan

regresi linear. Apabila ada pengaruh antara perlakuan akan dilanjutkan dengan uji *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

Pembuatan *Gel* Etanol

Pembuatan *gel* etanol untuk penelitian ini adalah menggunakan bahan baku berupa etanol 95%, bahan pengental CMC dan akuades. Bahan pengental CMC digunakan karena CMC merupakan turunan selulosa yang mudah larut dalam air karena dapat mengentalkan campuran air dan etanol dengan baik. Menurut Desmarais (1973), 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. Contoh sampel hasil penampakan pencampuran etanol dengan air dan CMC dapat dilihat pada Gambar 7.



(a) (b) (c)
Gambar 7. Hasil penampakan beberapa sampel *gel* etanol, (a) *gel* etanol dengan konsentrasi etanol 80% dan CMC 1,2 gr (E2C1), (b) *gel* etanol dengan konsentrasi etanol 80% dan CMC 1,5 gr (E2C2), (c) *gel* etanol dengan konsentrasi etanol 90% dan CMC 1,8 gr (E2C3)

Hasil pembuatan *gel* etanol pada Gambar 7 terlihat bahwa semua *gel* etanol yang dihasilkan secara visual tidak berwarna atau jernih dan relatif homogen. Pada pembuatannya CMC yang digunakan sebanyak 1,2, 1,5 dan 1,8 gr sedangkan etanol yang digunakan dimodifikasi komposisinya dengan konsentrasi 70, 80 dan 90%. Pada penambahan konsentrasi etanol 70% dengan CMC 1,2 gr (E2C1) *gel* etanol yang dihasilkan cenderung lebih jernih dan mempunyai tekstur yang encer atau mudah mengalir. Penambahan konsentrasi etanol 80% dengan CMC 1,5 gr (E2C2) *gel* etanol yang dihasilkan terlihat jernih dan teksturnya lebih kental, dan pada penambahan konsentrasi 90% dengan CMC 1,8 gr (E2C3) *gel* etanol yang dihasilkan jernih dan teksturnya semakin kental yang ditandai dengan terlihatnya buih setelah adanya proses pengadukan. Namun seiring dengan waktu buih ini akan menghilang dengan sendirinya dan *gel* etanol akan terlihat jernih seperti pada sampel (E2C1).

Hasil pembuatan *gel* etanol terlihat bahwa etanol dapat larut pada campuran CMC dan air menghasilkan *gel* etanol yang jernih dan seiring dengan semakin banyak CMC yang ditambahkan maka tekstur *gel* etanol semakin kental. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan *gel* etanol, CMC akan berikatan terlebih dahulu dengan air, ikatan antara rantai tulang punggung CMC dan molekul air mengakibatkan rantai polimer CMC akan memanjang dan menyebabkan peningkatan viskositas larutan (Van Arkel dalam Kennedy dkk., 2009). Setelah terbentuk campuran CMC dan air menjadi *gel* yang homogen,

air akan berikatan dengan etanol yang ditambahkan pada saat terakhir pencampuran. Etanol yang ditambahkan akan terikat ke air karena etanol dan air memiliki derajat kelarutan yang sama dan keduanya merupakan senyawa polar yang saling melarutkan. Pelarut organik seperti etanol akan diikat oleh campuran air dan CMC yang telah homogen dan meningkat kekentalannya.

Uji Viskositas

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi CMC yang berbeda pada gel etanol memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap viskositas, sedangkan penambahan konsentrasi etanol yang berbeda pada gel etanol dan interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap viskositasnya (Lampiran 2). Rata-rata viskositas gel etanol yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata viskositas gel etanol (cP)

Konsentrasi etanol	Konsentrasi CMC			Rata-rata
	C1 (1,2 gr)	C2 (1,5 gr)	C3 (1,8 gr)	
E1 (70%)	975	5180	19145	8434
E2 (80%)	1604	7534	19879	9672
E3 (90%)	1593	7299	19434	9442
Rata-rata	1391 ^A	6671 ^B	9486 ^C	

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Dari Tabel 2 menunjukkan penambahan konsentrasi CMC yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas gel etanol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh konsentrasi CMC terhadap viskositas menunjukkan peningkatan terhadap viskositas gel etanol yaitu antara 975 cP hingga 19434 cP. Dimana penambahan CMC sebanyak 1,8 gr (C3) memiliki viskositas atau kekentalan yang tinggi berbeda dengan sampel lainnya. Semakin banyak CMC yang ditambahkan maka semakin tinggi viskositas gel etanol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan dengan adanya keberadaan CMC dalam larutan membentuk ikatan silang dalam molekul polimer yang menyebabkan

molekul pelarut akan terjebak di dalamnya sehingga terjadi immobilisasi molekul pelarut yang dapat membentuk struktur molekul yang kaku dan tahan terhadap tekanan. Semakin tinggi kadar CMC, maka pembentukan ikatan silang makin besar dan immobilisasi molekul pelarut juga makin tinggi sehingga menyebabkan kecenderungan viskositas meningkat dan tekstur gel etanol akan semakin kental.

Menurut *Smooth-on* (1895), apabila dibandingkan dengan viskositas scales viskositas terendah gel etanol menyerupai viskositas pada oli motor, sedangkan viskositas tertinggi gel etanol menyerupai viskositas karet silikon. *Viskositas*

scales merupakan skala viskositas beberapa jenis bahan yang terdapat pada kehidupan sehari-hari. Secara keseluruhan karakteristik *gel* etanol yang dihasilkan yaitu kental dan masih dapat mengalir. Salah satu kelebihan dari *gel* etanol di mana kekentalannya tidak mengalami

penurunan signifikan hingga tidak terjadi perubahan wujud pada saat dibakar. Pengelompokan keseluruhan karakteristik viskositas dari *gel* etanol yang terbentuk dan sesuai dengan tujuan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik fisik *gel* etanol

Sampel	Viskositas(cps)	Skala viskositas	Karakteristik fisik
E1C1 (Etanol 70% & CMC 1,2gr)	975	1000-2000	Gliserin / oli motor
E2C1 (Etanol 80% & CMC 1,2gr)	1604	1000-2000	Gliserin / oli motor
E3C1 (Etanol 90% & CMC 1,2gr)	1593	1000-2000	Gliserin / oli motor
E1C2 (Etanol 70% & CMC 1,5gr)	5180	5000-10000	Molasses
E2C2 (Etanol 80% & CMC 1,5gr)	7534	5000-10000	Molasses
E3C2 (Etanol 90% & CMC 1,5gr)	7299	5000-10000	Molasses
E1C3 (Etanol 70% & CMC 1,8gr)	19145	14000-50000	Karet silikon
E2C3 (Etanol 80% & CMC 1,8gr)	19879	14000-50000	Karet silikon
E3C3 (Etanol 90% & CMC 1,8gr)	19433	14000-50000	Karet silikon

Hasil regresi linear menunjukkan bahwa perlakuan (variabel 2) memberikan pengaruh signifikan terhadap viskositas *gel* etanol (Persamaan 1). Nilai *R square* yaitu sebesar 0,875 yang berarti bahwa perlakuan memberikan pengaruh sebesar 87% terhadap viskositas *gel* etanol. Berdasarkan persamaan 1 terlihat bahwa variabel 2 memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas, dimana variabel 2 ini adalah CMC. Hal ini sejalan dengan hasil analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji regresi yang menunjukkan hubungan antara viskositas (Y) terhadap etanol (X_1), CMC (X_2), nilai kalor (X_3), dan residu pembakaran (X_4) dinyatakan dalam persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y = -50399,496 + 22475,123 X_1 + 30945,010 X_2 - 0,609 X_3 + 14,928 X_4$$

(Persamaan 1)

(0,019)(0,399)(1,52E-07)*(0,472)
(0,758)

Faktor CMC pada uji regresi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai viskositas *gel* etanol, sedangkan faktor etanol, residu pembakaran, dan nilai kalor berpengaruh tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap kekentalan yang dihasilkan sehingga dapat meningkatkan nilai viskositas *gel* etanol, sedangkan peningkatan etanol, residu pembakaran, dan nilai kalor tidak secara langsung dapat meningkatkan serta menurunkan viskositas *gel* etanol. Hal ini terjadi karena

pengaruh CMC sangat besar karena fungsi utama CMC sebagai bahan pengental sehingga pengaruh terhadap variabel lain begitu kecil.

Uji Pembakaran

Hasil dari sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda pada *gel* etanol memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$), sedangkan

penambahan CMC yang berbeda memberikan pengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap residu pembakaran. Interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap residu pembakaran. Rata-rata residu pembakaran *gel* etanol yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata residu pembakaran *gel* etanol (%)

Konsentrasi etanol	Konsentrasi CMC			Residu pembakaran
	C1 (1,2gr)	C2 (1,5gr)	C3 (1,8gr)	
E1 (70%)	89,27 ^b	92,53 ^b	93,47 ^b	91,76 ^B
E2 (80%)	89,74 ^b	90,91 ^b	91,7 ^b	90,62 ^B
E3 (90%)	74,00 ^b	75,26 ^b	29,44 ^a	59,57 ^A
Rata-Rata	87,4	86,23	71,54	

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil atau huruf besar yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$) dan angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Tabel 4 menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan penambahan konsentrasi etanol dan CMC yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap pembakaran *gel* etanol yang dihasilkan. Dimana perlakuan E3C3 dengan penambahan etanol sebanyak 90% dengan CMC 1,8 gr saling berikatan menghasilkan residu yang sedikit berbeda dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan oleh campuran *gel* yang homogen antara etanol dan CMC sehingga pada proses pembakaran *gel* etanol dapat terbakar dengan baik. Penambahan konsentrasi etanol yang memberikan pengaruh terhadap pembakaran dan residu *gel* etanol. Etanol akan berikatan dengan campuran CMC dan air dan akan berinteraksi pada proses pembakaran. Bisa dinyatakan bahwa konsentrasi etanol sangat berpengaruh karena semakin kecil konsentrasi etanol yang digunakan,

kalor *gel* etanol akan rendah sehingga tidak cukup untuk menguapkan air secara keseluruhan, sehingga masih ada sisa air yang berikatan dengan CMC.

Berdasarkan hasil regresi linear terlihat bahwa perlakuan berpengaruh signifikan terhadap residu pembakaran *gel* etanol. Nilai *R square* yaitu sebesar 0,561 hal ini berarti bahwa perlakuan memberikan pengaruh sebesar 0,56%. Berdasarkan persamaan 2 terlihat bahwa variabel 1 memberikan pengaruh signifikan terhadap residu pembakaran. Hal ini sejalan dengan hasil analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil uji regresi yang menunjukkan hubungan antara residu pembakaran (Y) terhadap etanol (X_1), CMC (X_2), viskositas (X_3), dan nilai kalor (X_4) dinyatakan dalam persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y = 354,419 - 346,492 X_1 - 51,356 X_2 + 0,001 X_4 + 7,309 X_4$$

(Persamaan 2)
 (0,001) (0,011)* (0,264)
 (0,556) (0,116)

Faktor etanol pada uji regresi memberikan pengaruh nyata terhadap residu pembakaran *gel* etanol, sedangkan faktor CMC, viskositas dan nilai kalor tidak berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa etanol memberikan pengaruh terhadap pembakaran dan residu. Komposisi etanol dan CMC semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi dan kekentalan *gel* etanol, sehingga residu pembakaran akan lebih sedikit dan api dapat menyala lebih lama. Faktor CMC memiliki peranan besar terhadap perubahan residu pembakaran *gel* etanol apabila dibandingkan dengan variabel

lainnya. Hal ini disebabkan karena semakin meningkat konsentrasi CMC maka akan semakin mengentalkan larutan *gel*, sehingga kepadatan *gel* etanol menjadi tinggi dan tidak dapat terbakar hingga habis hingga menghasilkan residu.

Nilai Kalor

Hasil dari sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda pada *gel* etanol memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$), sedangkan penambahan CMC yang berbeda memberikan pengaruh tidak nyata ($P > 0,05$). Interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh tidak nyata terhadap nilai kalor *gel* etanol (Lampiran 4). Rata-rata nilai kalor *gel* etanol yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata nilai kalor *gel* etanol (J/gr)

Konsentrasi etanol	Konsentrasi CMC			Nilai kalor
	C1 (1,2 gr)	C2 (1,5 gr)	C3 (1,8 gr)	
E1 (70%)	5,863	7,950	7,849	7,220 ^A
E2 (80%)	10,212	10,366	10,201	10,259 ^B
E3 (90%)	12,327	12,382	11,751	12,153 ^C
Rata-Rata	9,467	10,232	9,934	

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor yang dihasilkan oleh *gel* etanol. Dimana penambahan etanol sebanyak 90% (C3) akan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Tabel 5 menunjukkan perlakuan penambahan etanol apabila semakin tinggi maka nilai kalornya juga akan meningkat.

Jika konsentrasi etanol yang ditambahkan semakin besar dan dapat terikat dengan baik maka nilai kalor yang dihasilkan pada pembakaran akan tinggi. Keberadaan etanol yang memiliki dua atom karbon (C) sehingga dapat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan oleh *gel* etanol. Sesuai dengan yang dinyatakan oleh Lloyd dan Visagie (2007) bahwa nilai kalor dipengaruhi juga oleh komposisi karbon terikat pada suatu bahan

bakar. Semakin tinggi karbon terikat yang dimiliki oleh suatu bahan bakar, maka nilai kalornya juga semakin tinggi.

Hasil regresi linear (Lampiran 4) menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor *gel* etanol. Nilai *R square* yaitu sebesar 0,868 yang berarti bahwa perlakuan memberikan pengaruh sebesar 0,86% terhadap nilai kalor. Berdasarkan persamaan 3 variabel 1 terlihat memberikan pengaruh yang signifikan, hal ini sejalan dengan hasil analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil uji regresi yang menunjukkan hubungan antara nilai kalor (Y) terhadap etanol (X₁), CMC (X₂), viskositas (X₃), dan residu pembakaran (X₄) dinyatakan dalam persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y = -18,4454 + 28,849 X_1 + 2,433 X_2 - 4,132 X_3 + 0,0244 X_4$$

(Persamaan 3)

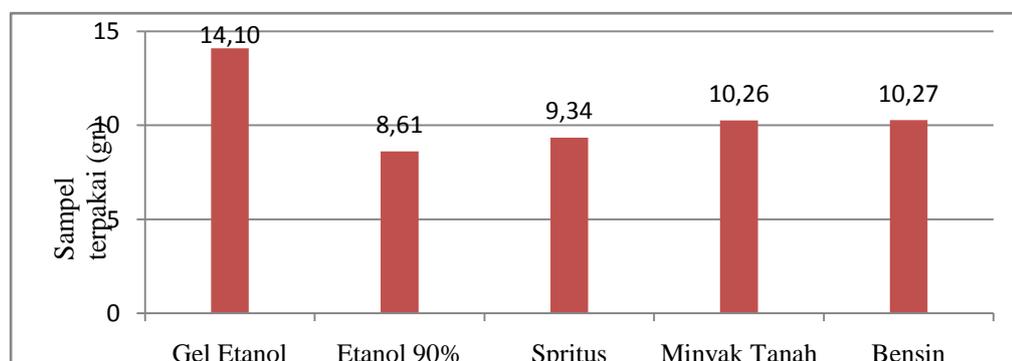
(0,006)(2,65E)*(0,365)(0,638)

Faktor etanol pada uji regresi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor *gel* etanol, sedangkan faktor CMC, viskositas dan residu pembakaran tidak berpengaruh signifikan. Hal ini

disebabkan oleh semakin banyak residu dari pembakaran *gel* etanol maka nilai kalor yang dihasilkan *gel* etanol tersebut rendah. Nilai kalor yang rendah tidak dapat membakar habis semua *gel* etanol. Tetapi faktor etanol dapat meningkatkan begitu besar nilai kalor dan faktor CMC yang tepat dapat menyatukan bahan bakar sehingga dapat meningkatkan nilai kalor *gel* etanol, karena etanol diikat oleh CMC sehingga tidak mudah menguap.

Panas yang Dipindahkan

Uji pendidihan air ini tidak menggunakan semua formulasi *gel* etanol, akan tetapi menggunakan sampel dengan pembakaran dan nilai kalor yang baik, yaitu sampel dengan konsentrasi etanol 90% dan CMC 1,8 gr (E3C3). Uji panas yang dipindahkan *gel* etanol akan dibandingkan dengan beberapa jenis bahan bakar yaitu alkohol 90%, spiritus, minyak tanah dan bensin. Sampel dibakar untuk mendidihkan 100 ml air kemudian dihitung berapa banyak sampel bahan bakar yang digunakan. Hasil pengujian panas yang dipindahkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hasil pengujian panas yang dipindahkan setiap bahan bakar.

Hasil pada Gambar 2 menunjukkan bahwa bahan bakar

yang banyak digunakan untuk mendidihkan air pada uji panas yang

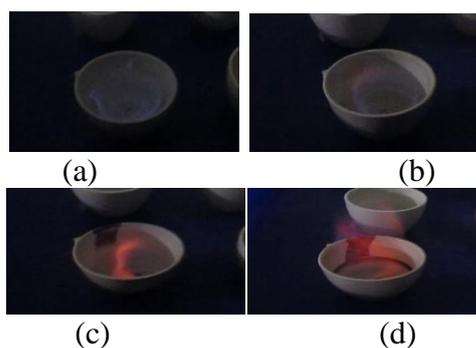
dipindahkan adalah sampel *gel* etanol yaitu sebanyak 14,10 gr dan paling sedikit digunakan adalah sampel etanol cair 90%. Hal ini disebabkan karena *gel* etanol terdiri dari beberapa campuran CMC dan air yang bisa menurunkan suhu api yang dihasilkan. Ikatan antara CMC dengan air lebih kuat dibandingkan dengan ikatan CMC dengan etanol sehingga meskipun terdapat panas pembakaran, *gel* etanol dan air hanya sedikit yang menguap karena terikat oleh CMC. Listiyanawati dkk. (2008) menyatakan bahwa kandungan air yang tinggi akan menghabiskan kalor yang lebih banyak untuk menguapkan air yang ada pada *gel* yang berarti akan menurunkan nilai kalor *gel* etanol.

Hasil panas yang dipindahkan *gel* etanol lebih banyak digunakan jika dibandingkan bahan bakar lain seperti bensin, minyak tanah dan spritus. Walaupun demikian *gel* etanol memiliki keunggulan lain yaitu tidak mudah menguap, tidak berbau dan tidak menimbulkan jelaga. Penggunaan *gel* etanol tidak seperti bahan bakar lain yang

menggunakan perantara seperti sumbu, tetapi dapat langsung dibakar.

Analisis Warna Api

Karakteristik lain yang diperoleh dari pengujian pembakaran *gel* etanol adalah warna api yang timbul dari pembakaran tersebut. *Gel* etanol yang dibakar akan menghasilkan api pembakaran. Menurut Turns (2000), api merupakan penyebaran panas berkelanjutan yang dilakukan dengan sendirinya pada zona pembakaran yang terlokalisasi pada kecepatan sangat tinggi. Warna api pembakaran menandakan komponen-komponen yang terbakar pada bahan bakar. Proses pembakaran yang akan menimbulkan api terjadi apabila terdapat tiga unsur yaitu bahan, oksigen dan energi (Nedved dan Soemanto, 1991). Pengujian warna api pembakaran *gel* etanol ini dilakukan tanpa menggunakan perantara sehingga mungkin api yang dihasilkan akan tidak stabil. Hasil warna api *gel* etanol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Warna api pembakaran *gel* etanol, (a) warna api awal mula pembakaran, (b) warna api setelah 4 menit pembakaran, (c) warna api 10 menit pembakaran, dan (d) warna api hingga padam

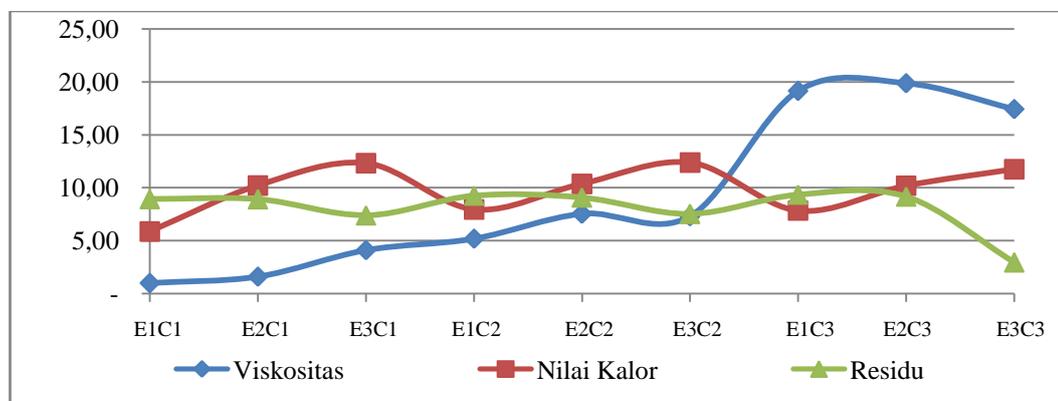
Hasil warna api dari pengujian pembakaran *gel* etanol menunjukkan secara keseluruhan menghasilkan warna api biru. *Gel*

etanol dengan konsentrasi etanol 90% yang ditambahkan CMC 1,2, 1,5 dan 1,8 gr warna api yang muncul yaitu mula-mula berwarna

biru dan kemudian setelah \pm 4 menit menjadi sedikit biru kekuningan hingga api padam (Lampiran 6). Hasil pengujian warna api pembakaran *gel* etanol yang berubah-ubah seiring dengan berjalannya pembakaran dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Salah satu penyebab perubahan warna api yang timbul diakibat komponen-komponen pembuatan *gel* etanol yaitu air, CMC dan etanol. Warna api biru pada awal pembakaran disebabkan oleh etanol yang terbakar, sedangkan warna api kuning terjadi karena adanya air yang teruapkan pada proses pembakaran dan akibat dari proses pembakaran tidak sempurna. Meskipun pada beberapa pembakaran *gel* etanol terjadi pembakaran yang tidak sempurna, akan tetapi tidak menimbulkan bau dan asap selama pembakaran.

Pemilihan Formulasi Terbaik *Gel* Etanol

Pemilihan formulasi penelitian ini mengacu pada penelitian Meilianti (2009) yaitu pembuatan *gel* bioetanol dengan pengental asam akrilat. Parameter viskositas, nilai kalor dan residu pembakaran merupakan kriteria yang menjadi acuan pemilihan formulasi *gel* etanol fungsinya sebagai bahan bakar terutama untuk aplikasi pada kompor rumah tangga. Karakteristik fisik *gel* etanol yang dihasilkan secara keseluruhan adalah kental dan masih dapat mengalir. Nilai kalor yang tinggi dan residu pembakaran yang kecil sangat dibutuhkan untuk menentukan efisiensi pembakaran. Hasil rekapitulasi data berdasarkan parameter viskositas, nilai kalor dan residu pembakaran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 14. Grafik formulasi terbaik *gel* etanol

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa penambahan CMC yang semakin tinggi akan meningkatkan viskositas *gel* etanol (C3). Penambahan etanol yang tinggi juga akan meningkatkan nilai kalor *gel* etanol (E3). Gambar 13 menunjukkan penambahan etanol dan CMC yang tepat akan mengurangi residu pembakaran *gel*

etanol. Berdasarkan grafik di atas formulasi terbaik dipilih menurut karakteristik fisik yang kental dan homogen, nilai kalor yang tinggi dan residu pembakaran kecil. Viskositas dengan penambahan konsentrasi CMC 1,2 gr dan 1,5 gr menghasilkan *gel* etanol yang kental dan mudah mengalir, sedangkan konsentrasi CMC 1,8 gr lebih kental dan masih

bisa mengalir. Viskositas yang masih dapat mengalirlah yang dibutuhkan dalam aplikasi *gel* etanol, karena kedua konsentrasi ini masih memenuhi standar *gel* etanol.

Nilai kalor yang terbesar terdapat pada konsentrasi etanol yang tinggi E3C1, E3C2 dan E3C3. Nilai kalor *gel* etanol seluruhnya belum memenuhi standar *gel* etanol, karena *gel* etanol komersial di Afrika Selatan adalah 16,4 MJ/kg yang dibuat dengan bahan pengental *carbopol*. Pembakaran *gel* etanol yang menghasilkan residu yang terkecil adalah E3C3 karena etanol dapat terikat dengan baik dengan CMC dan air. Berdasarkan uraian di atas, formulasi terbaik *gel* etanol adalah kombinasi perlakuan E3C3 dengan penambahan konsentrasi etanol 90% dan penambahan konsentrasi CMC yang memiliki viskositas 17433,59 cP, nilai kalor 11,751 J/gr dan residu pembakaran 29,44 gr.

Kesimpulan

Formulasi terbaik sesuai karakteristik viskositas, nilai kalor dan residu pembakaran *gel* etanol dengan penambahan konsentrasi etanol 90% dan penambahan CMC 1,8 gr yang memiliki viskositas 17434 cP, residu pembakaran 29,44%, nilai kalor 11,751 J/gr, dapat menyala selama 11 menit dengan banyak 10 gr dan menghasilkan warna api yang biru.

Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengurangi residu pembakaran agar *gel* etanol dapat terbakar hingga habis. Kemudian menemukan cara untuk mengurangi kadar air pada *gel* etanol agar dapat menaikkan nilai kalor dan suhu api.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2006. **Bahan Bakar dan Pembakaran.** *Di dalam* www.chemeng.ui.ac.id. Diakses pada 30 Juni 2014.
- Desmarais, A.J. 1973. **Hydroxyalkylcellulose Derivatives of Cellulose.** R.L. Whistler and J.N. BeMiller (Eds). Industrial Gum. Academic Press, New York.
- Kennedy, A., Bumrungpert, A., Kalpravidh, R.W., Chitchumroonchokchai, C., Chuang, C.C., West, T., and McIntosh, M. 2009. **Xanthenes from Mangosteen Prevent Lipopolysaccharide-mediated Inflammation and Insulin Resistance in primarycultures of Human Adipocytes.** J. Nutr.139(6): 1185-91.
- Kosaric, A., Farkas, H. 1993. **Sifat Fisik dan Kimia Etanol.** Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Jeon, B.Y. 2007. **Development of a Serial bioreactor system for direct ethanol production from starch using aspergillus niger and Saccharomyces cerevisiae.** Biotechnology and Bioprocess Engineering, Vol. 12, pp. 566-573.
- Listiyanawati, D., T. Yulinah., S. Djoko., Mardhianai, A.

- Dian, dan C. Putut. 2008. **Eko-briket dari komposit sampah plastik campuran dan lignosellulosa.** *Di dalam* prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII, Program Pascasarjana ITS, Surabaya.
- Lloyd, P.J.D. dan E.D. Vissagie. 2007. **A comparison of gel fuels with alternatif cooking fuel.** *Journal of Energy in Southem Afrika*, volume 18 (3) : 130-142.
- Meilianti, S. 2009. **Formulasi gel bioetanol dengan pengental polimer asam akrilat.** Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Merdjan, R.E. dan J. Matione. 2003. **Fuel Gel.** United State Patents Application Publication No. US 2003/0217504A1.
- Mulyono, T. dan Suneno. 2010. **Pembuatan ethanol gel sebagai bahan bakar padat alternatif.** Skripsi Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Nedved, M. dan I. Soemanto. 1991. **Dasar-Dasar Keselamatan Kerja Bidang Kimia dan Pengendalian Bahaya Besar.** Halaman 179-185. Jakarta.
- Robinson, J. 2006. **Bio-Ethanol as a Household Cooking Fuel: A Mini Pilot Study of the SuperBlu Stove in Peri-Urban Malawi.** Thesis Report.Loughborough University, Leics, UK.
- Smooth-on. 1895. **Epoxy, Silicone and Urethane Adhesives.** *Di dalam www.smooth-on.com.* Di akses 28 Mei 2015.
- Triaswati, I. dan N. Lani.2010. **Pembuatan bioetanol gel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah.** *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.*
- Turns, S.R. 2000.**An Introduction To Combustion : Concept And Applications 2nd Edition.** Singapura : McGraw-Hill Book Company Singapura.
- Visser, P. dan U. Boris 2003. **Ethanol Gel as Domestic Fuel: Final Report.** Enschede. **Biomass Technology Group BV University of Twente dan World Bank Regional Program for the Traditional Energy Sector.**White, L.P. dan Plaskett, L.G. 1981.Biomass as Fuel. Academic Press, Inc. London.