

PENGEMBANGAN ETANOL SEMI PADAT DENGAN PENCAMPURAN MINYAK JELANTAH

DEVELOPMENT OF ETHANOL SEMI SOLID WITH MIXING WASTE COOKING OIL

Beny Setiawan¹, Fajar Restuhadi² and Faizah Hamzah²

Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau Indonesia

Kode Pos 28293 beni.rawit@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to obtain the concentration of sodium hydroxide (NaOH) and the appropriate concentration of ethanol with a mixture of waste cooking oil to formulate the semi-solid ethanol as an alternative for house hold fuel. The research was carried out by using completely randomized design (CRD) with factorial design. The first factor is the concentration of NaOH (12, 13, 14, and 15%), and the second factor is the concentration of ethanol (85, 90, and 95%). Results of analysis of variance showed interaction of ethanol concentration and the addition of NaOH concentration significantly affected the degree of acidity (pH) and the calorific value. The addition of different concentrations of ethanol, significantly affected on burning residue, calorific value, and heat transfer. The addition of different concentrations of NaOH significantly affected on viscosity, acidity (pH), burning residue, calorific value and heat transfer. At the beginning of the burning, flame color changed from blue to yellowish blue,, then to yellow flame before the flame extinguished. The best formulation of semi-solid ethanol is treatment A₂B₃ whic shows a viscosity of 19,500 cP, the calorific value of 22,519 J/g and 45.34% combustion residues.

Keywords: *ethanol, NaOH, waste cooking oil, ethanol semi-solid.*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan konsumsi energi yang cukup tinggi di dunia. Beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% per tahun. Angka tersebut berada di atas pertumbuhan konsumsi energi dunia yang mencapai 2,6% per tahun. Konsumsi energi Indonesia tersebut terbagi untuk sektor industri 50%, transportasi 34%, rumah tangga 12% dan 4% komersial (Kementrian ESDM, 2012). Energi yang digunakan dalam sektor rumah tangga adalah gas dan minyak tanah. Bahan bakar ini juga biasanya dibawa pada saat berkemah, tamasya dan *travelling* sebagai sumber energi untuk memasak minuman dan makanan. Bahan bakar rumah tangga ini memiliki banyak kekurangan apabila dibawa berpergian.

Beberapa kekurangannya yaitu tempat bahan bakar gas yang cukup berat sehingga sulit untuk dibawa dan pada saat terbanting dapat membahayakan. Minyak tanah yang memiliki bentuk cair dapat mudah tumpah dan

sering terjadi kelangkaan di pasaran. Pengaplikasian kedua bahan bakar ini juga memerlukan kompor yang cukup besar sehingga perlu adanya bahan bakar pengganti untuk mengatasi masalah ini.

Etanol (C₂H₅OH) merupakan senyawa kimia organik yang memiliki peluang besar menjadi pengganti bahan bakar gas dan minyak tanah karena dapat diproduksi menggunakan bahan baku dari tumbuhan. Sifat fisik yang mudah menguap, tegangan permukaan rendah dan titik nyala yang rendah pada etanol dalam bentuk cair juga dapat membahayakan (Robinson, 2006). Bahan bakar berupa etanol semi padat merupakan inovasi yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Bahan bakar pengganti tersebut berupa semi padat untuk memudahkan dalam penanganan, pengemasan dan penyimpanan karena tidak mudah tumpah dan mengalir. Menurut Merdjan dan Matione (2003) etanol semi padat memiliki kelebihan yaitu tidak terdapat asap selama pembakaran, tidak

1. Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau

2. Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Riau

mengemisi gas berbahaya, non karsiogenik dan non korosif.

Penelitian ini menggunakan minyak jelantah yang telah mengalami proses hidrolisis trigliserida sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Penggunaan minyak jelantah dalam pembuatan etanol semi padat bertujuan untuk mengefisiensi biaya produksi dan memanfaatkan kadar asam lemak bebas (ALB) sebagai bahan reaksi saponifikasi. Garam natrium yang terbentuk dari reaksi saponifikasi akibat natrium hidroksida (NaOH) bereaksi dengan asam lemak bebas pada minyak jelantah. Etanol yang ditambahkan bersamaan dengan reaksi saponifikasi akan larut dengan terbentuknya garam natrium sehingga akan menghasilkan etanol semi padat yang memiliki nilai kalor.

Tujuan Penelitian

Mendapatkan konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dan konsentrasi etanol yang tepat dalam formulasi etanol semi padat sebagai bahan bakar yang dibuat dengan campuran minyak jelantah.

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, waktu penelitian berlangsung selama 5 bulan yaitu pada bulan September 2014 sampai Januari 2015.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol teknis, minyak jelantah dengan kadar asam lemak bebas 6%, akuades, karbon aktif sintetis, air, natrium hidroksida (NaOH), phenoftalein, dan alkohol 96%. Alat-alat yang digunakan adalah *magnetic stirrer*, erlenmeyer, kertas saring Whatman, kain saring, cup, mixer, sendok kayu, aluminium foil, buret, pH meter, termometer, *stopwatch*, *brookfield viscosimeter*, *calorimeter C200*, gelas ukur, gelas beaker, alat tulis dan cawan porselen.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor yang digunakan adalah konsentrasi NaOH (12, 13,

14 dan 15%) dan konsentrasi etanol (85, 90 dan 95%), maka diperoleh 12 unit perlakuan dengan tiga kali ulangan sehingga semuanya berjumlah 36 unit percobaan. Rincian formulasi etanol semi padat yang dibuat sebagai berikut.

Tabel 1. Rincian formulasi etanol semi padat

Konsentrasi NaOH (%)	Konsentrasi Etanol (%)		
	B ₁ =85	B ₂ =90	B ₃ =95
A ₁ =12	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃
A ₂ =13	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₃ =14	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃
A ₄ =15	A ₄ B ₁	A ₄ B ₂	A ₄ B ₃

Pelaksanaan Penelitian

Pemurnian Minyak Jelantah

Proses penyaringan mengacu pada Ketaren (1986) minyak jelantah yang akan dimurnikan ditimbang sebanyak 100 g kemudian dipanaskan dengan penambahan sejumlah air sehingga menghasilkan tiga fase campuran yaitu endapan, minyak, dan air. Lakukan pemisahan minyak dan air, kemudian kotorannya dipisahkan dengan menggunakan kain saring.

Proses pemucatan mengacu pada Susinggih dkk. (2005) minyak jelantah hasil penyaringan kotoran sebanyak 100 g dipanaskan sampai suhu 70 °C. Masukkan karbon aktif sebanyak 0,1% dari berat minyak jelantah yang digunakan. Larutan diaduk dengan sendok kayu selama 45 menit dan dipanaskan pada suhu 105 °C, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman untuk memisahkan kotoran. Minyak jelantah hasil pemurnian siap digunakan.

Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas

Penentuan kadar asam lemak bebas (ALB) mengacu pada Sudarmadji dkk. (1997) minyak jelantah hasil pemurnian ditimbang sebanyak 2 g, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml. Tambahkan alkohol 96% sebanyak 50 ml, kemudian ditetaskan Phenoftalein 3 tetes. Lakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N tetes demi tetes melalui buret hingga muncul warna merah jambu, yang tidak akan berubah selama 15 detik. Hasilnya dihitung dengan rumus :

$$\frac{\text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM asam lemak} \times 100}{\text{bobot contoh (g)} \times 1000}$$

Pembuatan Etanol Semi Padat

Pembuatan etanol semi padat mengacu pada Ardiana dan Irnawati (2010) yang telah dimodifikasi. Minyak jelantah yang telah jernih digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan etanol semi padat. Minyak jelantah tersebut dan etanol sesuai perlakuan dicampur, kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50-60 °C dalam keadaan tertutup oleh aluminium foil. Tambahkan NaOH sesuai perlakuan, kemudian lakukan pengadukan selama 3 menit. Larutan yang telah dipanaskan dimasukkan dalam cup, kemudian ditutup dengan aluminium foil. Biarkan selama 6 jam sehingga larutan memadat, kemudian mixer padatan hingga homogen.

Prosedur Pengamatan

Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan etanol semi padat dengan menggunakan alat *brookfield viscosimeter*. Langkah awal pengujian viskositas yaitu dengan mengambil 150 g etanol semi padat dan memasukkannya ke dalam gelas beaker. Siapkan perlengkapan alat *brookfield viscosimeter* yaitu spindel (pengaduk) yang sesuai dengan perkiraan viskositas etanol semi padat. Turunkan spindel kedalam sampel yang telah masuk ke dalam gelas beaker hingga tercelup. Pastikan posisi alat dalam keadaan seimbang dengan melihat *waterpass* sudah dalam keadaan ditengah. Pastikan juga jarum pada posisi nol, kemudian mengatur kecepatan putaran spindel sesuai perkiraan viskositas sampel. Hidupkan alat *brookfield viscosimeter* sehingga spindel berputar dan tunggu sampai jarum pada posisi stabil. Catat pengukuran pada alat, kemudian hasil pengukuran dikalikan dengan faktor nomor spindel dan kecepatan spindel sesuai tabel. Didapatlah viskositas etanol semi padat dengan satuan centipoise (mPa.s).

Derajat Keasaman (pH)

Penentuan derajat keasaman (pH) mengacu pada Muchtadi dkk. (2010) ditentukan dengan menggunakan pH meter. Sebelum dilakukan pengukuran, pH meter harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan buffer 7,0 dan 4,0. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan mencelupkan elektrodanya ke dalam 1 g etanol semi padat yang telah diencerkan dengan 10

ml akuades dan dibiarkan beberapa saat sampai diperoleh pembacaan yang stabil.

Uji Pembakaran

Uji pembakaran mengacu pada Robinson (2006) dilakukan untuk mengetahui efisiensi pembakaran etanol semi padat. Sekitar 10 g etanol semi padat dibakar di cawan porselen tahan panas. Hasil pembakaran tersebut dihitung sisa pembakaran dan lama api menyala saat etanol semi padat terbakar. Tahapan uji pembakaran dilakukan dengan menimbang bobot cawan porselen dan dinyatakan sebagai bobot wadah. Tambahkan 10 g etanol semi padat di dalam cawan porselen dan ditimbang bobotnya, bobot ini disebut dengan bobot isi. Etanol semi padat yang terdapat di dalam cawan porselen dibakar dan apinya dibiarkan menyala hingga padam. Cawan porselen yang berisi sisa pembakaran etanol semi padat kemudian ditimbang kembali dan dicatat sebagai bobot akhir. Perhitungan residu pembakaran adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Bobot akhir}-\text{Bobot awal}}{\text{Bobot isi}} \times 100 \%$$

Nilai Kalor

Nilai kalor etanol semi padat diukur menggunakan alat *calorimeter C200*. Langkah awal pengujian nilai kalor etanol semi padat yaitu dengan menyalakan unit komputer yang terhubung dengan alat, kemudian buka *software CalWin*. Hidupkan alat *calorimeter C200*, kemudian buka penutup alat sehingga layar di pojok kiri bawah menjadi "C200 waiting". Ambil *decomposition vassel* didalam alat, kemudian buka dan ambil *crucible* didalamnya. Timbang 1 g sampel etanol semi padat didalam *crucible*, kemudian letakkan benang yang telah terikat pada *ignition wire* ke bawah sampel (benang tertindih sampel).

Masukkan oksigen 25-30 bar kedalam *decomposition vassel* dengan menggunakan *oxygen station*, kemudian *decomposition vassel* dimasukkan ke dalam alat dengan posisi segitiga magnet telah mengarah ke bulatan kecil yang berada di dalam alat. Tutup *cover* alat *calorimeter C200*, kemudian masukkan air dingin hingga batas yang sesuai. Masukkan data sampel yaitu berat sampel, nama analisis dan nama sampel, kemudian tekan tombol F1 pada layar alat sehingga alat mulai melakukan pengukurannya. Apabila temperatur suhu memenuhi standar yaitu suhu 18-25 °C, maka alat akan menampilkan waktu proses

pengukuran. Setelah 15 menit pengukuran maka akan didapat hasil pada layar komputer dengan satuan nilai kalor J/g. Lakukan langkah diatas secara berulang kepada setiap sampel etanol semi padat.

Panas yang dapat dipindahkan

Pengujian panas yang dapat dipindahkan mengacu pada Mulyono dan Suseno (2010) dapat diketahui dengan cara memasukkan 100 ml air kedalam gelas beaker kemudian mengukur suhu awal. Etanol semi padat sebanyak 5 g kemudian dibakar untuk memanaskan air 100 ml dalam gelas beaker. Suhu akhir air diukur setelah etanol semi padat sudah tidak terbakar. Perhitungan pindah panas adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Suhu akhir}-\text{Suhu awal}}{\text{Suhu awal}} \times 100 \%$$

Analisis Warna Api

Analisa warna api dari pembakaran etanol semi padat dapat dilakukan dengan mengambil etanol semi padat 5 g, kemudian dimasukkan dalam cawan porselin. Etanol semi padat dibakar dan amati warna nyala dari hasil pembakaran etanol semi padat tersebut.

Uji Viskositas

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) yang berbeda pada etanol semi padat memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas, sedangkan penambahan konsentrasi etanol yang berbeda pada etanol semi padat dan interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh tidak nyata terhadap viskositas etanol semi padat. Rata-rata viskositas etanol semi padat yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata viskositas etanol semi padat (cP)

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Etanol			Rata-Rata
	B1 (85%)	B2 (90%)	B3 (95%)	
A1 (12%)	11.583	11.250	10.333	11.055 ^A
A2 (13%)	19.167	19.333	19.500	19.333 ^B
A3 (14%)	29.333	29.083	29.250	29.222 ^C
A4 (15%)	40.250	40.417	40.917	40.528 ^D
Rata-Rata	25.083	25.021	25.000	

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

Penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh tidak nyata terhadap viskositas etanol semi padat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena etanol teikat dengan reaksi NaOH dan asam lemak bebas, sehingga penambahan air pada saat pengenceran etanol tidak berpengaruh terhadap viskositas etanol semi padat. Pada pembuatan etanol semi padat, fungsi utama etanol yaitu sebagai bahan bakar etanol semi padat karena etanol memiliki sifat mudah terbakar sehingga mudah dalam aplikasinya.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas etanol semi padat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh ion Na⁺ yang semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi NaOH dan juga menyebabkan semakin banyaknya garam natrium yang dihasilkan, sehingga semakin meningkat viskositas etanol semi padat. Menurut Yoeswono dkk. (2007) penggunaan katalis basa akan meningkatkan jumlah garam natrium, sejalan dengan penambahan jumlah katalis basa.

Hasil uji regresi menyatakan bahwa faktor NaOH memberikan berpengaruh signifikan terhadap nilai viskositas etanol semi padat, sedangkan faktor nilai kalor, etanol, residu pembakaran, pH dan pindah panas tidak berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH berpengaruh terhadap jumlah garam natrium yang dihasilkan sehingga dapat meningkatkan nilai viskositas etanol semi padat, sedangkan peningkatan nilai kalor, etanol, residu pembakaran, pH dan pindah panas dan tidak secara langsung dapat meningkatkan dan menurunkan viskositas etanol semi padat. Hal ini terjadi karena pengaruh NaOH sangat besar sehingga pengaruh terhadap variabel lain begitu kecil.

Derajat Keasaman (pH)

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda pada etanol semi padat memberikan pengaruh tidak nyata terhadap nilai pH, sedangkan pemberian penambahan konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) yang berbeda pada etanol semi padat dan interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH. Rata-rata nilai pH etanol semi padat yang dihasilkan setelah diuji lanjut

DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai pH etanol semi padat

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Etanol			Rata-Rata
	B1 (85%)	B2 (90%)	B3 (95%)	
A1 (12%)	9,69 ^{bc}	9,67 ^b	9,61 ^a	9,65 ^A
A2 (13%)	9,74 ^{cd}	9,72 ^{cd}	9,71 ^{bc}	9,72 ^B
A3 (14%)	9,77 ^{de}	9,75 ^{de}	9,81 ^{fg}	9,77 ^C
A4 (15%)	9,81 ^{fg}	9,80 ^{ef}	9,86 ^g	9,82 ^D
Rata-Rata	9,75	9,73	9,74	

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 atau huruf besar yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Hasil penelitian menunjukkan penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh tidak nyata terhadap nilai pH. Hal ini disebabkan karena penambahan air pada saat pengenceran etanol hanya sedikit dibandingkan dengan penambahan alkali yaitu NaOH yang bersifat basa kuat sehingga etanol tidak mampu memberikan perubahan pH secara signifikan. Menurut Anonim (2013) apabila NaOH yang memiliki sifat basa melarut dalam air maka akan menghasilkan ion hidroksida (OH^-) sehingga dapat mengubah pH larutan. Gugus OH^- inilah yang menyebabkan NaOH memiliki sifat basa kuat yaitu korosif. Etanol yang memiliki pH hampir netral juga penyebab tidak berpengaruhnya pH pada etanol semi padat yang dihasilkan. Siegel (2007) menyatakan gugus hidroksil membuat etanol sedikit basa yaitu 7,33 atau hampir netral dengan pH air murni sebesar 7,00.

Berdasarkan Tabel 3 diatas menunjukkan semakin banyak penambahan konsentrasi NaOH maka semakin meningkat pH dari etanol semi padat. Hal ini disebabkan pembuatan etanol semi padat menggunakan NaOH sebagai alkali yang bereaksi dengan asam lemak bebas, sehingga dapat meningkatkan ion OH^- pada larutan. Natrium hidroksida (NaOH) yang memiliki sifat basa kuat dapat mempengaruhi nilai pH dari etanol semi padat yang dihasilkan. Berdasarkan pernyataan Heaton (1996) bahwa natrium hidroksida (NaOH) dikenal sebagai soda kaustik yang memiliki sifat basa kuat. NaOH ini juga dapat larut pada etanol dan metanol,

walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil dari pada kelarutan KOH.

Tabel 3 menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan penambahan konsentrasi etanol dan NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH etanol semi padat yang dihasilkan sehingga terdapat perbedaan antara kombinasi perlakuan. Tabel 3 menunjukkan perlakuan A_1B_3 berbeda nyata terhadap semua kombinasi perlakuan, hal ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi NaOH hanya 12% dan konsentrasi etanol 95%. Menurut Villela dan Suranyi (1996) dalam Widiyanti (2009) asam lemak (RCOOH) yang bereaksi dengan NaOH akan membentuk sabun (RCOONa) dan air (H_2O). Perlakuan A_4B_3 berbeda tidak nyata terhadap perlakuan A_3B_3 dan A_4B_1 , tetapi berbeda nyata terhadap A_1B_1 , A_1B_2 , A_1B_3 , A_2B_1 , A_2B_2 , A_2B_3 , A_3B_1 , A_3B_2 , dan A_4B_2 . Hal ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi NaOH 15% dan konsentrasi etanol 95% sehingga nilai pH menjadi besar.

Hasil uji regresi menyatakan bahwa faktor etanol memberikan berpengaruh signifikan terhadap nilai pH etanol semi padat, sedangkan faktor NaOH, nilai kalor, pindah panas, residu pembakaran dan viskositas tidak berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi etanol dapat menurunkan nilai pH, karena etanol memiliki pH netral dan mudah menguap apabila dipanaskan. Peningkatan faktor NaOH, nilai kalor, pindah panas, residu pembakaran dan viskositas tidak secara langsung dapat meningkatkan dan menurunkan nilai pH etanol semi padat. Apabila dibandingkan dengan variabel lainnya, faktor NaOH memiliki peranan besar terhadap perubahan pH etanol semi padat yaitu ditandai dengan besarnya koefisien regresi variabel NaOH sebesar 10,76. Hal ini disebabkan karena semakin meningkat konsentrasi NaOH maka akan semakin banyak ion OH^- di dalam larutan.

Uji Pembakaran

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol dan NaOH yang berbeda pada etanol semi padat memberikan pengaruh nyata terhadap residu pembakaran, sedangkan interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap residu pembakaran. Rata-rata residu pembakaran etanol semi padat yang dihasilkan setelah diuji

lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata residu pembakaran etanol semi padat (%)

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Etanol			Rata-Rata
	B1 (85%)	B2 (90%)	B3 (95%)	
A1 (12%)	51,57	48,36	46,42	48,78 ^A
A2 (13%)	54,98	51,88	45,34	50,73 ^{AB}
A3 (14%)	57,28	53,28	47,04	52,53 ^B
A4 (15%)	60,67	56,20	48,98	55,28 ^C
Rata-Rata	56,12 ^C	52,43 ^B	46,94 ^A	

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

Hasil penelitian menunjukkan penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap residu pembakaran. Hal ini disebabkan karena atom karbon pada setiap konsentrasi etanol berbeda-beda sehingga semakin besarnya konsentrasi etanol yang ditambahkan, akan semakin kecil residu pembakaran yang dihasilkan pada pembakaran etanol semi padat. Residu pembakaran merupakan air, minyak dan gel yang terkandung di dalam etanol semi padat setelah habis terbakar. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Riyanti (2009) bahwa gel bioetanol yang dibuat dengan penambahan CMC menghasilkan residu pembakaran terus menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi bioetanol maka jumlah air menjadi lebih sedikit.

Tabel 4 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap residu pembakaran etanol semi padat. Hal ini terjadi karena sifat NaOH yang bereaksi dengan asam lemak bebas berfungsi sebagai pematid dan dapat mengikat air dan etanol dalam proporsi tertentu. Menurut Ketaren (1986) garam natrium dihasilkan dari proses saponifikasi yaitu hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol di dalam NaOH sampai terhidrolisis secara sempurna sehingga menghasilkan produk reaksi berupa garam natrium dengan bentuk padat.

Hasil uji regresi menyatakan bahwa faktor etanol memberikan berpengaruh signifikan terhadap residu pembakaran etanol semi padat, sedangkan faktor NaOH, pH, nilai kalor, pindah panas dan viskositas tidak

berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa atom karbon semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi etanol, sehingga nilai kalor akan semakin meningkat dan dapat menurunkan residu pembakaran. Peningkatan faktor NaOH, pH, nilai kalor, pindah panas dan viskositas tidak secara langsung dapat meningkatkan dan menurunkan nilai pH etanol semi padat. Apabila dibandingkan dengan variabel lainnya, faktor NaOH memiliki peranan besar terhadap perubahan residu pembakaran etanol semi padat yaitu ditandai dengan besarnya koefisien regresi variabel NaOH sebesar 380,35. Hal ini disebabkan karena semakin meningkat konsentrasi NaOH maka akan semakin banyak Na^+ pada larutan, sehingga kepadatan etanol semi padat menjadi tinggi. Pembakaran etanol semi padat yang dilakukan di udara menyebabkan adanya sisa pembakaran, karena oksigen tidak cukup untuk bereaksi dengan karbon pada etanol semi padat. Residu pembakaran ini merupakan bahan-bahan pembuatan etanol semi padat yang tidak lagi dapat terbakar.

Nilai Kalor

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dan etanol yang berbeda serta interaksi antara perlakuan pada pembuatan etanol semi padat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Rata-rata nilai kalor etanol semi padat yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata nilai kalor etanol semi padat (J/g)

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Etanol			Rata-Rata
	B1 (85%)	B2 (90%)	B3 (95%)	
A1 (12%)	21.022 ^{de}	21.344 ^{ef}	21.599 ^{ef}	21.321 ^C
A2 (13%)	20.016 ^{cd}	20.388 ^{cd}	22.519 ^f	20.974 ^C
A3 (14%)	19.311 ^{ab}	19.543 ^{bc}	22.111 ^{ef}	20.321 ^B
A4 (15%)	18.292 ^a	18.652 ^{ab}	21.152 ^{de}	19.365 ^A
Rata-Rata	19.660 ^A	19.981 ^A	21.845 ^B	

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 atau huruf besar yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor yang dihasilkan oleh etanol semi padat. Penambahan konsentrasi etanol memberikan peranan yang besar terhadap nilai kalor yang terkandung didalam etanol semi padat. Nilai kalor etanol semi padat ini dihasilkan dari kandungan kalor etanol sebagai bahan utama dan kalor minyak jelantah sebagai bahan pembuatan etanol semi padat. Hal ini disebabkan karena keberadaan etanol yang memiliki dua atom karbon (C) dan minyak jelantah dari kelapa sawit juga memiliki atom karbon (C) dari asam lemak palmitat sehingga dapat mempengaruhi nilai kalor. Menurut Lloyd dan Visagie (2007) 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.

Tabel 5 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor etanol semi padat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada proses pembakaran di dalam *calorimeter C200* terjadi proses pembakaran secara sempurna sehingga oksigen yang ditambahkan lebih besar dan cukup untuk membakar etanol semi padat hingga habis. Alat *calorimeter C200* membutuhkan oksigen antara 25-30 bar yang diukur menggunakan *oxygen station* sehingga dapat membakar sampel hingga habis. Menurut ASTM (1980) nilai energi atau nilai kalor adalah hasil pembakaran sempurna satu kilogram atau satu satuan bahan bakar atau satu satuan volume.

Tabel 5 menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan penambahan konsentrasi etanol dan NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor etanol semi padat yang dihasilkan sehingga terdapat perbedaan antara kombinasi perlakuan. Tabel 5 menunjukkan perlakuan A_4B_1 berbeda tidak nyata terhadap A_3B_1 dan A_4B_2 , tetapi berbeda nyata terhadap A_1B_1 , A_1B_2 , A_1B_3 , A_2B_1 , A_2B_2 , A_2B_3 , A_3B_2 , A_3B_3 , dan A_4B_3 . Hal ini disebabkan oleh perlakuan A_4B_1 yang menggunakan konsentrasi NaOH 15% dan etanol 85% sehingga nilai kalor semi padat menjadi rendah. Penggunaan NaOH 15% membuat semakin banyaknya garam natrium yang terbentuk. Perlakuan A_2B_3 berbeda tidak

nyata terhadap perlakuan A_1B_3 , A_3B_3 dan A_1B_2 , tetapi berbeda nyata terhadap A_1B_1 , A_2B_1 , A_2B_2 , A_3B_1 , A_3B_2 , A_4B_1 , A_4B_2 , dan A_4B_3 . Hal ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi NaOH 13% dan konsentrasi etanol 95% membuat nilai kalor menjadi lebih besar. Penggunaan NaOH 13% mengakibatkan viskositas etanol semi padat menjadi tidak cair dan tidak padat, sehingga penggunaan konsentrasi etanol 95% yang dapat digunakan untuk bahan bakar mampu meningkatkan nilai kalor.

Hasil uji regresi menyatakan bahwa semua faktor tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor etanol semi padat. Semua faktor pada uji regresi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor etanol semi padat. Semua faktor dapat meningkatkan dan menurunkan nilai kalor secara tidak langsung, tetapi faktor etanol dapat meningkatkan begitu besar nilai kalor dan faktor NaOH dapat menurunkan sangat besar nilai kalor etanol semi padat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasai etanol maka semakin banyak atom karbon bereaksi dengan oksigen sehingga menghasilkan kalor yang dapat meningkatkan pindah panas. Residu pembakaran etanol semi padat juga semakin rendah dengan meningkatnya nilai kalor karena garam natrium akan berkurang seiring pembakaran etanol semi padat. Pengaruh setiap parameter ini dapat dilihat dari angka koefisien regresi. Peningkatan konsentrasi NaOH mengakibatkan kalor yang dilepaskan oleh etanol dan minyak sangat besar untuk membakar habis etanol semi padat, sehingga berpengaruh besar terhadap penurunan nilai kalor.

Panas yang dipindahkan

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol dan natrium hidroksida (NaOH) yang berbeda pada etanol semi padat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pindah panas, sedangkan interaksi antara perlakuan pada pembuatan etanol semi padat memberikan pengaruh tidak nyata terhadap nilai pindah panas yang dihasilkan. Rata-rata nilai pindah panas etanol semi padat yang dihasilkan setelah diuji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata nilai pindah panas etanol semi padat (%)

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Etanol			Rata-Rata
	B1 (85%)	B2 (90%)	B3 (95%)	
A1 (12%)	81,56	90,02	93,84	88,47 ^C
A2 (13%)	76,16	85,19	99,02	86,79 ^C
A3 (14%)	71,61	80,40	91,03	81,01 ^B
A4 (15%)	65,73	74,75	85,57	75,35 ^A
Rata-Rata	73,76 ^A	82,59 ^B	92,36 ^C	

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

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pindah panas yang dihasilkan oleh etanol semi padat. Hal ini disebabkan karena setiap konsentrasi etanol memiliki nilai kalor yang berbeda-beda sehingga pindah panas yang dilepaskan sesuai dengan kalor yang dimiliki oleh etanol semi padat. Besarnya konsentrasi etanol ini menandakan besarnya suhu api dan nilai kalor sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap nilai pindah panas. Perpindahan panas pada penelitian ini dilakukan secara konveksi yaitu terjadi apabila adanya perbedaan suhu sehingga apabila etanol semi dibakar, maka akan mengubah suhu air menjadi lebih tinggi. Suhu api dan nilai kalor akan semakin tinggi seiring dengan pertambahan konsentrasi etanol yang semakin besar. Menurut Buchori (2006) bahwa pada saat air dimasak maka air bagian bawah akan lebih dahulu memanaskan karena adanya tambahan kalor yang berasal dari alat pemanas, menyebabkan suhu air yang berada dekat wadah meningkat.

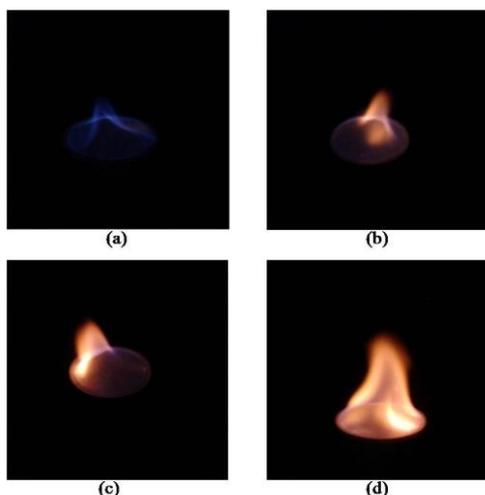
Tabel 6 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pindah panas etanol semi padat. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi NaOH yang bereaksi dengan asam lemak bebas menjadikan perbedaan sifat kepadatan etanol semi padat pada setiap perlakuan. Etanol yang memiliki penguapan tinggi akan terbakar dengan ketersediaan oksigen (O) yang tersedia di udara, sehingga etanol akan habis terbakar dan tidak mampu untuk menguapkan gel, minyak dan air. Hal ini menyebabkan nilai pindah panas akan semakin meningkat seiring

dengan semakin rendahnya konsentrasi NaOH. Menurut Turns (2000) bahwa oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran diperoleh dari udara, dimana udara terdiri dari 21% oksigen dan 78% nitrogen maka terjadi reaksi stoikiometrik pembakaran hidrokarbon murni.

Hasil uji regresi menyatakan bahwa faktor etanol memberikan pengaruh signifikan terhadap pindah panas etanol semi padat, sedangkan faktor nilai kalor, pH, NaOH, residu pembakaran dan viskositas tidak berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasai etanol maka semakin banyak atom karbon yang bereaksi dengan oksigen sehingga kalor yang dilepaskan ke tempat pemanas air semakin besar dan terjadilah perubahan suhu air. Peningkatan faktor nilai kalor, pH, NaOH, residu pembakaran dan viskositas tidak secara langsung dapat meningkatkan dan menurunkan pindah panas etanol semi padat. Apabila dibandingkan dengan variabel lainnya, faktor NaOH memiliki peranan besar terhadap perubahan pindah panas etanol semi padat, yaitu ditandai dengan kecilnya koefisien regresi variabel NaOH sebesar -581,82. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dapat menurunkan begitu besar pindah panas etanol semi padat secara tidak langsung. Hal ini terjadi karena kalor yang dilepaskan oleh etanol dan minyak begitu besar untuk membakar garam natrium pada etanol semi padat.

Warna Api

Warna api pembakaran menandakan komponen-komponen yang terbakar pada bahan bakar. Pengujian warna api pembakaran etanol semi padat ini dilakukan tanpa menggunakan perantara sehingga mungkin api yang dihasilkan akan tidak stabil. Hasil warna api dari pengujian pembakaran etanol semi padat menunjukkan warna yang sama untuk etanol semi padat yang dibuat dari etanol dengan konsentrasi 85%, 90%, 95% dan dengan penambahan NaOH dengan konsentrasi 12%, 13%, 14% dan 15%. Warna api yang muncul yaitu mula-mula biru dan kemudian setelah 30 detik menjadi biru kekuningan hingga 1 menit 30 detik, setelah itu warna api berubah menjadi kuning kebiruan hingga api padam. Hasil warna api etanol semi padat dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Warna api pembakaran etanol semi padat

Hasil pengujian warna api pembakaran etanol semi padat yang berubah-ubah seiring dengan berjalannya pembakaran dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Warna api timbul akibat komponen-komponen pembuatan etanol semi padat pada saat pembakaran yaitu minyak, NaOH dan etanol. Warna api biru awal pembakaran pada gambar (a), disebabkan oleh etanol yang terbakar, sedangkan warna api kuning pada gambar (b), (c) dan (d), muncul akibat jumlah etanol yang berkurang serta pengaruh penambahan NaOH yang bereaksi dengan asam lemak bebas dalam pembuatan etanol semi padat. Semakin besarnya konsentrasi NaOH yang ditambahkan, maka api yang berwarna kuning akan semakin lama terbentuk pada saat proses pembakaran. Sebaliknya, apabila semakin besar konsentrasi etanol, maka api yang berwarna biru akan lebih lama terbentuk selama proses pembakaran. Warna api yang berubah-ubah ini tidak menimbulkan bau dan asap selama pembakaran.

Etanol semi padat ini memiliki api difusi sehingga api pembakaran yang dihasilkan tanpa perantara terjadi karena pencampuran bahan bakar dengan oksigen di udara. Api difusi pada etanol semi padat tidak menghasilkan banyak jelaga karena memiliki api bentuk kerucut kuning kebiruan yang khas dan mudah dikontrol. Menurut Llyod dan Visagie (2007) api difusi cenderung membakar lebih lambat dan dapat menghasilkan jelaga apabila jarak antara bahan bakar dengan alat pemasakan terlalu dekat sehingga tidak terdapat cukup oksigen untuk pembakaran

secara sempurna. Didukung Visser (2003) menyatakan bahwa karakteristik api dari pembakaran secara difusi adalah api yang panjang dan berbentuk menyerupai kerucut. Apabila api difusi terjadi pada sebuah permukaan yang lebih luas, maka akan terbakar secara tidak stabil dan berlidah api banyak.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu penambahan konsentrasi etanol yang berbeda memberikan pengaruh terhadap residu pembakaran, nilai kalor dan pindah panas tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap viskositas dan derajat keasaman (pH). Penambahan konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) yang berbeda memberikan pengaruh terhadap viskositas, derajat keasaman (pH), residu pembakaran, nilai kalor dan pindah panas. Interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh terhadap derajat keasaman (pH) dan nilai kolar tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap viskositas, residu pembakaran, dan pindah panas. Formulasi terbaik sesuai karakteristik viskositas, nilai kalor, dan residu pembakaran adalah etanol semi padat dengan penambahan etanol 95% dan penambahan NaOH 13% yang memiliki viskositas 19.500 cP, nilai kalor 22.519 J/g dan residu pembakaran 45,34%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan desain kompor yang sesuai dengan karakteristik etanol semi padat.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Material (ASTM). 1980. **Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter.** ASTM D 240. Philadelphia.
- Anonim. 2013. **Reaksi-reaksi Asam Basa.** <http://www.otc.its.ac.id/ambilfile.php?idp=1560>. Diakses pada tanggal 21 Desember 2014.
- Ardiana, R.S, dan Irnawati, H.C. 2010. **Pembuatan Gel Fuel Berbahan Dasar Alkohol Dengan Gelling Agent Asam Stearat dan Metil Selulosa.** Skripsi Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Noverber. Surabaya

- Buchori, L. 2006. **Perpindahan Panas (Heat Transfer)**. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Heaton, A. 1996. **An Introduction to Industrial Chemistry**. Edition 3th. New York : Blackie. ISBN 0-7514-0272-9
- Horn, M dan Krupp, F. 2008. **Earth: The Sequel: The Race to Reinvent Energy and Stop Global Warming**. Jurnal of High Technology Law, Suffolk University Law School.
- Kementrian Energi Sumber Daya Mineral. 2012. **Peraturan Menteri ESDM**.
- Ketaren, S. 1986. **Minyak dan Lemak Pangan**. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Lloyd, P.J.D. dan Vissagie, E.D. 2007. **A Comparison of Gel Fuels with Alternatif Cooking Fuel**. Journal of Energy in Southem Afrika, Vol 18 No.3. Agustus 2007. University of Cape Town
- Merdjan, R.E. and Matione, J. 2003. **Fuel Gel**. United State Patents Application Publication No. US 2003/0217504A1.
- Muchtadi, T.R., Sugino, dan F. Ayustaningwarno. 2010. **Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan**. Alfabeta. Bandung.
- Mulyono, T. dan Suneno. 2010. **Pembuatan Ethanol Gel sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif**. Tugas Akhir D3 Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P.G., Setyaningsih, D., Setiadi, S. dan Hendroko, R. 2007. **Bioethanol Ubikayu Bahan Bakar Masa Depan**. Penerbit Agromedia, Jakarta.
- Riyanti, A. 2009. **Kajian Produksi Gel Bioetanol dengan Menggunakan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) Sebagai Bahan Pengental**. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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.
- Siegel, R. 2007. **Ethanol, The Future is Now**. www.npr.org. Diakses pada tanggal 5 Januari 2015.
- Sudarmadji S., H Bambang dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Susinggih, W., Arif, H., dan Nur, H. 2005. **Mengolah Minyak Goreng Bekas**. Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Turn, S.R. 2000. **An Introduction To Combustion : Concept and Applications 2nd Edition**. McGraw-Hill Book Company. Singapura
- Visser, P dan Utira, B. 2003. **Ethanol Gel as Domestic Fuel : Final Report**. Biomass Technology Group BV. University of Twente dan World Bank Regulation Program for the Traditional Energy Sector.
- Widiyanti, Y. 2009. **Kajian Pengaruh Jenis Minyak Terhadap Mutu Sabun Transparan**. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yoeswono, Triyono, dan Tahir, I. 2007. **The Use of Ash of Palm Empty Fruits Bunches as a Source of K₂CO₃ Catalayst for Synthesis of Biodisel from Coconut Oil with Methanol**. Proceeding International Conference of Chemical Science. Yogyakarta.