

PEMBUATAN BIOETANOL GEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PENGGANTI MINYAK TANAH

Indra Triaswati dan Lani Nurhayanti
Dosen Pembimbing Luqman Buchori, ST, MT

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50239

Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang potensial karena sumbernya mudah diperbaharui. Namun penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah dirasa masih jarang. Hal ini disebabkan pabrik yang memproduksi bioetanol terbatas dan terkendala saat pendistribusiannya yaitu mudah tumpah. Selain itu, bioetanol yang berwujud cair lebih beresiko mudah tumpah dan mudah meledak karena sifatnya yang volatil. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka bioetanol cair diubah menjadi bioetanol gel. Penelitian ini bertujuan mencari pengaruh air dan carbopol terhadap flash point, nilai kalor, dan viskositas bioetanol gel yang dihasilkan. Variabel kendali dalam penelitian ini adalah bioetanol 90% (berat); waktu pengadukan 1 jam dan variabel berubahnya adalah carbopol 0,85% ; 1,05% ; 1,25% (% berat) dan air 7,5% ; 7,9% ; 8,3% (% berat). Data pada penelitian ini akan diproses dengan menggunakan Metode Respon Permukaan sehingga diperoleh hasil berupa pengaruh masing – masing variabel terhadap bioetanol yang dihasilkan dan kondisi operasi optimum. Dari penelitian diperoleh, flash point dipengaruhi oleh persentase air dan persentase carbopol; nilai kalor dipengaruhi oleh persentase air, persentase carbopol, dan interaksi keduanya; viskositas dipengaruhi oleh carbopol. Nilai flash point optimum 21 °C dan nilai kalor optimum 4000 cal/g diperoleh pada kondisi operasi persentase air 7,9 % dan persentase carbopol 1,09 %.

Kata kunci: bioetanol, gel, bahan bakar

Abstract

Bioethanol is an alternative potential fuel because of its source can be regenerated. However, the use of bioethanol as fuel to substitute the kerosene is still rare. It is because the plant that produce bioethanol still limit and the obstacle when distribute it which is easy to spill out. Beside that, liquid bioethanol has high risk to spill out and to explode because of its volatility property. For solving the problem, liquid bioethanol will be changed to gelled one. The objectives of this research are to learn the influence of water and carbopol to flash point, heat value and viscosity of gelled bioethanol. Controlled variables in this research are bioethanol 90% (weight) ; mixing time an hour and dependent variables are carbopol 0,85%;1,05%;1,25% (% weight) and water 7,5%;7,9%;8,3% (% weight) .The data will be processed by using Response Surface Methodology (RSM) so it will gain the result such as the influence of each variables to the formed bioethanol gell and the optimum operation condition. From the research it was found that the flash point was influenced by the percentage of water and percentage of carbopol; heat value was influenced by the percentage of water, percentage of carbopol and the interaction within it; viscosity was influenced by the percentage of carbopol. The optimum value of flash point, 21 °C and the optimum value of heat value, 4000 cal/g was achieved when the the percentage of water was 7,9 % and the percentage of carbopol was 1,09 %.

Keywords : bioethanol, gel, fuel

PENDAHULUAN

Bahan Bakar Minyak (BBM) sudah menjadi bagian dari kebutuhan masyarakat. BBM menjadi kebutuhan yang sangat penting dan paling dicari oleh masyarakat. Terutama minyak tanah, hampir semua lapisan masyarakat menggunakan minyak tanah. Namun karena deposit minyak bumi Indonesia hanya tinggal 20 tahun maka harus dicari bahan bakar alternatif lain yang dapat menggantikan minyak tanah (Siagian, 2007). Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang potensial karena sumbernya mudah diperbaharui. Namun ada beberapa kendala yang harus dihadapi agar bioetanol dapat digunakan oleh masyarakat secara luas. Yaitu bioetanol hanya diproduksi di daerah tertentu, tidak setiap daerah terdapat produsen bioetanol. Bioetanol yang berbentuk cair beresiko tumpah saat didistribusikan ke daerah lain. Hal ini disebabkan biasanya bioetanol didistribusikan dalam drum-drum yang kurang aman dalam pengangkutannya (jika dibandingkan pengangkutan minyak tanah oleh Pertamina yang dimasukkan dalam tangki). Selain itu, bioetanol yang berwujud cair lebih beresiko mudah tumpah dan mudah meledak karena sifatnya yang volatil. Oleh karena itu bioetanol cair diubah menjadi bioetanol gel yang lebih aman dalam proses pengangkutan dan penggunaannya.

Bioetanol gel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar alternatif lainnya yaitu selama pembakaran gel tidak berasap, tidak berjelaga, tidak mengemisikan gas berbahaya, non karsinogenik, non korosif. Bentuknya yang gel memudahkan dalam pengemasan dan dalam pendistribusian. Bioetanol gel sangat cocok digunakan untuk memasak, dibawa pada saat berkemah dll (Merdjan and Matione, 2003).

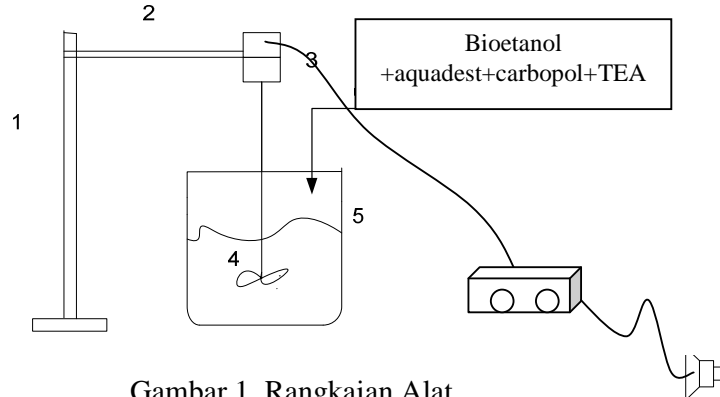
Untuk membuat bioetanol gel dibutuhkan pengental berupa tepung, seperti kalsium asetat, atau pengental lainnya seperti xanthan gum, carbopol EZ-3 polymer, dan berbagai material turunan selulosa (Tambunan, 2008). Untuk pengental jenis polimer carboxy vinyl seperti carbopol dibutuhkan air untuk membentuk struktur gel yang diinginkan.

Penambahan pengental dan air saat pembuatan bioetanol gel sangat mungkin mempengaruhi sifat fisik bioetanol gel yang dihasilkan. Sifat fisik yang mungkin terpengaruh antara lain flash point, nilai kalor dan viskositas. Namun data – data mengenai flash point, nilai kalor dan viskositas bioetanol gel masih sulit ditemui di literatur. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mencari pengaruh carbopol dan air terhadap flash point, nilai kalor, dan viskositas bioetanol gel yang dihasilkan sehingga didapat kondisi operasi optimum dalam pembuatan bioetanol gel.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioetanol dengan kadar 70 %, air, trietanolamine (TEA), carbopol.

Peralatan penelitian yang digunakan antara lain statif, klem, beaker glass ukuran 2 liter, pengaduk, motor pengaduk, regulator, gelas ukur 10 ml, gelas ukur 500 ml dan timbangan. Adapun rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat

Variabel kendali dalam penelitian ini adalah bioetanol 90% massa dari campuran bioetanol gel (400 g bioetanol = 500 ml bioetanol) dan waktu pengadukan 1 jam Variabel yang dipilih sebagai variabel berubah adalah % carbopol (% massa dari campuran bioetanol gel) (level bawah=0,85%, level tengah=1,05% dan level atas=1,25%), dan % air (% massa dari campuran bioetanol gel) (level bawah=7,5%, level tengah=7,9%, dan level atas=8,3%). Percobaan dirancang dengan metode Central Composite Design menggunakan program STATISTICA 6 dengan jumlah run sebanyak 10 kali.

Prosedur kerja proses dimulai dengan mengaduk bioetanol dan air sambil menambahkan carbopol dengan perlahan-lahan. Lalu menambahkan trietanolamine setelah carbopol larut dengan jumlah yang sama dengan carbopol. Pengadukan dilanjutkan selama 1 jam dan bioetanol gel terbentuk. Kemudian menganalisa flash point, nilai kalor, dan viskositasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Persentase Air dan Carbopol terhadap Flash Point

Bioetanol gel yang dihasilkan dianalisa nilai flash point-nya. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Analisa Nilai Flash Point

| Run | carbopol(% massa) | Air (%massa) | Flash Point (⁰ C) |
|-----|-------------------|--------------|----------------------------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 17,9 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 18,6 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 18,3 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 19,8 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 18,7 |
| 6 | 1,33 | 7,9 | 19,7 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 19,7 |
| 8 | 1,05 | 8,46 | 18,8 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 20,7 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 21,4 |

Aplikasi Metode Respon Permukaan menghasilkan persamaan model matematis yang merupakan hubungan empiris nilai flash point dengan variabel percobaan yang diberi kode X_1 dan X_2 , dengan X_1 adalah persentase carbopol dan X_2 adalah persentase air. Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan model matematis sebagai berikut :

$$Y = 21,050 + 0,37678 X_1 - 1,06875 X_1^2 + 0,11590 X_2 - 1,04375 X_2^2 + 0,200 X_1 X_2$$

Hasil prediksi dengan persamaan model matematis dibandingkan dengan hasil analisa tersaji dalam tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Hasil Analisa dengan Hasil Prediksi untuk Flash Point

| Run | X_1 (%) | X_2 (%) | Y_o (⁰ C) | Y_p (⁰ C) |
|-----|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 17,9 | 18,6 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 18,6 | 18,5 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 18,3 | 18,9 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 19,8 | 19,6 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 18,7 | 18,4 |
| 6 | 1,33 | 7,9 | 19,7 | 19,4 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 19,7 | 18,8 |
| 8 | 1,05 | 8,46 | 18,8 | 19,1 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 20,7 | 21,1 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 21,4 | 21,1 |

Keterangan :

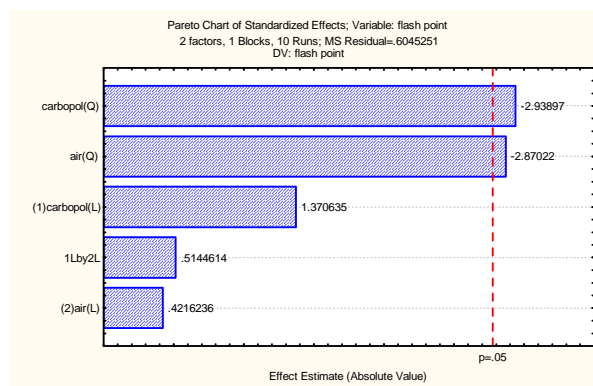
X_1 = persentase carbopol (%)

X_2 = persentase air (%)

Y_o = nilai flash point hasil analisa ($^{\circ}C$)

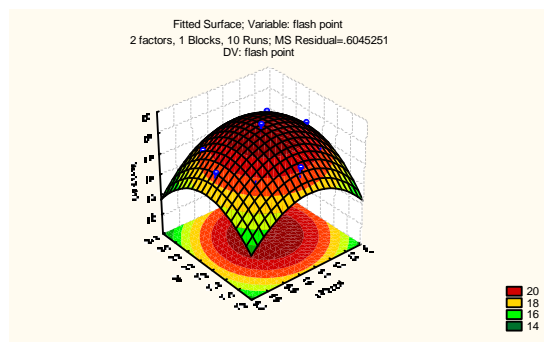
Y_p = nilai flash point hasil prediksi ($^{\circ}C$)

Data tersebut kemudian diolah dengan metode *central composit design* dari program Statistica 6 untuk mengetahui pengaruh dari variabel – variabel yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.

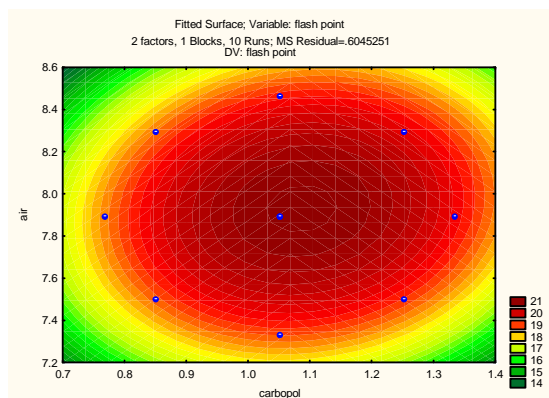


Gambar 2 Diagram Pareto untuk Analisa Flash Point

Dari gambar 2 (Pareto Chart) variabel yang berpengaruh adalah carbopol(Q), air(Q). Kedua variabel tersebut dicari kondisi operasi optimumnya dengan menggunakan grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan. Grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan dari ketiga variabel tersebut bisa dilihat di gambar 3 dan 4.



Gambar 3. grafik optimasi 3D % carbopol vs % air untuk nilai flash point



Gambar 4 grafik kontur permukaan untuk nilai flash point

Grafik optimasi dan kontur permukaan di atas menunjukkan pengaruh persentase carbopol dan air terhadap nilai flash point. Terlihat bahwa nilai flash point optimum (21°C) tercapai pada persentase carbopol 1,09 % dan persentase air 7,9 %. Carbopol merupakan polimer yang bersifat hidrofilik yang dapat menyerap dan menahan air dalam jaringan polimernya. Carbopol akan mengembang dalam air 1000 kali lebih besar dari volume semula dan 10 kali dari diameter semula untuk membentuk struktur gel (Hosmani, 2006). Struktur gel akan menurunkan volatilitas bioetanol sehingga nilai flash point-nya akan naik. Air merupakan materi yang tidak bisa terbakar sehingga keberadaannya dalam bioetanol akan menaikkan nilai flash point bioetanol. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa persentase carbopol dan persentase air mempengaruhi flash point

Pengaruh Persentase Air dan Carbopol terhadap Nilai Kalor

Bioetanol gel yang dihasilkan dianalisa nilai kalor-nya. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Hasil Analisa Nilai Kalor

| Run | carbopol(% massa) | Air (%massa) | Nilai Kalor (cal/g) |
|-----|-------------------|--------------|------------------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 3889,815 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 4015,245 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 4060,58 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 3989,7 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 3998,025 |
| 6 | 1,33 | 7,9 | 3946,605 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 4049,415 |

| | | | |
|-----------|------|------|----------|
| 8 | 1,05 | 8,46 | 3970,655 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 3966,72 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 4041,99 |

Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan model matematis sebagai berikut :

$$Y = 4004,355 + 9,063 X_1 - 16,605 X_1^2 - 7,104 X_2 + 2,257 X_2^2 - 49,077 X_1 X_2$$

Hasil prediksi dengan persamaan model matematis dibandingkan dengan hasil analisa tersaji dalam tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Analisa dengan Hasil Prediksi untuk Nilai Kalor

| Run | X_I (%) | X₂ (%) | Y_o (cal/g) | Y_p (cal/g) |
|------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 3889,815 | 3938,971 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 4015,245 | 4022,918 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 4060,58 | 4055,252 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 3989,7 | 3942,889 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 3998,025 | 3858,328 |
| 6 | 1,33 | 7,9 | 3946,605 | 3983,962 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 4049,415 | 4018,917 |
| 8 | 1,05 | 8,46 | 3970,655 | 3998,823 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 3966,72 | 4004,355 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 4041,99 | 4004,355 |

Keterangan :

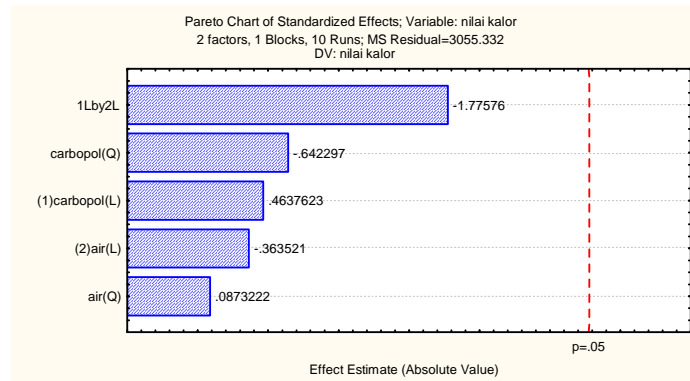
X_I = persentase carbopol (%)

X₂ = persentase air (%)

Y_o = nilai kalor hasil analisa (cal/g)

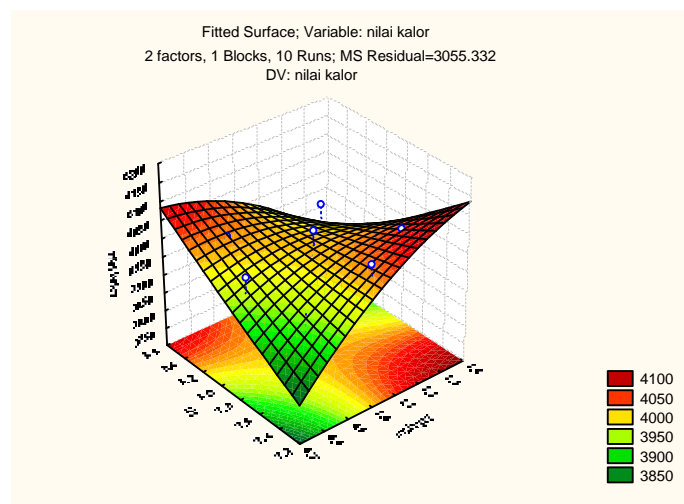
Y_p = nilai kalor hasil prediksi (cal/g)

Data tersebut kemudian diolah dengan metode *central composit design* dari program Statistica 6 untuk mengetahui pengaruh dari variabel – variabel yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.

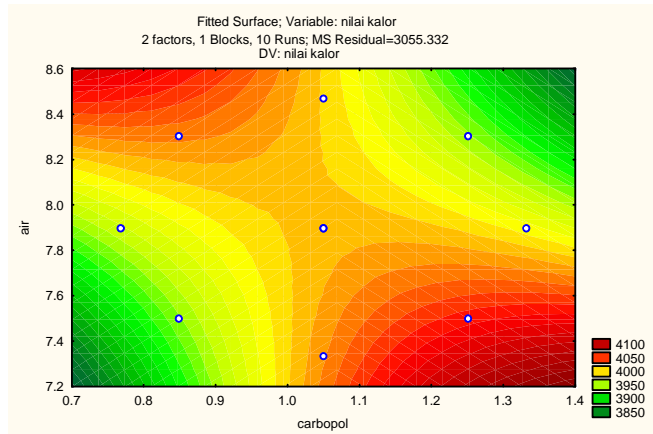


Gambar 5. Diagram Pareto untuk Analisa Nilai Kalor

Dari gambar 5. (Pareto Chart) variabel yang berpengaruh adalah (1) carbopol(L), (2)air(L), carbopol (Q), air(Q), dan 1L by 2L. Dari gambar 5 (grafik pareto) terlihat bahwa tidak ada variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai kalor atau kedua variabel sama-sama memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor. Oleh karena itu kedua variabel tersebut harus dicari kecenderungannya dan kondisi operasi optimumnya dengan menggunakan grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan. Grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan dari ketiga variabel tersebut bisa dilihat di gambar 6. dan 7.



Gambar 6. grafik optimasi 3D % carbopol vs % air untuk nilai kalor



Gambar 7. grafik kontur permukaan untuk nilai kalor

Grafik optimasi dan kontur permukaan di atas menunjukkan pengaruh persentase carbopol dan air terhadap nilai kalor. Terlihat bahwa nilai kalor optimum (4000 cal/g) tercapai pada persentase carbopol 1,09 % dan persentase air 7,9 %. Kandungan air pada bioetanol gel berpengaruh pada laju pembakarannya dimana kandungan air pada suatu bahan bakar akan menurunkan nilai kalornya. Carbopol juga mempengaruhi nilai kalor. Hal ini disebabkan karena carbopol sebagai *gelling agent* merupakan gabungan molekul-molekul dan lilitan-lilitan dari polimer molekul yang akan berikatan melalui ikatan silang membentuk struktur jaringan tiga dimensi dengan molekul pelarut terperangkap dalam jaringan ini. Dengan kata lain bioetanol juga ikut terperangkap dalam ikatan polimer molekul carbopol, sehingga kalor yang dihasilkan oleh bioetanol gel semakin menurun. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa persentase carbopol, persentase air dan interaksi keduanya mempengaruhi nilai kalor.

Pengaruh Persentase Air dan Carbopol terhadap Flash Point

Bioetanol gel yang dihasilkan dianalisa nilai viskositas-nya. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Viskositas

| Run | carbopol(% massa) | Air (%massa) | Viskositas(cps) |
|-----|-------------------|--------------|-----------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 17.400 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 24.900 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 55.800 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 55.700 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 21400 |

| | | | |
|-----------|------|------|--------|
| 6 | 1,33 | 7,9 | 72.900 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 41200 |
| 8 | 1,05 | 8,46 | 40600 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 40200 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 42000 |

Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan model matematis sebagai berikut :

$$Y = 41.100 + 17.754 X_1 + 1631,25 X_1^2 + 818,93 X_2 - 1.49375 X_2^2 - 1.900 X_1 X_2$$

Hasil prediksi dengan persamaan model matematis dibandingkan dengan hasil analisa tersaji dalam tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Analisa dengan Hasil Prediksi untuk Viskositas

| Run | X₁ (%) | X₂ (%) | Y_o (cps) | Y_p(cps) |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 0,85 | 7,5 | 17.400 | 20.764,57 |
| 2 | 0,85 | 8,3 | 24.900 | 26.202,43 |
| 3 | 1,25 | 7,5 | 55.800 | 60.072,57 |
| 4 | 1,25 | 8,3 | 55.700 | 57.910,43 |
| 5 | 0,76 | 7,9 | 21.400 | 19.254,55 |
| 6 | 1,33 | 7,9 | 72.900 | 69.470,45 |
| 7 | 1,05 | 7,33 | 41.200 | 36.954,35 |
| 8 | 1,05 | 8,46 | 40.600 | 39.270,65 |
| 9 | 1,05 | 7,9 | 40.200 | 41.100 |
| 10 | 1,05 | 7,9 | 42.000 | 41.100 |

Keterangan :

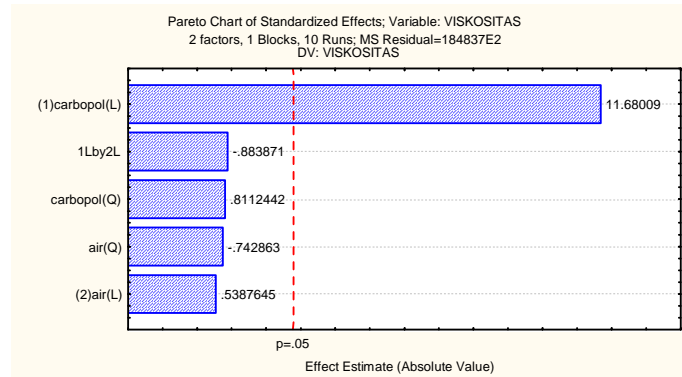
X₁ = persentase carbopol (%)

X₂ = persentase air (%)

Y_o = nilai viskositas hasil analisa (cps)

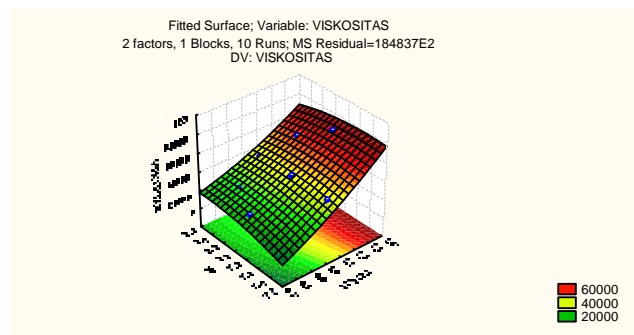
Y_p = nilai viskositas hasil prediksi (cps)

Data tersebut kemudian diolah dengan metode *central composit design* dari program Statistica 6 untuk mengetahui pengaruh dari variabel – variabel yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 8.

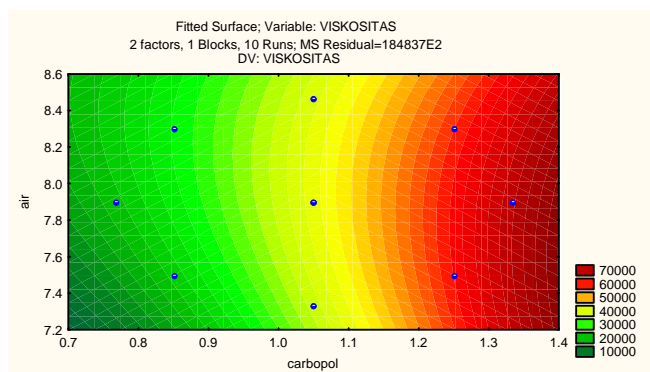


Gambar 8. Diagram Pareto untuk Analisa Viskositas

Dari gambar 8 (Pareto Chart), variabel yang berpengaruh (1) carbopol (L). Kedua variabel tersebut dicari kondisi operasi optimumnya dengan menggunakan grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan. Grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan dari ketiga variabel tersebut bisa dilihat di gambar 9. dan 10.



Gambar 9. grafik optimasi 3D % carbopol vs % air untuk viskositas



Gambar 10 . grafik kontur permukaan untuk viskositas

Grafik optimasi dan kontur permukaan di atas menunjukkan pengaruh persentase carbopol dan air terhadap viskositas .Terlihat bahwa viskositas hanya dipengaruhi oleh carbopol. Namun dari grafik optimasi dan kontur permukaan belum terlihat nilai optimumnya. Hali ini dikarenakan persentase carbopol yang digunakan sebagai variabel kurang besar,

sehingga nilai viskositas optimum belum tercapai. Oleh karena itu untuk membuat bioetanol gel dengan nilai viskositas optimum diperlukan persentase carbopol lebih dari 1,4 %. Semakin banyak carbopol yang ditambahkan maka semakin banyak polimer yang saling berikatan membentuk ikatan tiga dimensi yang merangkap molekul pelarut. Carbopol akan mengembang dalam air 1000 kali lebih besar dari volume semula dan 10 kali dari diameter semula (Hosmani, 2006). Semakin banyak carbopol maka viskositas bioetanol gel yang dihasilkan akan semakin besar.

Perbandingan Nilai Kalor Bioetanol Cair dan Bioetanol Gel

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan bom kalorimeter didapatkan nilai kalor bioetanol cair adalah 4918,66 cal/g dan nilai kalor bioetanol gel adalah 3992,875 cal/g. Terlihat bahwa terjadi penurunan nilai kalor pada bioetanol. Nilai kalor bioetanol gel lebih kecil daripada nilai kalor bioetanol cair. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan bioetanol gel ditambahkan air. Kandungan air pada suatu bahan bakar akan menurunkan nilai kalornya. Selain itu ditambahkan pula carbopol sebagai *gelling agent*. Carbopol merupakan gabungan molekul - molekul dan lilitan -lilitan dari polimer molekul yang akan berikatan melalui ikatan silang membentuk struktur jaringan tiga dimensi dengan molekul pelarut terperangkap dalam jaringan ini. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai kalor pada bioetanol gel disebabkan karena penambahan air dan carbopol

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

flash point dipengaruhi oleh persentase air dan persentase carbopol; nilai kalor dipengaruhi oleh persentase air, persentase carbopol, dan interaksi keduanya; viskositas dipengaruhi oleh carbopol. Nilai flash point optimum 21 °C dan nilai kalor optimum 4000 cal/g diperoleh pada kondisi operasi persentase air 7,9 % dan persentase carbopol 1,09 %.

Saran

Pada saat akan memasukkan triethanolamine, pastikan carbopol sudah tercampur sempurna dengan bioetanol dan air karena akan berpengaruh dalam pembentukan struktur gel. Sebelum menggunakan alat viscometer, perlu melakukan studi pustaka tentang kisaran viskositas dari sampel yang akan dianalisa guna menentukan spindel dan kecepatan putar yang tepat. Sebelum melakukan penelitian optimasi, lakukan penelitian pendahuluan untuk

mendapatkan rentang nilai variabel yang tepat. Bioetanol disimpan pada wadah yang tertutup rapat karena sifatnya yang mudah menguap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Luqman Buchori, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan, dan koreksi sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan. Serta semua pihak yang telah banyak membantu terselesainya laporan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. Teknologi Biogas.<http://www.balipos.co.id>.(15 Maret 2009).
- Effendi,A. 2008. Simpul untuk Keadilan dan Demokrasi.<http://www.prakarsa-rakyat.org> .(18 Maret 2009).
- Hosmani,A.H. 2006. Carbopol and its Pharmaceutical Significance. www.pharmainfo.net.(20 Mei 2009).
- Kartana,S.2008. Mengolah Sampah Organik Menjadi Briket. <http://www.digilib-ampl.net>. (19 Maret 2009).
- Merdjan,R. E. and Matione, J. 2003. Fuel Gel. United State Patents Application Publication No. US 2003/0217504A1.
- National Institute for Occupational Safety and Health.1998. International Chemical Safety Cards.<http://www.cdc.gov>.(19 Maret 2009).
- Nurdyastuti, I.2005.Teknologi Proses Produksi Bioetanol.<http://www.geocities.com> (17 Maret 2009).
- Siagian, R. 9 maret 2007. Soal Konversi Minyak Tanah Pemerintah Terlalu Ambisius. Suara Merdeka.
- Tambunan, L. A. Bioetanol Antitumpah.Trubus.2008.vol XXXIX.pp.24-25.