

Pengaruh penambahan bahan pengental pembuatan bioetanol gel dan uji perpindahan panas dengan simulasi ansys fluent16

Novia*, Dhika Uljanah, Eko Safitri

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Inderalaya-Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662
Email: noviasumardi@yahoo.com

Abstrak

Bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yang memiliki potensi untuk di kembangkan di Indonesia adalah bioetanol. Bioetanol merupakan *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yang dihasilkan dari proses fermentasi. Sifat fisik bioetanol yang berbentuk cairan menyebabkan bioetanol mudah tumpah saat pendistribusian. Penelitian ini mengkonversikan bioethanol cair menjadi berbentuk gel dengan adanya penambahan *thickening agent*. Larutan bioetanol (70%) akan ditambahkan bahan pengental CMC dan *Carbopol* dengan variasi penambahan 1,0;1,2 ; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 gram. Bioetanol gel dengan bahan pengental CMC dan *Carbopol* menghasilkan spesifikasi yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan pengental CMC menghasilkan formulasi terbaik saat penambahan 1,8 gram viskositas 75,7288 m.Pa/s dan residu pembakaran 5,3%. Sementara bahan pengental *Carbopol* menghasilkan formulasi terbaik pada penambahan 2,0 gram dengan viskositas 102,443 m.Pa/s dan residu pembakaran 0,6%.

Kata Kunci: Bioetanol gel, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), *Carbopol*

Abstract

Bioethanol is a biofuel which an environmentally friendly alternative fuel which produced by the fermentation process. Physical properties of liquid bioethanol causes bioethanol easily to spill during the distribution. This research converted liquid bioethanol into gel form with addition of thickening agent. Bioethanol solution (70%) will be added CMC and Carbopol thickening agents with variations of addition of 1.0; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8; 2.0 grams. Bioethanol gel with thickening agent of CMC and Carbopol produces different specifications. The results of this research indicated that amount of addition thickening agent using CMC produced the best formulation at 1.8 gram with viscosity 75,7288 m.Pa/s and burning residue 5,3%. While the amount of addition Carbopol of thickener produces the best formulation at the addition of 2.0 gram with viscosity 102,443 m.Pa/s and burning residue 0,6%.

Keywords: *Bioethanol gel, Carboxymethyl Cellulose (CMC), Carbopol*

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan bahan bakar fosil yang menjadi salah satu bagian dari kebutuhan masyarakat yang sangat penting dalam memenuhi berbagai kebutuhan mulai dari kendaraan serta kebutuhan dapur rumah tangga dan lain-lainnya. Bahan bakar untuk kebutuhan dapur rumah tangga seperti minyak tanah, masih banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia terutama di pedesaan sebagai bahan bakar di dapur mereka. Dari tahun ke tahun bahan bakar minyak bumi terus mengalami penurunan atau semakin menipis sehingga perlu dicarinya solusi

untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan ada nya bahan bakar alternatif. Minyak tanah adalah salah satu bahan bakar fosil yang di hasilkan dari minyak bumi, bahan bakar tersebut terus mengalami penurunan sedangkan kebutuhan akan bahan bakar terus meningkat di kalangan masyarakat Indonesia.

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang memiliki potensi untuk dikembangkan di Indonesia karena bahan bakunya melimpah. Namun terdapat beberapa kendala dalam penggunaan bioetanol oleh masyarakat, diantaranya adalah produksi bioetanol secara

komersil hanya ada di daerah tertentu. Transportasi bioetanol ke daerah tertentu akan beresiko karena rawan tumpah jika tidak diletakkan dengan benar. Bahan bakar bioetanol juga mudah meledak dan memiliki sifat volatil yang tinggi. Metode pendistribusian bioetanol biasanya menggunakan drum sehingga dapat dikategorikan kurang *safety* jika dibandingkan dengan pendistribusian minyak tanah oleh Pertamina menggunakan tangki. Wujud dari bioetanol yang berbentuk *liquid* rentan tumpah sehingga bioetanol tersebut dapat diubah wujudnya menjadi gel agar aman untuk ditransportasikan serta lebih efektif. Beberapa kelebihan lain yang terdapat pada bioetanol gel adalah ketika dibakar tidak menghasilkan asap dan jelaga serta gas hasil dari pembakarannya tidak berbahaya serta tidak karsinogenik dan korosif. Bioetanol berbentuk gel lebih mudah dikemas sesuai dengan peruntukannya, seperti sebagai bahan bakar pengganti spiritus untuk memasak maupun lampu.

Proses pengubahan bahan bakar bioetanol menjadi gel, dapat dilakukan dengan menambahkan bahan pengental yang biasa dikenal dengan *thickening agent*. Bahan pengental tersebut akan mengubah struktur bioetanol yang semula *liquid* menjadi gel. Penelitian terdahulu telah menggunakan bahan pengental atau *thickening agent* berupa kalsium asetat untuk menghasilkan bioetanol yang berwujud gel (Tiara, Barika dan Novia, 2016). Pada penelitian ini akan dilihat keefektifan *thickening agent* berupa zat kimia *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan Carbopol sehingga akan di dapat bahan bakar bioetanol gel yang lebih baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini pembuatan bioethanol gel menggunakan variabel bebas yaitu jenis bahan pengental (CMC dan carbopol), massa penambahan pengental (1,0 ; 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 ; 2,0 gram).

1. Pembuatan Bioetanol Gel dengan Penambahan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC)
 - a) Menimbang *Carboxymethyl Cellulose* sebanyak 1,0 ; 1,2 ; 1,4 ; 1,6; 1,8 ; 2,0 gram.
 - b) Kemudian melarutkan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) ke dalam *aquadest* sebanyak 50 ml untuk setiap sampel.
 - c) Diaduk dengan menggunakan magnetik stirer hingga larut dan tidak menggumpal.
 - d) Kemudian campuran *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan *aquadest* tersebut ditambahkan sebanyak 100 ml bioetanol

dengan kadar 70% dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 1000 rpm selama 30 menit hingga membentuk gel yang homogen.

2. Pembuatan Bioetanol Gel dengan Penambahan *Carbopol*
 - a) Menimbang *Carbopol* sebanyak 1,0 ; 1,2 ; 1,4 ; 1,6; 1,8 ; 2,0 gram
 - b) Kemudian melarutkan *Carbopol* sedikit demi sedikit (sesuai dengan variasi berat penambahan *Carbopol*) ke dalam larutan bioetanol kadar 70% sebanyak 100 ml.
 - c) Pengadukan dilakukan pada kecepatan putaran 1000 rpm selama 30 menit hingga homogen.
3. Uji Analisa Sampel
 - 1) Uji Analisa Viskositas
 - a) Dilakukan analisa untuk masing-masing sampel bioetanol gel dengan menggunakan alat viskometer.
 - b) Kemudian amati dan catat hasil yang di dapatkan.
 - 2) Uji Panas yang di Pindahkan
 - a) Memasukkan 100 ml air kedalam beker gelas dan mengukur suhu awal air tersebut.
 - b) Kemudian bioetanol gel sebanyak 15 gram dimasukkan dalam cawan porselin dan dibakar untuk memanaskan air dalam beker gelas.
 - c) Mencatat suhu akhir air di dalam beker gelas setelah bioetanol gel sudah tidak terbakar lagi.
 - d) Selanjutnya di lakukan perhitungan jumlah panas yang di pindahkan.
 - e) Melakukan simulasi ansys sesuai dengan data percobaan untuk mengetahui persebaran temperatur yang terjadi di dalam air beker gelas pada hasil yang terbaik dan berdasarkan lama waktu nyala apinya.
 - 3) Uji Pembakaran (Residu Pembakaran)
 - a) Mengambil 15 gram sampel bioetanol gel dan di bakar di dalam cawan porselin tahan panas.
 - b) Kemudian lakukan perhitungan residu pembakaran untuk mengetahui hasil uji pembakaran bioetanol tersebut.
 - 4) Analisa Warna dan Stabilitas Nyala Api
 - a) Mengambil bioetanol gel sebanyak 15 gram lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin dan di bakar
 - b) Amati warna nyala api dan stabilitas nyala api dari hasil pembakaran bioetanol gel tersebut.

- 5) Analisa Lama Waktu Nyala Api
 - a) Mengambil 15 gram sampel bioetanol gel kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin
 - b) Menyiapkan *stopwatch* yang akan digunakan selama pembakaran.
 - c) Membakar bioetanol gel tersebut, bersamaan dengan menghidupkan *stopwatch*.
 - d) Mematikan *stopwatch* apabila bioetanol gel sudah mulai terbakar
- 5) Analisa Lama Waktu Nyala Api
 - a) *Pre-processing*, membuat geometri beker gelas 100 ml dan fluida air di dalamnya dengan diameter 5 cm dan tinggi 7 cm. Berikut *setting meshing* yang dilakukan:

Tabel 1. Spesifikasi *Setting Meshing*

<i>Material</i>		
Fluid/Solid	<i>Defined by Geometry (Solid)</i>	
<i>Bounding Box</i>		
Length X	$4,9e-002\ m$	$5e-002\ m$
Length Y	$5,4065e-002\ m$	$7e-002\ m$
Length Z	$4,9e-002\ m$	$5e-002\ m$

- b) *Processing* atau *Solving*, menentukan parameter penelitian proses fenomena aliran berubah terhadap waktu atau *transient*. Input data nilai kalor Bio-CMC 182.801 cal/s dan Bio-Carbopol 91.720 cal/s
- c) *Post-processing*, berupa plot vektor temperatur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Warna Nyala Api

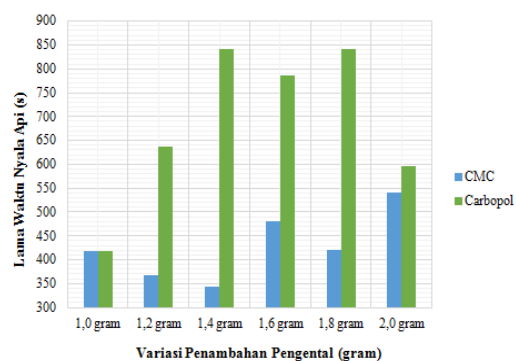
Dari 12 sampel yang telah diujikan, sampel yang menggunakan bahan pengental dari carbopol menghasilkan warna nyala api dominan kebiruan. Hal tersebut disebabkan oleh tercampur dan terbakarnya carbopol dan bioetanol secara homogen dan tidak terlihat jelaga maupun sisa pembakaran yang tertinggal pada cawan. Sehingga pembakarannya pun terjadi secara sempurna. Namun, pada bioetanol gel yang menggunakan bahan pengental dari CMC menghasilkan warna api dominan kemerahan. Hal tersebut disebabkan oleh terbakarnya kadar CMC yang tercampur tidak secara homogen. Dan terdapat jelaga kecoklatan tertinggal pada cawan yang merupakan sisa pembakaran bioetanol gel. Serta terdapat kandungan air yang menguap saat proses pembakaran terjadi.

Analisa Stabilitas Nyala Api

Stabilitas nyala api dari pembakaran bioetanol gel dengan menggunakan pengental dari CMC rata-rata menghasilkan *medium* dan *low* stabil nyala api. Dimana keadaan api tersebut tidak menyala dengan tetap. Diawal pembakaran, nyala api dihasilkan warna biru kemudian berubah-ubah menjadi biru kemerahan maupun kekuningan. Hal tersebut ditimbulkan karena komponen pembuatan bioetanol gel yang terdiri air, CMC dan 70% bioetanol. Dimana terjadi penguapan air pada proses pembakaran bioetanol yang menghasilkan warna nyala api yang berubah-ubah. Namun pada pembakaran bioetanol gel yang terdiri dari komponen carbopol dan 70% bioethanol menghasilkan *high* dan *medium* stabil pada nyala api yang dihasilkan. Pada proses pembakaran nyala api biru yang dihasilkan cenderung tetap, tidak berubah-ubah. Dibandingkan dengan bioetanol gel dengan pengental CMC, karena bioetanol gel dengan pengental carbopol tidak terdapat komposisi air, sehingga stabilitas nyala api tetap.

Analisa Lama Waktu Nyala

Lama waktu nyala api yang dilakukan pada penelitian ini merupakan perhitungan lama waktu nyala api awal pada pembakaran bioetanol gel hingga habis terbakar dan tidak menghasilkan nyala api kembali.



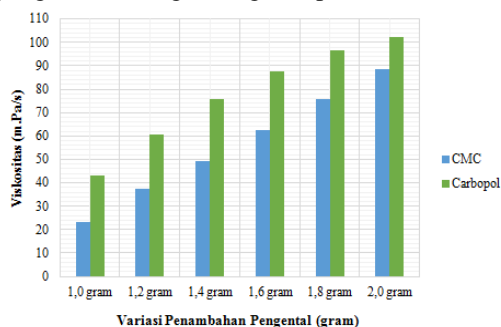
Gambar 1. Lama Waktu Pembakaran Bioetanol Gel dengan Variasi Bahan Pengental

Pada gambar 1, bioetanol gel dengan menggunakan komposisi bahan pengental CMC sebanyak 2,0 gram, memiliki waktu nyala api yang paling lama dibandingkan dengan penambahan CMC sebanyak 1,0 gram; 1,2 gram; 1,4 gram; 1,6 gram; 1,8 gram. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa bioetanol gel dengan pengental carbopol memiliki waktu nyala api yang lebih lama dibandingkan dengan 6 sampel bioetanol gel dengan pengental CMC. Hal tersebut terjadi karena CMC mengandung air yang akan menguap saat berlangsungnya

proses pembakaran pada bioetanol gel. Oleh karena itu, proses penguapan air tersebutlah yang akan mempersingkat waktu nyala api. Dan juga terlihat pada jumlah residu pembakaran yang masih banyak menyisakan kandungan CMC. Analisa waktu nyala api terlama terdapat pada sampel 1,8 gram penambahan carbopol pada pembuatan bioetanol gel yang memiliki waktu nyala api selama 842 detik.

Analisa Viskositas

Semakin banyak komposisi pengental yang ditambahkan maka akan semakin tinggi pula viskositas bioetanol gel yang terbentuk. Hasil analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa bioetanol gel dengan penambahan pengental carbopol memiliki nilai viskositas yang tinggi dibandingkan dengan bioetanol gel dengan pengental CMC. Yakni hasil analisa viskositas tertinggi terdapat pada sampel bioetanol gel dengan penambahan 2,0 gram carbopol. Hal tersebut disebabkan karena bioetanol gel carbopol tidak mengandung komposisi air dibandingkan bioetanol gel CMC yang masih mengandung komposisi air.

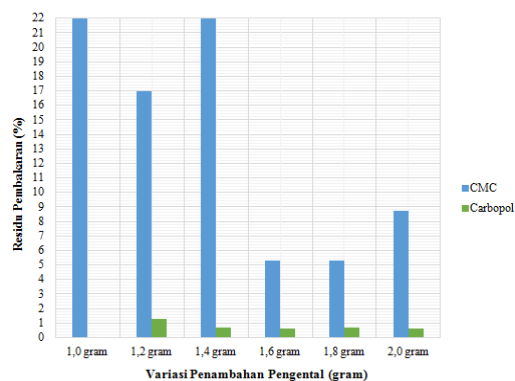


Gambar 2. Viskositas Bioetanol Gel dengan Variasi Bahan Pengental

Analisa Residu Pembakaran

Analisa residu pembakaran dilakukan untuk mengetahui efisiensi pembakaran dari bioetanol gel.

Residu pembakaran yang dihasilkan dari bioetanol gel dengan bahan pengental CMC berupa campuran CMC yang berikatan dengan air yang sudah tidak dapat terbakar lagi karena bioetanol sudah habis terbakar. Residu pembakaran terbaik pada bioetanol gel dengan bahan pengental CMC adalah pada penambahan 1,6 gram dan 1,8 gram yaitu sebanyak 5,3%. Sedangkan pada residu pembakaran yang dihasilkan dari bioetanol gel dengan bahan pengental carbopol terbaik pada penambahan 1,0 gram yang tidak menghasilkan residu pembakaran yaitu sebanyak 0%, dikarenakan pada bioetanol ini kandungan carbopol sangat sedikit dibandingkan jumlah bioetanolnya.



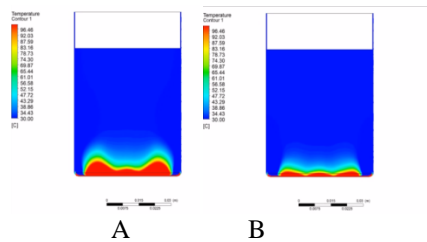
Gambar 3. Residu Pembakaran Bioetanol Gel dengan Variasi Bahan Pengental

Untuk penambahan bahan pengental 2,0 gram carbopol masih menghasilkan residu pembakaran yang sedikit sekitar 0,6% dan tergolong baik. Dan secara keseluruhan, bioetanol dengan menggunakan bahan pengental carbopol menghasilkan residu pembakaran yang sangat sedikit dibandingkan bioetanol dengan menggunakan bahan pengental CMC. Karena adanya ikatan kuat antara CMC dan air, sehingga bioetanol terbakar terlebih dahulu, kemudian air menguap dan menyisakan sisa pembakaran CMC.

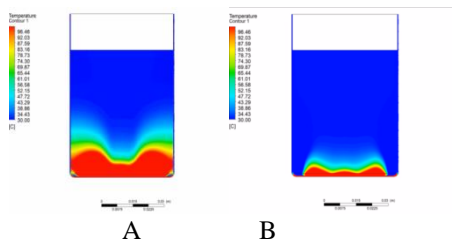
Analisa Perpindahan Panas dengan Simulasi CFD (Ansys Fluent 16)

Analisa perpindahan panas menggunakan CFD (*Ansys Fluent 16*) bertujuan untuk mengetahui distribusi panas dari bahan bakar bioetanol gel yang memanaskan sejumlah air pada beker gelas dan diukur temperatur akhirnya. Analisa perpindahan panas menggunakan CFD (*Ansys Fluent 16*) dengan simulasi terbaik untuk bioetanol gel CMC sebanyak 1,8 gram dan bioetanol gel carbopol sebanyak 1,8 gram. Hasil simulasi ini sesuai dengan hasil eksperimen yang menghasilkan temperatur akhir yang paling baik yaitu pada bioetanol gel CMC dengan suhu akhir 87,5 °C dan bioetanol gel carbopol dengan suhu akhir 92,5 °C. Adapun hasil dari simulasi analisa perpindahan panas dengan menggunakan CFD (*Ansys Fluent 16*), dapat dilihat pada gambar berikut.

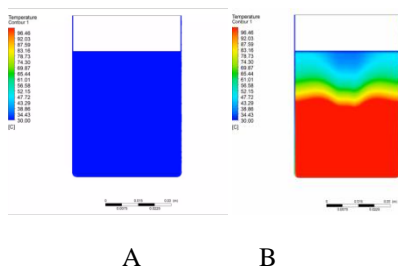
Simulasi bioetanol gel dengan menggunakan bahan pengental CMC 1,8 gram berhenti pada detik ke 417 dan sudah tidak dapat lagi terbakar untuk memanaskan air tersebut dan menyisakan residu pembakaran, sedangkan simulasi bioetanol gel dengan menggunakan bahan pengental *Carbopol* 1,8 gram masih tetap bisa terbakar dan memanaskan air pada detik 417, namun bioetanol gel tersebut sudah tidak dapat lagi terbakar atau berhenti pada detik ke 840.



Gambar 4. Menggunakan Bioetanol Gel CMC 1,8 gram (A), Menggunakan Bioetanol Gel Carbopol 1,8 gram (B) pada detik ke 160 s.

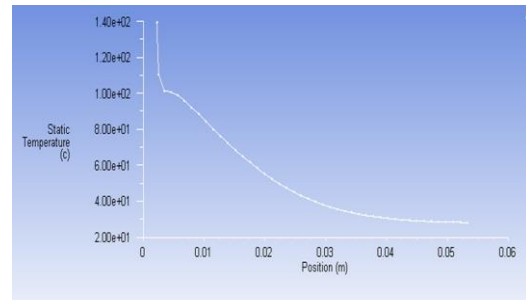


Gambar 5. Menggunakan Bioetanol Gel CMC 1,8 gram (A), Menggunakan Bioetanol Gel Carbopol 1,8 gram (B) pada detik ke 320 s.

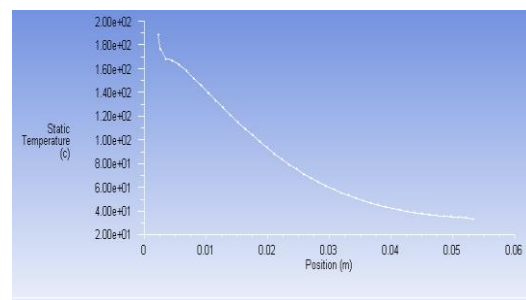


Gambar 6. Menggunakan Bioetanol Gel CMC 1,8 gram (A), Menggunakan Bioetanol Gel Carbopol 1,8 gram (B) pada detik ke 840 s.

Waktu nyala api bioetanol gel dengan menggunakan bahan pengental *Carbopol* 1,8 gram 2 kali lipat lebih lama di bandingkan dengan bioetanol gel bahan pengental CMC 1,8 gram serta bioetanol gel *Carbopol* hampir tidak meninggalkan residu pembakaran. Gambar 4.6. menunjukkan distribusi suhu pada detik ke 840 pada simulasi bioetanol gel dengan bahan pengental 1,8 gram *Carbopol* yang menghasilkan temperatur suhu hampir merata dan air yang di panaskan sudah hampir mendidih.



Gambar 7. Pengaruh *Static Temperature* (°C) Terhadap Tinggi Gelas Beker (m) pada Bioetanol Gel CMC 1,8 gram



Gambar 8. Pengaruh *Static Temperature* (°C) Terhadap Tinggi Gelas Beker (m) pada Bioetanol Gel Carbopol 1,8 gram

Gambar diatas menunjukkan bahwa bertambahnya suhu maka ketinggian panas yang tercapai juga meningkat. Ketinggian panas tercapai diasumsikan tinggi rata-rata berdasarkan gambar dari simulasi yang didapat pada CFD (*Ansys Fluent 16*).

4.KESIMPULAN

1. Pengaruh penambahan jumlah bahan pengental CMC dan *carbopol* pada pembuatan bioetanol gel terlihat pada analisa viskositas yang telah dilakukan. Dimana *carbopol* memberikan nilai viskositas 102,443m.Pa/s yang lebih tinggi dibandingkan bahan pengental CMC sekitar 88,731m.Pa/s.
2. Penambahan 2,0 gram carbopol sebagai bahan pengental pada pembuatan bioetanol gel merupakan jumlah formulasi terbaik karena menghasilkan viskositas yang tinggi yang dihasilkan pun sedikit bahkan cenderung tidak ada yaitu sebesar 0,6 %.
3. Bahan pengental yang efektif digunakan pada pembuatan bioetanol gel yakni pada penambahan jenis pengental Carbopol dibandingkan CMC karena memiliki nilai kalor dan viskositas tinggi. Demikian pula pada analisa perpindahan panas pada air, dimana bioetanol gel dengan Carbopol

- dapat memanaskan air hingga temperature tinggi dalam waktu lama yakni pada sampel 1,8 gram carbopol.
4. Pada analisa perpindahan panas dengan menggunakan simulasi CFD (*ansys fluent* 16) dapat dilihat bahwa pemanasan air lebih cepat pada bioetanol gel CMC di bandingkan dengan bioetanol gel *Carbopol*, hal ini dapat dilihat dari persebaran temperatur pada setiap detik tertentu.
 5. Laju pembakaran pada bioetanol gel CMC lebih cepat di bandingkan dengan laju pembakaran pada bioetanol *Carbopol* sehingga lama nyala api pada bioetanol gel CMC lebih cepat padam dan tidak dapat terbakar lagi serta menyisakan residu pembakaran yang sudah tidak dapat terbakar.
 6. Distribusi suhu perpindahan panas dengan simulasi CFD (*ansys fluent* 16) terbaik pada bioetanol gel dengan bahan pengental *Carbopol* karena dengan 15 gram bioetanol sudah dapat menghasilkan persebaran temperatur air yang lebih merata dan hampir mencapai titik didih air tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ana A, D. *et al.* (2014) "Formulasi Bioetanol Padat Dengan Variasi Gelling Agent Sebagai Bahan Bakar Alternatif Yang Ramah Lingkungan," *Industri Inovatif*, 4(2), hal. 13–19.
- Arnata, I. W. dan Yoga, I. wayan G. S. (2015) *Produksi Bahan Bakar Padat dan Bahan Bakar Gel Berbasis Bioetanol*. Bali.
- Beny, S., Restuhadi, F. dan Hamzah, F. (2015) "Pengembangan Etanol Semi Padat Dengan Pencampuran Minyak Jelantah," *Jom Faperta*, 2(2), hal. 1–10.
- BSN (2009) *Etanol nabati*. SNI 3565, Jakarta, Indonesia.
- Budi A, S. dan Supriyatna, N. (2013) "Perbandingan Karbopol dan Karboksimetil Selulosa Sebagai Pengental Pada Pembuatan Bioetanol Gel," *Biopropal Industri*, 4(2), hal. 59–64.
- Dewi, R. K. dan Boediyanto (2016) "Optimalisasi Sekam Padi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Gel Yang Ramah Lingkungan," *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, (ISBN : 978-602-0951-12-6), hal. 74–80.
- Dudley, B. (2016) "Statistical Review of World Energy," *BP Statistical Review of World Energy*. 65 ed. US Securities and Exchange Commission.
- Kamal, N. (2010) "Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa," *Jurnal Teknologi*, 1(17), hal. 78–85.
- Lieberman, H. A. (1996). *Pharmaceutical Dosage Forms : Disperse Systems, Volume 2*. New York: Dekker.
- Listiyanawati, D. *et al.* (2008) "Eko-briket dari Komposit Sampah Plastik Campuran dan Lignoselulosa."
- Lloyd, P. J. D. dan Visagie, E. M. (2007) "A Comparison Of Gel Fuels With Alternative Cooking Fuels," *Journal of Energy in Southern Africa*, 18(3), hal. 26–31.
- Loupatty, V. D. (2014) "Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah," *Majalah Biam*, 10(2), hal. 50–59.
- Meilianti, S. (2009) *Formulasi Gel Bioetanol Dengan Pengental Sondang Meilianti F34052944 Fakultas Teknologi Pertanian*. Bogor.
- Mulyono dan Suseno, T. (2010) *Pembuatan Ethanol Gel Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif*. Surakarta.
- Nugroho, A., Restuhadi, F. dan Rossi, E. (2016) "Pembuatan gel etanol dengan menggunakan bahan pengental Carboxymethylcellulose (CMC)," *Jom Faperta*, 3(1), hal. 1–16.
- Prihandana, R., Noerwijati, K. dan Adinurani, P. G. (2011) *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Putri, A. S. dan Sutjahjo, D. H. (2016) "Limbah Lumpur Susu Sebagai Polimer Pembentuk Bahan Bakar Bioetanol Padat Dengan Aditif Carbopol," *Jurusan Teknik Mesin (JTM)*, 4(2), hal. 83–90.
- Riyanti, A. (2009) *Kajian Produksi Gel Bioetanol Dengan Menggunakan Carboxymethylcel-lulose (CMC) Sebagai Bahan Pengental*. Bogor.
- Robinson, J. (2006) *Bio-Ethanol as a Household Cooking Fuel: A Mini Pilot Study of the SuperBlu Stove in Peri-Urban Malawi*. Loughborough University.
- Tazi, I. dan Sulistiana (2011) "Uji Kalor Bakar Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goreng Bekas," *Jurnal Neutrino*, 3(2), hal. 163–174.
- Tiara, W., Barika, A. dan Novia. (2016). *Pembuatan Bioetanol Gel dengan Perekat Kalsium Asetat*, *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*. Palembang.
- Triaswati, I. dan Nurhayanti, L. (2010) *Pembuatan Bioetanol Gel Sebagai Bahan*

- Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah.*
Semarang.
- Vivandra, Prasetya, H. dan Ariawiyana, F.
(2009) *Bioetanol Gel (B-Gel) Ubi Jalar :
Alternatif Pada Sektor Rumah Tangga.*
Bogor.
- Wibowo, W. A., Suseno, T. dan Mulyono
(2010) "Pembuatan dan Uji Pembakaran
Ethanol Gel," *Ekulibrium*, 9(2), hal. 67-71.