

Bahan Bakar Alternatif dari Campuran Sampah Plastik Polipropilen dan Minyak Solar

Bahrudin, Ida Zahrina

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Simpang Baru Panam Pekanbaru 28312
Telp./Fax. 0761-566937; Email: bahrudin02@yahoo.com

Sumarno, Gede Wibawa

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5946240; Fax: 031-5999282; Email: onramus@hotmail.com

Abstrak

Bahan bakar alternatif dari campuran sampah plastik dan minyak diesel masih sulit diaplikasikan pada mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar diesel karena mempunyai viskositas tinggi. Kekentalannya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kekentalan bahan bakar campuran sampah plastik polipropilen (PP) - minyak solar atau high speed diesel (HSD). Metode yang dikembangkan adalah dengan menjadikan bahan bakar campuran tersebut sebagai bahan bakar emulsi atau emulsified polymer fuel (EPF), yang terdiri dari campuran PP, HSD, air dan surfaktan. Surfaktan yang digunakan meliputi sorbitan monooleate (SPAN 80), sorbitan monostearate (SPAN 60), sorbitan monopalmitate (SPAN 40), polyoxyethylene 20 sorbitan monooleate (Tween 80), dan polyoxyethylene 20 sorbitan monostearate (Tween 60). Komposisi PP dalam HSD divariasikan sebesar 1% dan 5% berat; komposisi air dalam EPF adalah 32 %, 30 %, 28 %, dan 26% berat. Sedangkan komposisi surfaktan dibuat tetap dengan kadar 5% berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi surfaktan yang dapat menghasilkan emulsi yang stabil adalah kombinasi dari: SPAN 80: SPAN 40:Tween 80 dengan perbandingan komposisi 2:2:1 pada semua komposisi air yang diuji; SPAN 80:SPAN 40:Tween 60 dengan perbandingan 2:2:1 dan kadar air 30% ; SPAN 80:SPAN 60:Tween 80 dengan perbandingan 2:2:1 dan kadar air 30%. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa EPF tersebut mempunyai heating value berkisar antara 7847-9610 cal/g; nilai awal titik didih adalah 101°C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 1 %, dan 105 °C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 5 %; densitas berkisar antara 0,8678-0,8942 g/ml; kandungan sulfur berkisar antara 0,19788-0,26102% massa; flash point berkisar antara 51°C-67,5 °C; dan pour point berkisar antara -13°C sampai -3°C.

Kata kunci: polipropilen; minyak solar; emulsifikasi, bahan bakar alternatif

1. Pendahuluan

Polipropilen (Polypropylene, atau sering disingkat PP) merupakan salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan sebagai plastik komoditi. Konsumsi jenis plastik ini pada tahun 2003 tercatat sebanyak 8 juta ton, dan cenderung meningkat pada tahun-tahun mendatang (APME, 2004). Plastik komoditi merupakan plastik yang banyak digunakan sebagai bahan kemasan dan sifatnya pakai-buang, sehingga hampir seluruh sampah plastik terdiri dari jenis plastik ini. Sourlic dan Lecic (1999) mencatat bahwa plastik yang banyak terdapat dalam sampah adalah plastik bekas kemasan dengan komposisi rata-rata mencapai 10% dari berat total sampah, dan didominasi oleh jenis plastik polietilena (PE) dan polipropilen (PP), yang mencapai 44%. Sampai dengan tahun 2003, sekitar 80% sampah plastik masih dibuang ke landfill, 13% diinsenerasi, dan hanya 7% yang didaur ulang (Wasteline, 2004).

Polipropilen mempunyai nilai kalor 45 MJ/kg, lebih tinggi dari minyak bumi (crude oil) dan batubara yang masing-masing mempunyai nilai kalor 40 MJ/kg dan 20 MJ/kg (Hannequart, 2004). Oleh karena itu, penelitian-penelitian untuk memanfaatkan sampah polipropilen dan plastik lainnya sebagai sumber energi banyak dilakukan. Salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah pelarutan plastik dalam bahan bakar diesel. Metoda ini dapat menghasilkan bahan bakar campuran yang dapat digunakan langsung pada mesin-mesin yang mengkonsumsi bahan bakar

diesel. Hasil penelitian pada campuran plastik Polipropilen daur ulang dengan marine fuel oil (MFO), menunjukkan karakteristik pembakarannya mirip dengan MFO virgin (Soloiu dkk, 2000; Mitsuhara dkk, 2001; dan Soloiu dkk, 2004).

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa bahan bakar campuran yang dihasilkan tersebut merupakan cairan yang kental (viscous). Kekentalannya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi plastik. Salah satu metode yang dapat dikembangkan untuk menurunkan viskositas adalah dengan menjadikan bahan bakar campuran tersebut sebagai bahan bakar emulsi, yang terdiri dari campuran plastik, minyak diesel, air dan surfaktan.

Emulsifikasi bahan bakar hasil pencampuran sampah plastik dan *heavy oil* sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mitsuhara, dkk (2001) mengemulsikan campuran PP-marine fuel oil (MFO) dan campuran PE-MFO dengan air, menggunakan surfaktan poli(oksi etilena), pada suhu kamar, kecepatan pengadukan 10000 rpm. Hasil uji pembakarannya menunjukkan karakteristik yang mirip dengan MFO virgin. Soloiu, dkk (2004) mengemulsikan campuran PP (berat molekul tinggi, yaitu 210000)-MFO menggunakan Autoclave (pada suhu 20-195 °C, tekanan 0.1-1.3 MPa, pengadukan 1000-7000 rpm selama 0.3-4 jam, dan kapasitas 0,5 kg), Homomixer (pada suhu 40-80 °C, tekanan atmosfer, pengadukan 1000-4500 rpm selama 40-60 menit, dan kapasitas 15 liter) dan Blender (pada suhu sampai 100 C, tekanan atmosfer, pengadukan 9000 rpm). Surfaktan yang digunakan meliputi: A (non ionic, mengandung polyoxyethylene nonilphenylether, HLB: 12,6-18,7), B (non ionic, mengandung polyoxyethylene alkylether, HLB: 12-13), dan D (ionic, mengandung sodium dodecyl sulfate, HLB: 40). Mereka dapat memperoleh emulsi bahan bakar campuran yang stabil dengan tipikal komposisi sebagai berikut: 50%(20% PP)+45%H₂O+5%B; dan 50%(20%PP)+45%H₂O+5%(25%B+75%D). Bahan bakar emulsi yang diperoleh pada penelitian yang sudah dilakukan tersebut masih mengandung kadar air yang cukup tinggi, yaitu mencapai 45%. Kadar air yang masih tinggi akan mempengaruhi performan bahan bakar menjadi kurang baik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan kekentalan campuran plastik PP bekas kemasan – minyak solar (high speed diesel, HSD) menggunakan metode emulsifikasi dengan komposisi air yang rendah. Dalam penelitian ini juga ditentukan karakteristik dari bahan bakar campuran tersebut.

2. Metodologi

Bahan

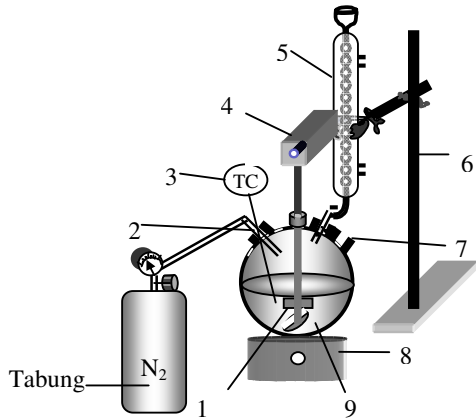
Penelitian ini menggunakan bahan plastik PP dari bekas kemasan gelas air minum mineral, karena mudah didapat dan dapat dianggap relatif tidak mengandung bahan aditif. Bahan bakar diesel yang digunakan sebagai pelarut adalah jenis minyak solar (high speed diesel atau HSD), yang diperoleh dari PT. Pertamina (Persero). Surfaktan yang digunakan meliputi sorbitan monooleat (SPAN 80), sorbitan monostearat (SPAN 60), sorbitan monopalmitate (SPAN 40), polyoxyethylene 20 sorbitan Monooleate (Tween 80), dan polyoxyethylene 20 sorbitan monostearate (Tween 80). Bahan lain yang digunakan adalah gas nitrogen sebagai purging dan air distilat.

Prosedur

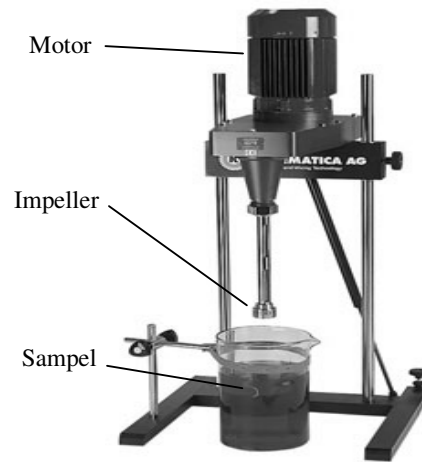
Penelitian ini dilakukan melalui 3 (tiga) tahap eksperimental laboratorium. Tahap pertama adalah pelelehan dan pencampuran PP dengan HSD diatas suhu leleh PP (180 °C) menggunakan peralatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Tahap kedua adalah emulsifikasi bahan bakar campuran PP-HSD dengan air dan surfaktan, menggunakan peralatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap ketiga adalah karakterisasi bahan bakar campuran tersebut. Pada tahap eksperimen pertama, dibuat beberapa campuran PP-HSD yang mempunyai komposisi PP bervariasi (1 dan 5% berat). Tahap pembuatan emulsi dilakukan dengan memvariasikan komposisi air dalam campuran PP-HSD-air-surfaktan, yaitu 26%, 28%, 30% dan 32% berat. Komposisi surfaktan dibuat tetap sebesar 5% berat, namun dengan beberapa kombinasi campuran surfaktan. Pada tahap ini juga dilakukan uji kestabilan emulsi dengan menggunakan metode sentrifugasi.



Tahap terakhir dilakukan karakterisasi bahan bakar campuran yang meliputi parameter-parameter: boiling point, flash point, pour point, densitas, heating value dan kandungan sulfur. Karakterisasi dilakukan baik terhadap campuran PP-HSD maupun terhadap campuran PP-HSD-air-surfaktan.



Gambar 1. Skema Peralatan untuk Pelarutan PP dalam HSD: (1) Pengaduk, (2) Inlet N₂, (3) Pengatur suhu, (4) Motor pengaduk, (5) Kondensor, (6) Klem penguat, (7) Inlet PP/HSD, (8) Pemanas elektrik, dan (9) Labu gelas leher 4

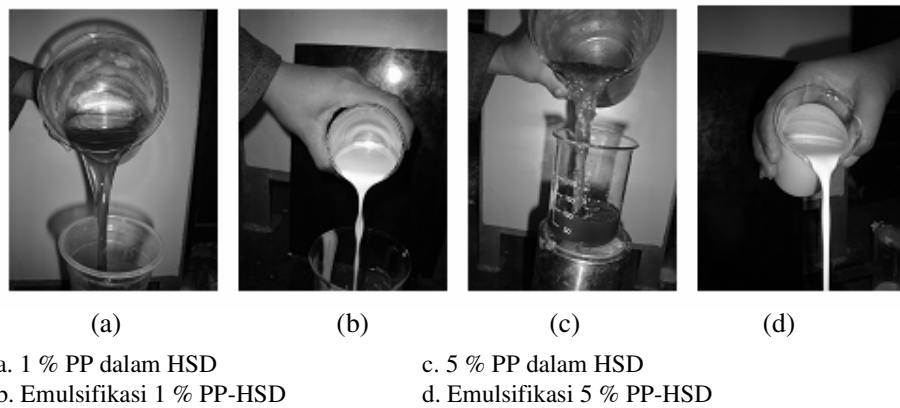


Gambar 2. Skema peralatan homogenizer

3. Hasil Dan Pembahasan

Homogenitas Campuran

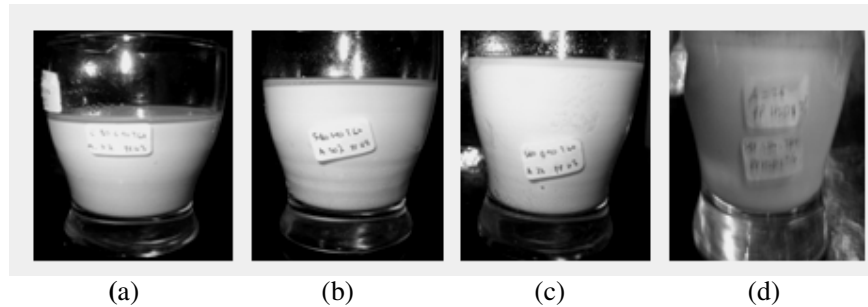
Emulsifikasi PP dalam HSD dengan penambahan surfaktan telah berhasil dilakukan. Pada Gambar 3 dapat dilihat campuran PP dalam HSD dengan komposisi 1% dan 5% serta emulsi yang dihasilkan.



Gambar 3. Emulsifikasi 1 % dan 5 % PP dalam HSD dengan penambahan surfaktan

Dari jenis surfaktan yang digunakan diperoleh tiga variasi surfaktan yang menghasilkan emulsi yang stabil, yaitu (1) Campuran Surfaktan Span 80, Span 40, dan Tween 80, (2) Campuran surfaktan Span 80, Span 60, dan Tween 80, (3) Campuran surfaktan Span 80, Span 40, dan Tween 60. Ketiga variasi surfaktan tersebut memiliki kadar 5% dalam emulsi.

Campuran surfaktan Span 80, Span 40, dan Tween 80 (perbandingan 2:2:1) menghasilkan HLB sebesar 7,8. Baik pada komposisi PP 1 % maupun 5% dalam HSD, dengan kadar air 32 %, 30 %, 28 %, dan 26% dapat membentuk emulsi yang homogen, sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



Keterangan :

a. 5 % PP dengan 32 % air
b. 5 % PP dengan 30 % air

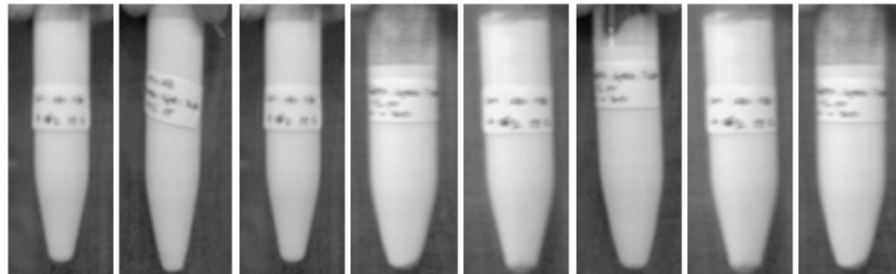
c. 5 % PP dengan 28 % air
d. 1 % PP dengan 30 % air

Gambar 4. Visualisasi Emulsified Polymer Fuel dengan Campuran Surfaktan Span 80/Span 40/Tween 60

Campuran surfaktan Span 80, Span 60, dan Tween 80 (perbandingan 2:2:1) menghasilkan HLB sebesar 6,54. Pada campuran 5 % PP dalam HSD diperoleh campuran emulsi homogen untuk kadar air 30 %. Sedangkan emulsi dengan kadar air 32 %, 28% dan 26 % membentuk emulsi dua lapisan. Disamping itu, campuran dengan komposisi PP 1 % dalam HSD juga membentuk emulsi yang homogen dengan kadar air 30 %. Sehingga komposisi surfaktan ini hanya dapat menghasilkan emulsi yang stabil pada kadar air 30%. Pada perbandingan komposisi 32 %, 30 % dan 28 % air terbentuk fasa globulan yang turun kebawah membentuk lapisan yang terpisah.

Kestabilan Emulsi

Emulsi yang homogen selanjutnya diuji kestabilannya dengan menggunakan sentrifugasi. Hasil uji sentrifugasi untuk komposisi PP 1% dan 5 % dalam HSD dengan kadar air 32 %, 30 %, 28 % dan 26 % ditunjukkan pada Gambar 5.

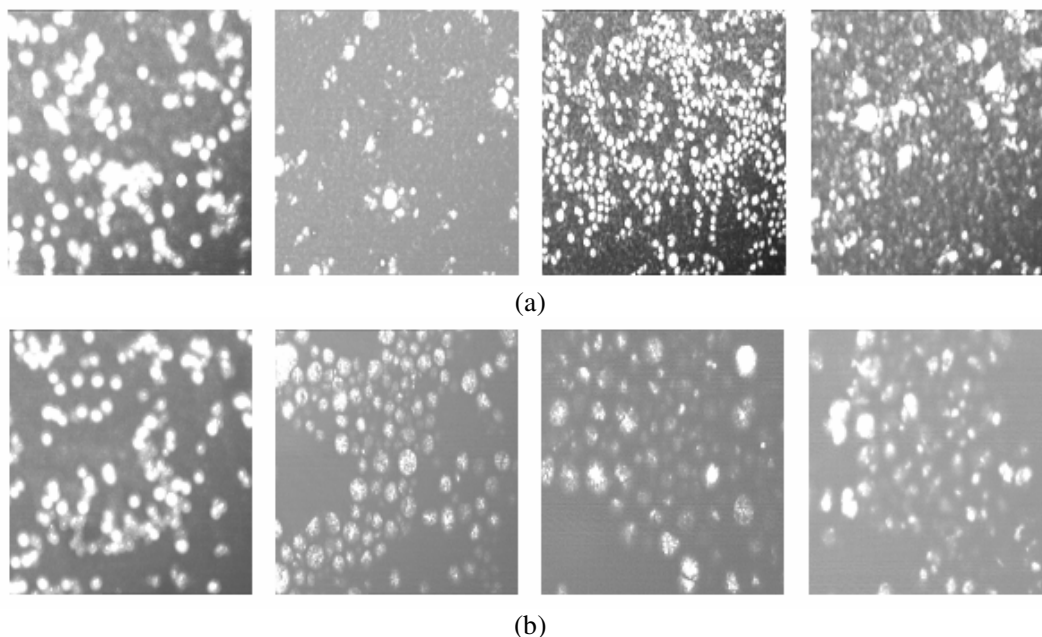


Gambar 5. Hasil Uji Kestabilan EPF dengan Menggunakan Sentrifuge.

Dari uji kestabilan emulsi tersebut diperoleh emulsi masih stabil (homogen) setelah disentrifugasi selama 1 jam 15 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan campuran surfaktan Span 80/Span 40/Tween 80 mampu mengemulsi campuran 1 % maupun 5% PP dalam HSD pada semua kadar air yang diuji. Sedangkan penggunaan campuran surfaktan Span 80/Span 60/Tween 80 hanya mampu mengemulsi campuran PP/HSD/Air pada komposisi air 30 %. Demikian juga jika digunakan campuran surfaktan Span 80/Span 40/Tween 60. Kestabilan ini

didapatkan karena kombinasi dari berbagai macam surfaktan tersebut mampu memberi daya ikat yang kuat antara partikel PP, HSD dan air dan tidak kembali memisah meskipun telah diganggu dengan kecepatan yang tinggi.

Hasil uji optik (pembesaran 100x) juga memperkuat argumen ini, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Pada mikrograf tersebut terlihat bahwa bola-bola kecil berkumpul membentuk suatu kesatuan yang disebabkan karena adanya micelle-micelle pada surfaktan. Micelle-micelle ini yang menyebabkan globulan minyak dan air seolah-olah bersatu, sehingga secara fisik tidak terlihat adanya dua fasa.



Gambar 6. Visualisasi mikroskopis (perbesaran 100 x) EPF dengan surfaktan Span 80, Span 40 dan Tween 80; komposisi air berturut-turut 32%, 30%, 28% dan 26% berat pada komposisi PP dalam HSD sebesar: (a) 1%; (b) 5%

Mikrograf tersebut juga menunjukkan adanya perbedaan antara emulsi yang terjadi pada berbagai komposisi air. Hal ini dikarenakan setiap surfaktan memiliki kemampuan berbeda untuk mengemulsi atau mengikat air dan minyak sampai fraksi massa tertentu. Ketiga campuran surfaktan yang diuji pada penelitian ini memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan emulsi paling stabil. Campuran Span 80/Span 40/Tween 80 mempunyai kemampuan yang paling baik dibanding kedua variasi surfaktan lainnya. Hal ini dapat dilihat dari partikel-partikel dalam emulsi mempunyai ukuran yang seragam dan tidak terbentuk globulan atau gumpalan dari tiap layer serta persebaran partikel emulsi yang merata.

Karakteristik Emulsified Polymer Fuel

Hasil karakterisasi sifat fisika-kimia EPF dan juga campuran PP/HSD dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa untuk setiap kenaikan komposisi PP menyebabkan kenaikan heating value dibandingkan dengan HSD murni. Hal ini menunjukkan bahwa PP mempunyai heating value yang lebih besar dibandingkan HSD. Heating value untuk berbagai sistem EPF cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar air. Hal ini dikarenakan air tidak mempunyai heating value. Jenis surfaktan yang digunakan juga mempengaruhi heating value EPF yang dihasilkan. EPF dengan surfaktan campuran Span 80/Span 40/Tween 80 mempunyai heating value yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem surfaktan campuran lainnya, sedangkan sistem surfaktan campuran Span 80, Span 40, Tween 60 menghasilkan EPF dengan heating value terendah.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Bahan Bakar

Sistem Bahan Bakar	Heating Value (cal/g)	Boiling Point (°C)	Densitas (g/ml)	Kadar Sulfur (% massa)	Flash Point (°C)	Pour Point (°C)
Surfaktan: Span80/Span40/Tween80 (2/2/1)						
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 63% (5% PP), 32%, 5%	7847,35	-	0,8890	-	59	-4
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (5% PP), 30%, 5%	-	-	0,8878	0,21432	-	-4
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 67% (5% PP), 28%, 5%	-	105	0,8891	0,21327	55	-5
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 69% (5% PP), 26%, 5%	-	105	0,8805	-	-	-4
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 63% (1% PP), 32%, 5%	-	101	0,8901	-	-	-5
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (1% PP), 30%, 5%	8500,98	101	0,8896	0,26102	51	-3
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 67% (1% PP), 28%, 5%	9610,46	-	0,8767	0,24289	-	-4
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 69% (1% PP), 26%, 5%	8832,03	-	0,8678	0,20056	62	-5
Surfaktan: Span80/Span40/Tween60 (2/2/1)						
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (5% PP), 30%, 5%	7847,35	105	0,8942	-	60	-11
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (1% PP), 30%, 5%	-	101	0,8914	0,19788	-	-12
Surfaktan: Span80/Span60/Tween80 (2/2/1)						
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (5% PP), 30%, 5%	8006,65	105	0,8876	0,20784	62	-10
PP/HSD, H ₂ O, Surfaktan: 65% (1% PP), 30%, 5%	-	101	0,8924	-	67,5	-10
Campuran PP/HSD						
HSD, PP: 99%, 1%	11044,80	101	0,8415	-	-	-
HSD, PP: 95%, 5%	11054,85	105	0,8472	-	-	-
HSD	10991,00	60	0,8321	Max. 0,5	62	Max. 18

Titik didih awal (initially boiling point) EPF dan campuran PP/HSD lebih tinggi dibandingkan HSD. Titik didih tidak terjadi pada satu titik tunggal, tetapi memiliki titik didih yang terdistribusi sesuai dengan titik didih zat-zat penyusun bahan bakar tersebut. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa EPF yang dihasilkan akan lebih cepat berubah fasa dan bereaksi dengan oksigen dan mempercepat proses pembakaran. Kehadiran PP sebagai fraksi berat berpengaruh pada titik didih EPF. Hal ini dapat dilihat untuk EPF dengan Kandungan PP dalam HSD 5% memiliki titik didih lebih tinggi (105°C) daripada EPF dengan kandungan PP dalam HSD 1% (101°C). Hal ini menunjukkan bahwa titik didih dipengaruhi oleh berat molekul penyusunnya. Molekul yang lebih berat cenderung memiliki titik didih tinggi. Komponen PP mempunyai berat molekul yang sangat tinggi (BM>100000) dibandingkan dengan HSD (BM sekitar 200), sehingga titik didih EPF dan campuran PP/HSD meningkat dengan tajam. Semakin tinggi titik didih atau semakin sulit menjadi uap menyebabkan bahan bakar tersebut semakin sulit bereaksi dengan oksigen.

Densitas EPF sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan HSD. Hal ini dikarenakan penambahan PP, surfaktan serta air yang memiliki densitas lebih tinggi. Selain berpengaruh pada titik didih bahan bakar yang nantinya berpengaruh pada kecepatan bahan bakar bereaksi dengan oksigen hingga akhirnya terbakar, densitas juga berpengaruh pada performa hidrodinamiknya, dimana besarnya densitas akan memberi pengaruh pada ukuran droplet bahan bakar yang dipompakan, penetrasinya serta formasi campurannya yang mempengaruhi karakteristik pembakaran dan emisi. Semakin besar densitas maka droplet yang didapat juga akan semakin besar, sehingga dapat mengurangi luas permukaan kontak dengan udara. Disamping itu, penetrasi dari nozzle juga akan berkurang sehingga efisiensi dari proses pembakaran akan turun.

Senyawa sulfur dalam bahan bakar akan dikonversikan menjadi sulfur oksida ketika terjadi pembakaran. Dengan adanya air, oksida-oksida ini bersifat sangat korosif. Oleh karena itu, kadar sulfur dalam bahan bakar harus lebih rendah dari batas maksimum yang diijinkan. Kandungan sulfur dari EPF hasil penelitian ini lebih rendah dari batas maksimum kandungan sulfur yang diijinkan, sebagai mana terlihat pada Tabel 1.

Flash point merupakan temperatur terendah dimana bahan bakar apabila dipanaskan telah memberikan campuran uapnya yang cukup perbandingannya dengan udara sehingga segera menyala jika diberi api. Nilai flash point dari minyak diesel umumnya berkisar diatas suhu 62°C. Pada penelitian ini didapatkan flash point dari EPF masih berkisar pada nilai tersebut, sebagai mana ditunjukkan pada Tabel , yaitu berkisar antara 51°C – 67,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa EPF yang dihasilkan tidak memerlukan suhu yang tinggi untuk mulai terbakar sehingga lebih efisien dalam proses pembakaran.



Pour point merupakan temperatur terendah dimana bahan bakar masih dapat dituang atau dialirkan. Nilai pour point maksimum HSD adalah 18°C, sedangkan untuk diesel jenis bahan bakar industri 65°C. Pada penelitian ini, didapat pour point EPF masih dapat digunakan dan stabil pada kondisi suhu rendah.

4. Kesimpulan

Penurunan kekentalan campuran PP-HSD dapat dilakukan dengan mengemulsikan campuran tersebut dalam air menggunakan kombinasi surfaktan SPAN 80 : SPAN 40 : Tween 80 dengan perbandingan komposisi 2 : 2 : 1 dengan kadar air 32 %, 30 %, 28 % dan 26 %; SPAN 80 : SPAN 40 : Tween 60 dengan perbandingan 2 : 2 : 1 dengan kadar air 30 %; SPAN 80 : SPAN 60 : Tween 80 dengan perbandingan 2 : 2 : 1 dengan kadar air 30 %. Dari uji kestabilan yang dilakukan baik dengan metode sentrifugasi maupun analisa optik didapat hasil bahwa Emulsified Polymer Fuel yang dihasilkan telah membentuk emulsi yang stabil. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa Emulsified Polymer Fuel (EPF) tersebut mempunyai heating value berkisar antara 7847 – 9610 cal/g; nilai awal titik didih adalah 101°C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 1 %, dan 105°C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 5 %; densitas berkisar antara 0,8678 g/ml – 0,8942 g/ml; kandungan sulfur berkisar antara 0,19788 – 0,26102 dalam % massa; flash point berkisar antara 51°C – 67,5°C; dan pour point berkisar antara -13°C sampai -3°C.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M) – DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Pekerti Tahun Anggaran 2007. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya maupun Universitas Riau (Unri) Pekanbaru, terutama kepada Agustina A. Nugraheni dan Ianatul Khoiroh, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- APME. 2004, <http://www.apme.org>.
- Hannequart, JP. 2004, "Waste Plastic Recycling: A Good Practices for Local and Regional Authorities", *Proseding of ACCR Simposium*, Belgia
- Mitsuhara, Y., Nananishi, Y., Yoshihara, Y., dan Hiraoka, M. 2001, "The Investigation of New Thermal Recycling System for Production of Fuel from Waste Plastics", *International Council on Combustion Engine*, CIMAC Frankfurt, Germany.
- Soloiu, V. A., Yoshihara, Y., Hiraoka, M., Nishiwaki, K., Mitsuhara, Y., dan Nakanishi, Y. 2000, "The Investigation of New Diesel Fuel Produced from Waste Plastics", *Proceeding of the 6th International Symposium on Marine Engineering*, Japan.
- Soloiu, V. A., Kako, T., Yoshihara, Y., Nishiwaki, K., dan Hiraoka, M. 2004, "The Development of a New Emulsified Alternative Fuel for Diesel Power Generation, Produced from Waste Plastics", *CIMAC Congress*, Kyoto, Japan.
- Sourlic, M., Lecic, R. 1999, "Ecological and Economical Aspects of Plastic Recycling", *Proceeeding Sardinia 99, 7th International Waste Management and Landfill Symposium*, Cagliari, Italy.
- Wasteline 2003, "Promoting Action on Waste Reduction Reuse and Recycling: Plastics", <http://www.wasteonline.org.uk>

