

# Pengaruh Ukuran Arang Aktif Ampas Tebu sebagai Biomaterial *Pretreatment* terhadap Karakteristik *Biodiesel* Minyak Jelantah

Tatik Fariyah dan Lizda Johar Mawarani

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* lizda@ep.its.ac.id

**Abstrak**—*Biodiesel* merupakan salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi yang saat ini semakin terbatas jumlahnya. Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, *biodiesel* lebih ramah lingkungan, dapat diperbaharui karena berasal dari minyak nabati, serta memiliki titik nyala yang tinggi sehingga aman dari bahaya kebakaran. Proses pembuatan *biodiesel* dalam penelitian ini dilakukan secara transesterifikasi yakni dengan mencampurkan minyak jelantah dengan metanol serta KOH sebagai katalisnya. Untuk meningkatkan kualitas *biodiesel*, untuk menurunkan kandungan Free Fatty Acid (FFA) pada minyak jelantah dengan menambahkan arang aktif ampas tebu sebagai biomaterial yang mampu menyerap FFA pada minyak jelantah. Aktivasi arang aktif ampas tebu dilakukan secara kimia dengan aktivator  $H_3PO_4$  12,5 % serta aktivasi fisika dengan pemanasan  $800^\circ C$  selama 2 jam. Variasi ukuran arang aktif yang digunakan adalah 100 mesh (149  $\mu m$ ), 200 mesh (74 $\mu m$ ), 325 mesh (44 $\mu m$ ), dan 400 mesh (37 $\mu m$ ). *Pretreatment* tersebut telah menunjukkan bahwa terjadi penurunan FFA minyak jelantah. Hasil pengukuran FFA menunjukkan bahwa *pretreatment* dengan ukuran arang aktif 325 mesh cukup efektif menurunkan nilai FFA sebesar 0,03% dari FFA semula 0,1%. Densitas, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI yaitu 862-870  $kg/m^3$  untuk densitas, titik nyala  $> 171^\circ C$ , titik kabut  $\leq 15^\circ C$ , dan titik tuang  $\leq 10,7^\circ C$ , sedangkan viskositas yang diperoleh belum memenuhi standar dengan nilai di atas 7,665 cSt.

**Kata Kunci**—Arang aktif ampas tebu, *pretreatment*, karakteristik *biodiesel* minyak jelantah.

## I. PENDAHULUAN

**B**IODIESEL merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari minyak nabati yang diproses secara alkoholis (transesterifikasi) atau esterifikasi dengan mereaksikan trigliserilida dengan metanol atau etanol dengan bantuan katalis basa sehingga terbentuk gugus alkil ester [1]. Beberapa bahan baku yang dapat dimanfaatkan sebagai *biodiesel* antara lain minyak kelapa sawit, jarak, kedelai, bunga matahari dan kemiri [2]. Minyak kelapa sawit merupakan bahan baku *biodiesel* yang memiliki prospek cukup baik di Indonesia. Ketersediaan minyak sawit yang didukung dengan jumlah produksi yang tinggi di Indonesia akan membantu memenuhi kebutuhan energi alternatif *biodiesel*.

Tingginya produksi minyak goreng sawit di Indonesia yang didukung dengan tingkat konsumsi minyak goreng

mengakibatkan jumlah minyak jelantah juga meningkat. Pada tahun 2005 produksi minyak goreng di Indonesia meningkat 11,6% (6,43 juta ton) sedangkan konsumsi masyarakat mencapai 16,5 kg per kapita per tahun [3]. Jantah merupakan bekas minyak goreng yang telah mengalami degradasi kualitas. Kandungan lemak jenuh akan berdampak negatif pada manusia apabila dikonsumsi secara langsung dan terus menerus. Selain berbahaya untuk terhadap kesehatan, minyak jelantah juga berpotensi sebagai pencemar lingkungan. Namun minyak jelantah masih dapat dimanfaatkan yaitu sebagai bahan baku *biodiesel* yang menjadi energi alternatif yang menguntungkan.

Telah banyak dilakukan penelitian terkait pengolahan *biodiesel* minyak jelantah. Bahkan sudah ada yang menjadikannya sebagai bisnis untuk mendapatkan keuntungan dari *biodiesel* minyak jelantah. *Biodiesel* minyak jelantah dengan karakteristik yang belum memenuhi standar SNI [4]. Karakteristik yang diuji dalam penelitian tersebut adalah viskositas dan kandungan air pada *biodiesel* yang dihasilkan. Pada penelitian tersebut nilai viskositas yang didapatkan sebesar 7,5  $mm^2/s$  untuk *biodiesel* yang menggunakan metil asetat dan 12,5  $mm^2/s$  untuk *biodiesel* yang menggunakan metanol, angka tersebut berada di luar *range* yang telah ditetapkan oleh SNI yakni berkisar antara 2,3 – 6  $mm^2/s$ . Sedangkan untuk kadar air yang dikandung oleh *biodiesel* juga lebih besar dari standar SNI yang ditentukan. Tingginya viskositas ini dipengaruhi oleh sisa-sisa asam lemak bebas (FFA) pada minyak jelantah akibat pemanasan yang berulang-ulang saat menggoreng [4]. Dalam penelitian lain [5] didapatkan bahwa terjadi kenaikan nilai densitas *biodiesel* seiring dengan berkurangnya nilai FFA pada minyak jelantah, meski kenaikan densitas tersebut tidak terlalu signifikan yakni sebesar 0,006  $gr/cm^3$ . Oleh karena itu perlu diadakan *pretreatment* terhadap minyak jelantah sebelum diproses menjadi *biodiesel* agar kandungan FFA nya dapat diturunkan. Salah satu cara untuk menurunkan FFA pada minyak jelantah adalah dengan merendam arang aktif ampas tebu pada minyak jelantah. Arang aktif ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben minyak jelantah untuk menurunkan FFA yang terkandung di dalamnya. Arang aktif ampas tebu dengan ukuran 149  $\mu m$  sebagai adsorben alami pada minyak jelantah dapat menurunkan nilai FFA sebesar 18,1 % untuk arang aktif tanpa aktivasi kimia dan 49,7% untuk arang aktif dengan  $H_3PO_4$  sebagai aktivasi kimia [6]. Penelitian tugas akhir ini difokuskan pada pengaruh ukuran arang aktif ampas tebu

dalam menurunkan FFA minyak jelantah yang digunakan sebagai bahan dasar *biodiesel* serta mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik yang dimiliki oleh *biodiesel* tersebut.

## II. URAIAN PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini disusun berdasarkan beberapa tahapan, yaitu proses *pretreatment* minyak jelantah, pembuatan *biodiesel* minyak jelantah, serta pengujian karakteristik *biodiesel* minyak jelantah.

### A. Proses Pretreatment Minyak Jelantah

Proses *pretreatment* diawali dengan mempersiapkan arang aktif ampas tebu. Spesimen berupa ampas tebu dikeringkan dengan matahari langsung hingga kadar air yang dikandung rendah (kering). Kemudian ampas tebu di potong-potong dengan ukuran 5mm dan kemudian di bungkus dengan auminium foil untuk selanjutnya dilakukan proses pengarangan. Pada proses pengarangan ampas tebu dipanaskan di dalam *furnace tubular* selama 2 jam pada suhu 350°C. Langkah selanjutnya adalah menumbuk arang ampas tebu menjadi serbuk-serbuk halus. Setelah itu ampas tebu di ayak dengan mesin ayakan berukuran 149µm, 74µm, 44µm, dan 37µm. Setelah didapatkan arang ampas tebu dengan variasi ukuran yang telah ditentukan maka arang tersebut diaktivasi secara kimia. Proses aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 12,5%. Proses aktivasi ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam dengan suhu dijaga 80°C. Setelah itu di diamkan selama 24 jam. Setelah selesai dilakukan pengaktifan secara kimia arang ampas tebu ditiriskan untuk selanjutnya diaktivasi secara fisika yakni dengan pemanasan menggunakan *furnace tubular* selama 2 jam pada suhu 800°C.

Minyak jelantah yang telah siap disaring terlebih dahulu dari kotoran-kotoran sisa penggorengan serta kadar air pada minyak jelantah dikurangi yakni dengan proses pemanasan 120°C. Sedangkan arang aktif yang telah siap di keringkan pada oven 105°C selama 2 jam. Kemudian sejumlah arang aktif dengan bobot 37,5 g dan variasi ukuran 149µm, 74µm, 44µm, dan 37µm direndam ke dalam minyak jelantah selama 90 menit. Setelah itu dilakukan penyaringan dan pengukuran FFA dengan metode titrasi hingga nmenampakkan warna merah muda selama 30 detik seperti tampak pada Gambar 1

Pengukuran FFA dilakukan dengan menggunakan persamaan (1)

$$\%FFA = \frac{ml\ NaOH \times M\ NaOH \times BM}{berat\ sampel \times 1000} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan

BM = berat molekul (256 g/mol)

Setelah minyak jelantah di saring, maka minyak jelantah tersebut harus dikeringkan terlebih dahulu agar air yang terkandung dalam minyak jelantah dapat berkurang. Pengeringan dilakukan dengan pemanasan pada temperatur 120°C kurang lebih selama 2 menit.



Gambar. 1. Pengukuran FFA dengan titrasi.



Gambar. 2. Arang aktif ampas tebu.



Gambar. 3. Hasil uji coba arang aktif pada air keruh.

### B. Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah

Dalam pembuatan *biodiesel* minyak jelantah dilakukan beberapa tahapan yaitu pembuatan larutan lye, transesterifikasi, pemisahan *biodiesel* dengan gliserol, dan pencucian. Larutan Lye terbuat dari campuran 15 gram KOH dengan 625 ml methanol sambil diaduk hingga seluruh KOH larut dalam methanol.

Tahap transesterifikasi merupakan tahap dalam mengolah minyak jelantah menjadi *biodiesel*. Pada proses transesterifikasi terdapat beberapa tahapan yaitu dengan memanaskan campuran minyak jelantah dan 100 ml larutan lye pada 55°C sambil diaduk selama 1 jam. Kemudian Larutan didiamkan hingga terbentuk *biodiesel* dan gliserol. Setelah proses pengadukan selesai maka campuran harus didiamkan selama kurang lebih 8 jam hingga terbentuk dua lapisan yang harus dipisahkan. Dimana produk tersebut adalah *biodiesel* sebagai produk utama yang terletak pada lapisan atas dan berwarna kecoklatan serta gliserol sebagai produk sampingan yang berwarna kehitaman dan terletak pada lapisan bawah.

Meski *biodiesel* telah didapatkan, proses tidak berhenti disini. Biodiesel yang sudah didapatkan harus dicuci terlebih dahulu agar bersih dari sisa-sisa katalis yang masih terkandung ataupun kandungan gliserol yang ikut masuk ke dalam *biodiesel*. Proses pencucian dilakukan dengan menambahkan air dan diaduk. Air akan mengikat sisa-sisa katalis dan gliserol. Setelah itu didiamkan selama kurang lebih 4 jam agar *biodiesel* dan air terpisah ( hingga air berwarna putih dan terdapat gumpalan putih). Setelah itu *biodiesel* dan

air dipisahkan dan *biodiesel* di panaskan pada 120 °C agar air yang masih terkandung dalam *biodiesel* dapat menguap.

### C. Uji Karakteristik

Uji karakteristik yang dilakukan adalah uji massa jenis, viskositas, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang.

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karbon Aktif Ampas Tebu

Telah didapatkan karbon aktif ampas tebu dengan empat variasi ukuran yaitu 100 mesh, 200 mesh, 325 mesh, dan 400 mesh. Berikut merupakan gambar arang aktif ampas tebu yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Untuk menguji apakah arang yang telah diaktivasi secara kimia maupun fisika sudah aktif atau belum maka arang aktif tersebut diujicobakan pada air keruh untuk melihat kemampuannya dalam menjernihkan air. Hasil uji coba tersebut menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan mampu menjernihkan air seperti pada Gambar 3.

Gambar 3. menunjukkan bahwa pada gambar paling kiri terdapat air keruh berwarna hitam. Air tersebut dibuat dengan mencampurkan pewarna makanan berwarna hitam. Kemudian air keruh tersebut diberi 2 perlakuan yakni dengan menambahkan arang ampas tebu (hanya mengalami karbonisasi) dan arang aktif ampas tebu (mengalami aktivasi kimia maupun fisika). Dengan kondisi bobot arang aktif maupun arang ampas tebu dan volume air yang sama serta lama perendaman yang sama menghasilkan keadaan yang berbeda yakni air terlihat lebih jernih untuk perlakuan dengan arang aktif ampas tebu dan berwarna kecoklatan untuk air dengan perlakuan arang ampas tebu. Keadaan ini menunjukkan bahwa arang ampas tebu yang telah diaktivasi secara kimia maupun fisika telah aktif.

### B. FFA Minyak Jelantah

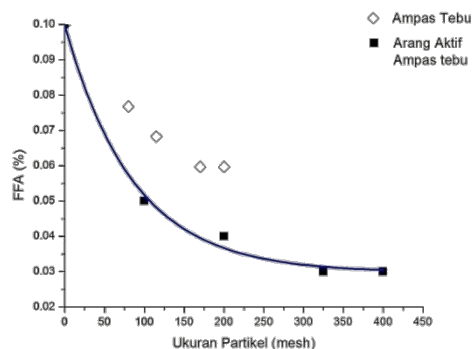
Berikut merupakan hasil FFA yang didapatkan minyak jelantah dengan *pretreatment* arang aktif ampas tebu yang disajikan dalam Tabel 1. Dari data Tabel 1 telah menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai FFA dengan *pretreatment* menggunakan arang aktif ampas tebu sebagai biomaterial adsorben. Penurunan nilai FFA diikuti oleh semakin kecilnya ukuran arang aktif ampas tebu, artinya semakin kecil ukuran arang aktif ampas tebu maka kemampuan adsorpsi terhadap FFA pada minyak jelantah semakin besar. Namun keadaan tersebut telah mencapai *steady* ketika ukuran arang aktif 325 mesh, pada ukuran yang lebih kecil lagi yakni 400 mesh sudah tidak terjadi penurunan FFA lagi. FFA pada minyak jelantah ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan adanya perbedaan FFA pada minyak jelantah dengan *pretreatment* menggunakan arang aktif ampas tebu dengan menggunakan ampas tebu. Dengan perlakuan yang sama yakni lama perendaman 90 menit dan bobot biomaterial 37,5 g ternyata pada minyak jelantah dengan *pretreatment* menggunakan arang aktif ampas tebu lebih efektif menurunkan FFA dibandingkan *pretreatment* dengan ampas tebu. Pada minyak jelantah dengan *pretreatment* arang aktif ampas tebu didapatkan penurunan FFA optimal dimiliki oleh arang aktif ampas tebu dengan ukuran 325 mesh dengan perolehan nilai FFA sebesar 0,03 % dengan FFA awal sebesar 0,1 %.

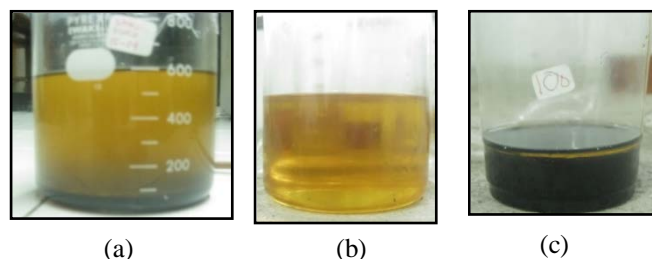
Tabel 1.

Nilai FFA masing-masing sampel

No	Variasi ukuran (mesh)	Volume NaOH (ml)	FFA (%)
1	Tanpa arang	1,2	0,1
2	100	0,6	0,05
3	200	0,5	0,04
4	325	0,4	0,03
5	400	0,4	0,03



Gambar 4. Grafik hubungan ukuran arang aktif dengan FFA.



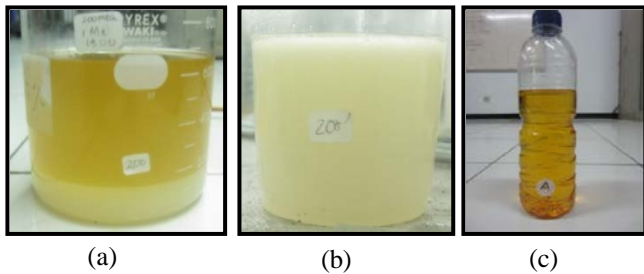
Gambar 5. Hasil proses transesterifikasi (a) sebelum pemisahan, (b) metil ester (*biodiesel*), (c) gliserol.

Penurunan nilai FFA ini berkisar sekitar 70%. Pada ukuran yang sama yaitu 200 mesh *pretreatment* minyak jelantah dengan ampas tebu hanya mampu menurunkan FFA hingga 0,0597% (Ratno, 2013). Sedangkan *treatment* dengan arang aktif ampas tebu berukuran 200 mesh mampu menurunkan FFA hingga 0,04 %.

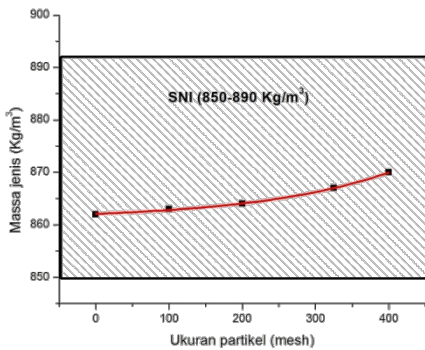
### C. Biodiesel Minyak Jelantah

Didapatkan hasil proses transesterifikasi minyak jelantah dan methanol yang menghasilkan *biodiesel* (lapisan atas) dan gliserol (lapisan bawah). Kedua lapisan tersebut kemudian dipisahkan dengan kertas saring hingga menunjukkan hasil seperti Gambar 5.

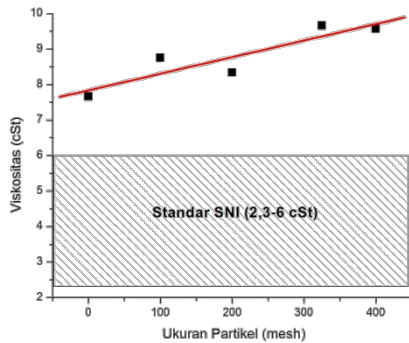
Setelah dipisahkan antara gliserol dan *biodiesel* kemudian *biodiesel* dicuci dengan aquades. Pada proses pencucian terjadi penyabunan sehingga membentuk endapan putih yang merupakan hasil reaksi samping yaitu penyabunan (saponifikasi). Hasil pencucian ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar. 6. Hasil pencucian *biodiesel* (a) sebelum pemisahan, (b) penyabunan, (c) *biodiesel* murni.



Gambar. 7. Pengaruh ukuran arang aktif dengan massa jenis *biodiesel*.

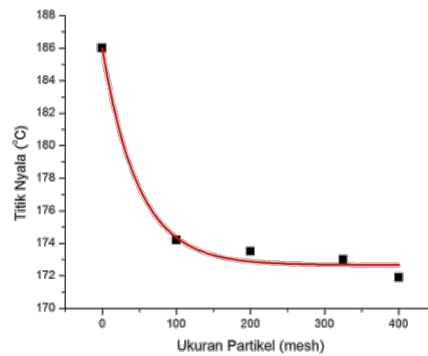


Gambar. 8. Pengaruh ukuran arang aktif terhadap viskositas *biodiesel*.

**D. Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah**  
*Massa jenis*

Hasil pengukuran massa jenis masing-masing *biodiesel* telah ditunjukkan oleh Gambar 4.7 bahwa didapatkan data massa jenis biodiesel berkisar antara 862-870 kg/m<sup>3</sup> dimana semua massa jenis yang dihasilkan masih dalam *range* standar yang ditentukan SNI 04-7182-2006 (850-890 Kg/m<sup>3</sup>).

Dari Gambar 7 tampak bahwa semakin kecil ukuran arang aktif ampas tebu maka massa jenis *biodiesel* yang dihasilkan semakin besar. Kenaikan nilai massa jenis pada *biodiesel* yang diberikan *pretreatment* dengan arang aktif ini dikarenakan adanya reaksi pada atom C pada asam lemak yang terkandung dalam minyak jelantah dengan atom C pada arang aktif ampas tebu. Sehingga menyebabkan terjadinya rantai karbon yang lebih panjang dan semakin jenuh sehingga massa jenis yang dimiliki oleh *biodiesel* dengan *pretreatment* menggunakan arang aktif ampas tebu lebih besar dibandingkan *biodiesel* tanpa *pretreatment*.



Gambar. 9. Pengaruh Uukuran arang aktif terhadap titik nyala *biodiesel*.

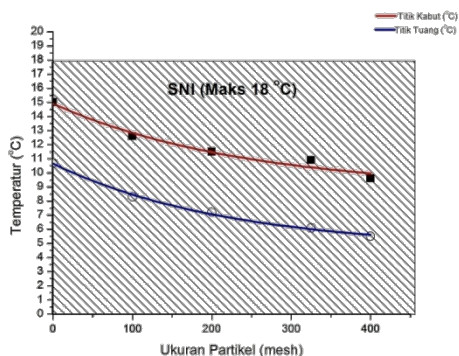
*Viskositas*

Pengujian viskositas *biodiesel* minyak jelantah dilakukan di Laboratorium Energi LPPM ITS. Pengujian dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D-445 yang menggunakan alat *viscometer bath*. Nilai viskositas *biodiesel* yang diperoleh sebagaimana ditunjukkan Gambar 8

Pada Gambar 8 menunjukkan hubungan variasi ukuran arang aktif ampas tebu terhadap viskositas *biodiesel* minyak jelantah pada masing-masing sampel. Nilai viskositas biosiesel semua sampel berkisar antara 7,665 – 9,66 cSt. Ini berarti bahwa viskositas yang dimiliki semua sampel biodiesel belum memenuhi standar yang ditentukan SNI yaitu 2,3 – 6,0 cSt. Grafik yang dihasilkan menggambarkan bahwa hubungan keduanya tidak signifikan. Namun setelah dilakukan *fitting* linier menunjukkan bahwa terjadi kenaikan viskositas seiring semakin kecil ukuran arang aktif ampas tebu. Teradinya kenaikan ini disebabkan oleh meningkatnya nilai massa jenis pada pemberian *pretreatment* minyak jelantah dengan arang aktif ampas tebu. Selain itu saat penyimpanan di Laboratorium Energi LPPM ITS yang ber AC sebelum dilakukan pengukuran menjadikan *biodiesel* mengental dan terjadi pengkristalan. Hal ini pula yang menyebabkan viskositas yang dimiliki *biodiesel* sangat tinggi yang semuanya di atas standar yang ditentukan SNI. Untuk nilai viskositas tertinggi dimiliki oleh sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 325 mesh yaitu sebesar 9,66 cSt dan nilai viskositas terendah dimiliki oleh sampel *biodiesel* tanpa *pretreatment* arang aktif ampas tebu yaitu sebesar 7,665 cSt.

*Titik Nyala (Flash Point)*

Hasil pengujian titik nyala untuk masing-masing sampel *biodiesel* minyak jelantah ditunjukkan Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan sebuah kurva eksponensial, dimana semakin kecil ukuran arang aktif ampas tebu maka semakin kecil pula nilai titik nyala *biodiesel*. Semakin tinggi titik nyala dengan semakin besarnya ukuran arang aktif ini berkaitan dengan FFA yang terkandung, pada minyak jelantah yang dipretreatment dengan arang aktif ampas tebu berukuran lebih besar kandungan FFAnya juga lebih besar. Namun semua titik nyala yang dimiliki *biodiesel* tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan SNI yaitu >100 °C. Titik nyala paling besar dari sampel *biodiesel* tersebut adalah sampel *biodiesel* tanpa *pretreatment* arang aktif ampas tebu. Sedangkan nilai titik nyala paling rendah dimiliki oleh sampel *biodiesel* minyak jelantah dengan *pretreatment* arang aktif ampas tebu berukuran 400 mesh yang memiliki FFA sebesar 0,03%.



Gambar. 10. Pengaruh ukuran arang aktif ampas tebu terhadap titik kabut dan titik tuang.

#### Titik kabut (*cloud point*) dan titik tuang (*pour point*)

Titik kabut didapatkan dengan cara mendinginkan sampel *biodiesel* dengan merendam pada es batu kemudian diamati suhunya hingga warna *biodiesel* menjadi keruh seperti berkabut. Sedangkan untuk titik tuang dilakukan dengan mendinginkan lebih lanjut hingga terbentuk Kristal putih. Nilai titik kabut dan titik tuang sebagaimana ditunjukkan Gambar 10.

Gambar 10 merupakan grafik hubungan variasi ukuran arang aktif terhadap titik kabut dan titik tuang yang dimiliki *biodiesel*. Titik kabut dan titik tuang menunjukkan performansi *biodiesel* pada temperatur rendah. Pada Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran arang aktif nilai titik kabut dan titik tuangnya juga semakin kecil, hal ini karena nilai FFA juga semakin kecil seiring semakin kecilnya ukuran partikel arang aktif, sehingga pembentukan kristal parafin terjadi pada suhu yang lebih rendah. Titik kabut dan titik tuang *biodiesel* yang ditentukan oleh SNI memiliki nilai maksimum 18°C. Dari semua sampel *biodiesel* tersebut sudah sesuai dengan standar SNI, dengan nilai titik kabut yang diperoleh maksimum 15°C dan titik tuang maksimum 10,7°C yang dimiliki sampel *biodiesel* tanpa *pretreatment*. Sedangkan nilai titik kabut minimum sebesar 9,6°C dan titik tuang minimum sebesar 5,5°C yang dimiliki sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 400 mesh.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin kecil ukuran arang aktif maka semakin kecil kandungan FFA, nilai densitas dan viskositas yang dimiliki *biodiesel* minyak jelantah semakin besar sedangkan titik nyala, titik kabut dan titik tuang semakin kecil.
2. Densitas, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI yaitu 862-870 kg/m<sup>3</sup> untuk densitas, titik nyala > 171°C, titik kabut ≤ 15 °C, dan titik tuang ≤ 10,7 °C, sedangkan viskositas yang diperoleh belum memenuhi standar dengan nilai di atas 7,665 cSt.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Musanif, Jamil. Biodiesel. Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengolahan.
- [2] Haryono, Fairus, S., Sari, Y., dan Rakhmawati, I. 2010. Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas dari KFC Dago Bandung. Proceeding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". ISSN 1693-4393. Yogyakarta.
- [3] Hambali, Erliza, dkk. 2007. Teknologi Bioenergi. PT Agromedia Pustaka. Jakarta Selatan.
- [4] Akbar, Riswan. 2011. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Metil Asetat sebagai Pensuplai Gugus Metil. Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Gareso.P.L, dkk. 2010. Karakterisasi Sifat Fisis Biodiesel Sebagai Sumber Energi Alternatif. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin.
- [6] Wijayanti, Ria. 2009. Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Departemen Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor.