



TUGAS AKHIR TF141581

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG KAYU
SEBAGAI ADSORBEN PADA *PRETREATMENT*
MINYAK JELANTAH TERHADAP KARAKTERISTIK
*BIODIESEL***

SAYYIDATUL ISARAH 'ALLAMAH
NRP. 2411 100 067

Dosen Pembimbing
Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT TF141581

***THE EFFECT OF WOOD CHARCOAL
PARTICLE SIZE AS ADSORBENT ON
WASTE COOKING OIL PRETREATMENT
TO BIODIESEL CHARACTERISTICS***

**SAYYIDATUL ISARAH 'ALLAMAH
NRP. 2411 100 067**

Supervisor
Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

***DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015***

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG KAYU
SEBAGAI ADSORBEN PADA *PRETREATMENT*
MINYAK JELANTAH TERHADAP KARAKTERISTIK
*BIODIESEL***

TUGAS AKHIR

Oleh :

Sayyidatul Isarah 'Allamah

NRP : 2411 100 067

**Surabaya, 29 Juli 2015
Mengetahui/Menyetujui**

Pembimbing,

Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

NIPN. 19740815 199703 2 001

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**

Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

NIPN. 19650309 199002 1 001

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG KAYU
SEBAGAI ADSORBEN PADA *PRETREATMENT*
MINYAK JELANTAH TERHADAP KARAKTERISTIK
*BIODIESEL***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Rekayasa Bahan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SAYYIDATUL ISARAH 'ALLAMAH
NRP. 2411 100 067

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Lizda Johar M., S.T., M.T. (Pembimbing)
2. Dr. Ing. Doty Dewi R., S.T., M.T. (Penguji I)
3. Dyah Sawitri, S.T., M.T. (Penguji II)
4. Andi Rahmadiansyah, S.T., M.T. (Penguji III)

**SURABAYA
JULI 2015**

THE EFFECT OF WOOD CHARCOAL PARTICLE SIZE AS ADSORBENT ON WASTE COOKING OIL PRETREATMENT TO BIODIESEL CHARACTERISTICS

Name : Sayyidatul Isarah 'Allamah
NRP : 2411 100 067
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

Abstract

Lesser supply of petroleum fuel has switched petroleum fuel consumption to alternative fuel. Biodiesel is alternative fuel made from vegetable oil or animal fat. One of the materials that can be used to make biodiesel is waste cooking oil (WCO). The level of free fatty acid (FFA) on WCO is high enough to affect the quality of biodiesel, therefore a pretreatment is needed. One way to decrease the FFA level is by using pretreatment trough un-activated and activated wood charcoal. The particle size of wood charcoal adsorbent were 100, 200, 325, and 400 mesh having mass of 37.5 gram. The method to make biodiesel fuel was transesterification with methanol and KOH. Pretreatment of WCO by activated wood charcoal of 400 mesh decreases FFA level up to 30.3% successfully. All of the biodiesel samples after pretreatment have specific mass, flash point, cloud point and pour point that fulfill the SNI standard, however samples with activated wood charcoal of 200, 325, and 400 mesh were fail to satisfy the SNI standard of kinematic viscosity. Smaller adsorbent on pretreatment process would increase the specific mass of biodiesel, on the other hand it would decrease the flash point, cloud point, and pour point. The level of FFA in WCO as raw materials of biodiesel does not affect the quality of biodiesel.

Keywords: *Biodiesel, transesterification, FFA, adsorbent, specific mass, cinematic viscosity, flash point, cloud point, and pour point*

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG KAYU SEBAGAI
ADSORBEN PADA *PRETREATMENT* MINYAK JELANTAH
TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODIESEL***

Nama Mahasiswa : Sayyidatul Isarah ‘Allamah
NRP : 2411 100 067
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

Abstrak

Menipisnya persediaan minyak bumi di alam mengakibatkan peralihan penggunaan bahan bakar minyak bumi ke bahan bakar alternatif. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dibuat dari minyak nabati atau lemak hewani. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat biodiesel adalah minyak jelantah. Kadar asam lemak bebas (FFA) yang cukup tinggi pada minyak jelantah dapat mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan, sehingga dilakukan pretreatment menggunakan arang kayu dan arang kayu aktif dengan ukuran partikel 100 mesh, 200 mesh, 325 mesh, dan 400 mesh sebanyak 37,5 gram untuk mengurangi kadar FFA. Metode pembuatan biodiesel yang digunakan adalah transesterifikasi dengan methanol dan KOH. Pretreatment minyak jelantah dengan adsorben arang kayu aktif 400 mesh berhasil menurunkan kadar FFA minyak jelantah hingga 30,3%. Semua sampel biodiesel hasil pretreatment memiliki massa jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang yang memenuhi standar SNI, tetapi yang memiliki nilai viskositas kinematik sesuai dengan standar SNI hanya sampel biodiesel dengan pretreatment arang aktif berukuran 100 mesh dan semua sampel biodiesel dengan pretreatment arang kayu. Semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan dalam pretreatment, massa jenis sampel biodiesel semakin besar, sedangkan titik nyala, titik kabut, dan titik tuang biodiesel semakin kecil. Kadar FFA dalam minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel tidak mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Kata kunci: *Biodiesel, transesterifikasi, FFA, adsorbent, massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Ukuran Partikel Arang Kayu sebagai Adsorben pada Pretreatment Minyak Jelantah terhadap Karakteristik Biodiesel”**. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. selaku ketua jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Ibu Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T. selaku dosen wali serta pembimbing dalam penyelesaian tugas akhir yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan arahan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Ir. Zulkifli, MSc selaku kepala Laboratorium Rekayasa Bahan yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh anggota Laboratorium Rekayasa Bahan yang telah membantu meminjamkan peralatan untuk penyelesaian penelitian.
5. Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah memberikan pinjaman alat dalam melakukan pengujian, serta Laboratorium Energi LPPM ITS yang telah membantu dalam proses pengujian.
6. Orang tua dan keluarga yang telah senantiasa mendoakan dan memberi motivasi dimanapun penulis berada.
7. Teman-teman seperjuangan TAwan dan TAwati Rekayasa Bahan, Dhien, Mariesta, Uyun, Zua, Ayik, Bertus, Siddiq, Lugas, dan mbak Nur Ika.
8. Teman-teman TF 2011 yang telah mendoakan lancarnya penyelesaian tugas akhir, dan menemani serta memotivasi selama proses belajar.

9. Mbak Fidya, mbak Tika, Fierda, Nur, Vivi, Ninin, yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari semua pihak. Penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat membantu menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 13 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biodiesel.....	5
2.2 Minyak Nabati sebagai Bahan Bakar Biodiesel.....	11
2.3 Biodiesel Minyak Jelantah.....	11
2.4 Arang Aktif.....	12
2.5 Mekanisme Adsorpsi.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Alat dan Bahan.....	18
3.2 Persiapan Sampel.....	20
3.3 Pembuatan Biodiesel.....	23
3.4 Karakterisasi Biodiesel.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil Pengujian FFA.....	27
4.2 Hasil Pengujian Biodiesel.....	28
4.3 Pembahasan.....	31
4.4 Interpretasi Hasil.....	38
BAB V KESIMPULAN.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Sifat atau Karakteristik antara Minyak Diesel, Minyak Nabati Biasa dan <i>Biodiesel</i>	8
Tabel 2.2	Syarat Mutu <i>Biodiesel</i> Ester Alkil	9
Tabel 2.3	Metode Uji Karakteristik Biodiesel	10
Tabel 2.4	Perbandingan Karakteristik Minyak Jelantah, <i>Biodiesel</i> Minyak Jelantah dan Petrodiesel	12
Tabel 3.1	Sampel Penelitian	24
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kadar FFA Minyak Jelantah	27
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Massa Jenis Sampel <i>Biodiesel</i>	28
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Viskositas Kinematik Sampel <i>Biodiesel</i>	29
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Titik Nyala Sampel <i>Biodiesel</i>	30
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Titik Kabut dan Titik Tuang <i>Biodiesel</i>	31
Tabel 4.6	Perbandingan Karakteristik <i>Biodiesel</i> Hasil Penelitian	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi-reaksi yang dapat menghasilkan <i>biodiesel</i> : (a) Esterifikasi. (b) Transesterifikasi. (c) Interesterifikasi	6
Gambar 2.2	Skema produksi <i>biodiesel</i> menggunakan reaksi transesterifikasi	7
Gambar 2.3	Tahapan aktivasi karbon selama perlakuan termal	14
Gambar 2.4	Proses penyerapan atau adsorpsi pada karbon aktif	16
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2	Viskometer <i>Koehler</i> E-100	25
Gambar 4.1	Hubungan ukuran partikel terhadap kadar FFA	32
Gambar 4.2	Hubungan ukuran partikel terhadap massa jenis sampel <i>biodiesel</i>	33
Gambar 4.3	Hubungan ukuran partikel terhadap viskositas kinematik sampel <i>biodiesel</i>	35
Gambar 4.4	Hubungan ukuran partikel terhadap titik nyala sampel <i>biodiesel</i>	36
Gambar 4.5	Hubungan ukuran partikel terhadap titik kabut <i>biodiesel</i>	37
Gambar 4.6	Hubungan ukuran partikel terhadap titik tuang <i>biodiesel</i>	38
Gambar 4.7	Hubungan ukuran partikel adsorben terhadap karakteristik <i>biodiesel</i> yang dihasilkan.	39
Gambar 4.8	Hubungan kadar FFA sampel minyak jelantah dengan karakteristik <i>biodiesel</i> yang dihasilkan	40
Gambar 4.9	Pengaruh kadar FFA terhadap viskositas kinematik pada beberapa penelitian	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia mencapai 1,5 juta barel per hari, dengan total cadangan minyak yang masih tersisa di Indonesia adalah 9 milyar barel (Kementerian ESDM, 2014). Dapat dipastikan cadangan bahan bakar minyak Indonesia akan habis dalam beberapa tahun mendatang. Dengan produksi dalam negeri 800.000 barel per hari, artinya pemerintah harus mengimpor sekitar 700.000 barel per hari untuk memenuhi konsumsi bahan bakar minyak dalam negeri (Kementerian ESDM, 2014). Sehingga, kementerian ESDM mengeluarkan peraturan mengenai penggunaan *biodiesel* pada kendaraan bermotor sebesar 20% pada tahun 2016 yang tercakup dalam Permen nomor 25 tahun 2013, yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi BBM.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi dengan mereaksikan trigliserida dengan *methanol* maupun *ethanol* dengan bantuan katalis basa sehingga terbentuk gugus alkil ester (Hambali, 2007). Bahan yang dapat digunakan untuk membuat *biodiesel* antara lain minyak nabati, lemak hewani, dan organisme *microalgae* dan *cyanobacteria*. Jenis minyak nabati yang dapat digunakan bergantung pada iklim negara tersebut. Daerah Eropa dan Kanada menggunakan minyak biji lobak, minyak kedelai di Amerika, dan minyak kelapa sawit di daerah tropis seperti Indonesia dan Malaysia (Issariyakul, 2014).

Produksi minyak kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2013 tercatat mencapai 26 juta ton dengan konsumsi domestik 9 juta ton dan 15 juta ton diekspor, dan diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya sebesar 7% hingga 10% (Ditjen Perkebunan, 2014). Penggunaan minyak kelapa sawit untuk penggorengan akan menghasilkan limbah berupa minyak yang bersifat karsinogenik, pemakaian secara berkelanjutan dapat merusak kesehatan, sehingga diperlukan penanganan yang tepat agar

limbah tersebut tidak menimbulkan kerugian. Minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah merupakan limbah minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *biodiesel*. Namun, akibat proses penggorengan kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah akan meningkat dan mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dibuat (Setiawati, 2012).

Untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak jelantah dapat dilakukan proses *pretreatment* sebelum dilakukan proses transesterifikasi (Setiawati, 2012). Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan ampas tebu sebagai adsorben dalam proses *pretreatment*, dengan memvariasikan ukuran partikel dan massa ampas tebu diperoleh penurunan kadar FFA (*free fatty acid*) pada minyak jelantah, namun viskositas *biodiesel* yang dihasilkan masih belum memenuhi standar SNI (Ratno, 2013). Penelitian lain yang berkaitan adalah penggunaan adsorben berupa arang aktif ampas tebu dalam proses *pretreatment*, dengan penurunan kadar FFA hingga 70% namun belum secara efektif meningkatkan kualitas *biodiesel* yang dihasilkan (Farihah, 2013). Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan *pretreatment biodiesel* minyak jelantah dengan menggunakan arang kayu untuk meningkatkan kualitas *biodiesel* yang dihasilkan. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh ukuran arang kayu yang digunakan baik yang diarang aktifkan maupun tidak.

1.2 Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh ukuran partikel arang kayu sebagai adsorben pada *pretreatment* minyak jelantah terhadap karakteristik *biodiesel*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dalam tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel arang kayu sebagai adsorben pada *pretreatment* minyak jelantah terhadap

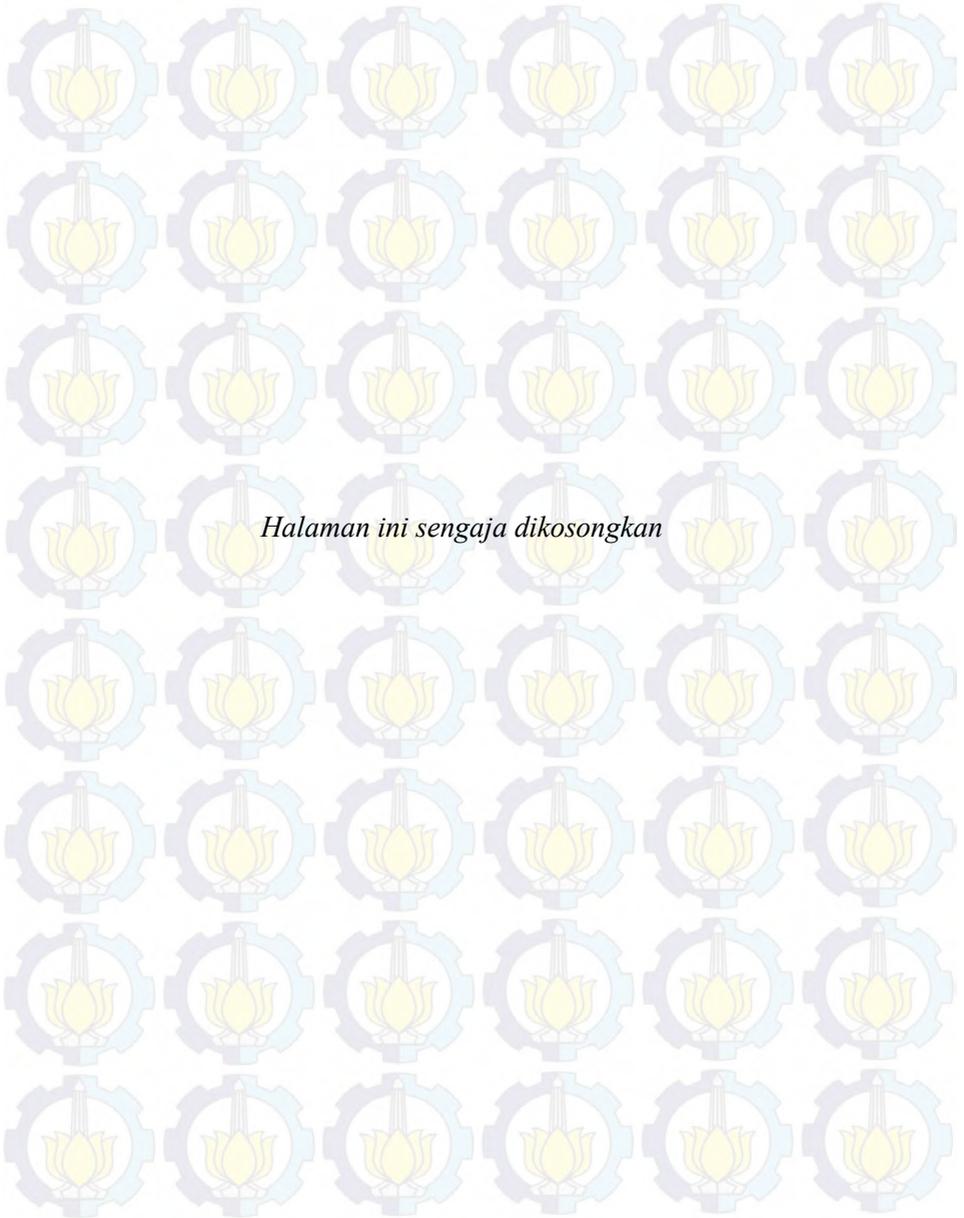
karakteristik *biodiesel*. Lebih khusus, tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk :

- a. Mengetahui pengaruh ukuran partikel adsorben arang kayu dan arang kayu aktif terhadap penurunan kadar FFA minyak jelantah.
- b. Mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap karakteristik *biodiesel* minyak jelantah.
- c. Mengetahui pengaruh kadar FFA minyak jelantah terhadap karakteristik *biodiesel*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Proses *pretreatment* semua sampel adalah sama dalam hal waktu perendaman dan massa adsorben.
- b. Adsorben yang digunakan dalam proses *pretreatment* adalah serbuk arang kayu dan serbuk arang kayu aktif dengan variasi ukuran masing-masing adalah 100 mesh ($149\mu\text{m}$), 200 mesh ($74\mu\text{m}$), 325 mesh ($44\mu\text{m}$), dan 400 mesh ($37\mu\text{m}$).
- c. Karakteristik *biodiesel* yang ditinjau adalah massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

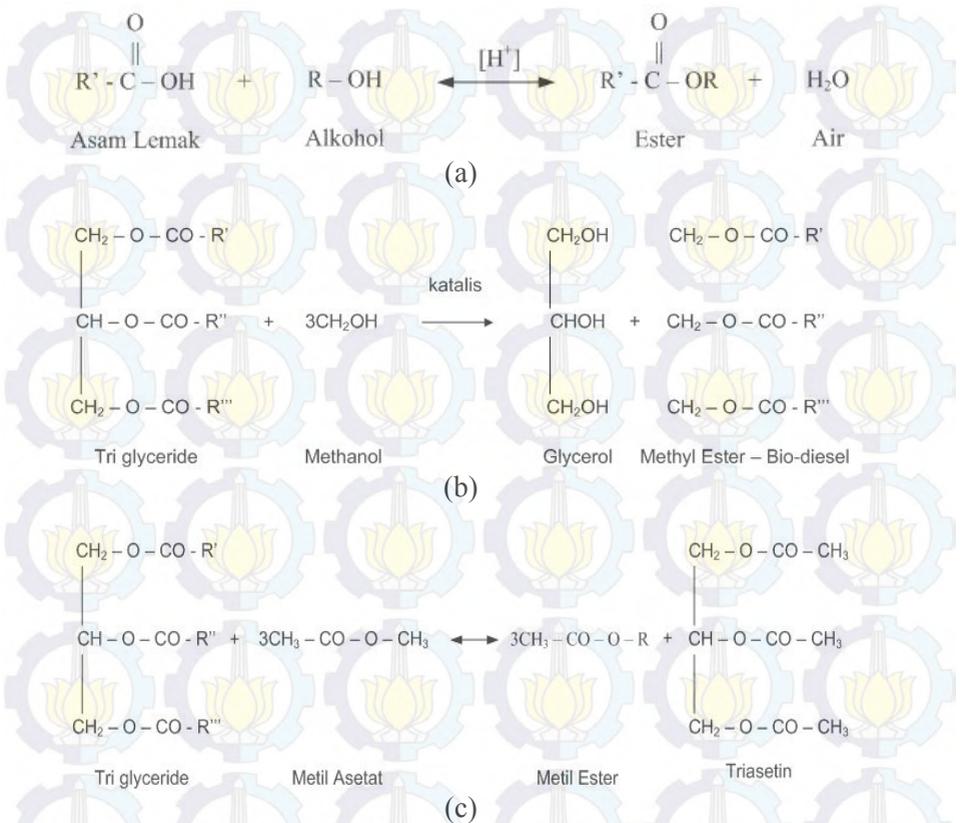
2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan rangkaian panjang asam lemak mono alkil ester yang dapat diperoleh dari *acyl-glicerol* (biasanya trigliserida) pada minyak nabati melalui proses transesterifikasi menggunakan alkohol berantai pendek. Secara efektif, *biodiesel* dapat digunakan dengan mencampurkan petrodiesel dengan perbandingan tertentu atau tanpa pencampuran. Umumnya perbandingan yang digunakan adalah 20% *biodiesel* dan 80% petrodiesel atau biasa disebut bahan bakar B20 (Zooba, 2011).

Berdasarkan penelitian (Zooba, 2011), sifat fisika dan sifat kimia *biodiesel* hampir sama dengan petrodiesel, sehingga tanpa memodifikasi mesin diesel yang ada, nilai energi yang dihasilkan hampir setara. Perbedaannya terletak pada kandungan racun *biodiesel* yang sangat rendah, serta dapat didegradasi 4 kali lebih cepat dibandingkan petrodiesel, yaitu 98% terdegradasi dalam 3 minggu. *Biodiesel* juga termasuk ramah lingkungan karena memiliki emisi gas buang yang sangat rendah dibandingkan petrodiesel, serta bebas kandungan sulfur.

Ada beberapa cara untuk memperoleh *biodiesel* dari minyak nabati (Akbar, 2008), yaitu :

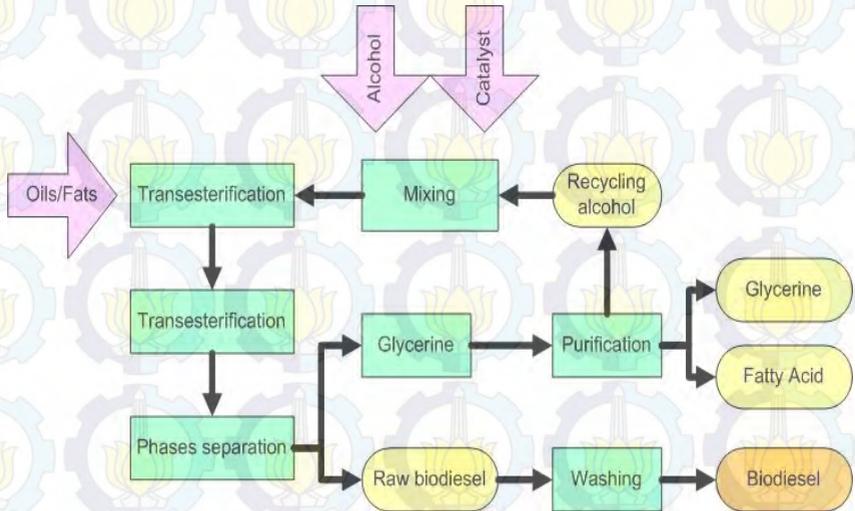
- a. Reaksi esterifikasi (Gambar 2.1 a), merupakan proses reaksi antara asam lemak bebas dengan *methanol* atau *ethanol*, menggunakan katalis berupa asam yang menghasilkan metil ester asam lemak dan air.
- b. Reaksi transesterifikasi (Gambar 2.1 b), merupakan proses reaksi antara trigliserida pada minyak nabati dengan *methanol* atau *ethanol*, menggunakan katalis berupa basa atau alkali, yang menghasilkan *biodiesel* dan gliserol.
- c. Reaksi Interesterifikasi (Gambar 2.1 c), merupakan proses pertukaran gugus antara dua ester dengan menggunakan katalis kimia, katalis enzim, ataupun tanpa katalis.



Gambar 2.1 Reaksi-reaksi yang dapat menghasilkan biodiesel :
 (a) Esterifikasi. (b) Transesterifikasi. (c) Interesterifikasi. (Listiadi, 2013)

Reaksi yang paling umum diaplikasikan dalam proses pembuatan *biodiesel* dari minyak nabati adalah reaksi transesterifikasi. Secara umum proses yang dilalui dalam pembuatan *biodiesel* secara transesterifikasi dijelaskan dalam Gambar 2.2. Bahan baku berupa minyak nabati maupun lemak nabati dikumpulkan untuk diproduksi menjadi *biodiesel* melalui proses transesterifikasi menggunakan alkohol dan katalis. Dari

proses transesterifikasi tersebut terbentuk *biodiesel* dan produk sampingan berupa gliserin. Gliserin dapat dimurnikan kembali menjadi gliserin, asam lemak, dan alkohol yang dapat digunakan kembali dalam proses transesterifikasi. Sedangkan *biodiesel* harus melalui proses pencucian untuk menghilangkan sisa-sisa gliserin yang tertinggal dan zat-zat lainnya, sehingga diperoleh *biodiesel* murni.



Gambar 2.2 Skema produksi *biodiesel* menggunakan reaksi transesterifikasi (Zobaa, 2011)

Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar mesin diesel telah diteliti sejak era pengembangan mesin diesel oleh Rudolf Diesel pada tahun 1858-1913 dengan menggunakan minyak kacang tanah sebagai bahan bakar. Sering waktu, banyak minyak nabati yang telah diteliti untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, antara lain minyak kelapa sawit, minyak kedelai, minyak biji kapas, minyak jarak, dan lain-lain. Hasil penelitian tersebut menunjukkan mesin diesel memiliki performa yang baik saat menggunakan bahan bakar minyak nabati (Zobaa, 2011). Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan sifat antara bahan bakar petrodiesel, minyak nabati biasa, dan *biodiesel*.

Tabel 2.1 Perbandingan Karakteristik antara Minyak Diesel, Minyak Nabati Biasa dan *Biodiesel* (McDonnell, 1999).

Karakteristik	Minyak Diesel	Minyak Bunga Matahari	<i>Biodiesel</i> Bunga Matahari	Minyak Rape-seed	<i>Biodiesel</i> Rape-seed
Massa Jenis pada 15°C (kg/l)	0,85	0,92	0,89	0,9	0,883
Titik Nyala (°C)	63	215	183	200	153
Viskositas Kinematik pada 37,8°C (mm ² /s)	3,2	35	4,2	39	4,8
Bilangan Setana	45-50	33	47-51	35-40	52
Panas pembakaran (MJ/kg)	44	39,5	40	-	40
Titik Keruh (°C)	0-3	-6,6	3	-	-3
Sulfur (% berat)	0,3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Residu Karbon (% berat)	0,2	0,42	0,05	-	-
Batas Awal Volatilisasi (°C)	70	280	70	280	70
Batas Akhir Volatilisasi (°C)	260	520	260	520	250

Di Indonesia sendiri, telah ditentukan standarisasi dari karakteristik *biodiesel* secara umum, yang tercantum dalam SNI 7182:2012 tabel 1 halaman 3-4. Secara lengkap disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Syarat Mutu *Biodiesel* Ester Alkil (BSN, 2012).

Parameter	Satuan	Nilai
Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890
Viskositas kinematic pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka setana		Min 51
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min 100
Titik kabut	°C	Maks 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		No. 1
Residu Karbon - Dalam contoh asli, atau - Dalam 10% ampas destilasi	%-massa	Maks 0,05 Maks 0,30
Air dan sedimen	%-vol	Maks 0,05
Temperatur destilasi 90%	°C	Maks 360
Abu tersulfatkan	%-massa	Maks 0,02
Belerang		Maks 100
Fosfor		Maks 10
Angka asam		Maks 0,6
Gliserol bebas	%-massa	Maks 0,02
Gliserol total	%-massa	Maks 0,24
Kadar ester alkil	%-massa	Min 96,5
Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g)	Maks 115
Kestabilan oksidasi - Periode induksi metode rancimat - Periode induksi metode petro oksidasi	menit	360 27

Untuk memperoleh nilai dari parameter-parameter tersebut, dilakukan pengujian sesuai dengan standar yang telah ditentukan (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Metode Uji Karakteristik *Biodiesel* (BSN, 2012).

Parameter	Metode Uji
Massa jenis pada 40°C	ASTM D 1298, ASTM D 4052 dan SNI 7182:2012 bagian 9.1
Viskositas kinematic pada 40°C	ASTM D 445 dan SNI 7182:2012 bagian 9.2
Angka setana	ASTM D 613, ASTM D 6890 dan SNI 7182:2012 bagian 9.3
Titik nyala (mangkok tertutup)	ASTM D 93 dan SNI 7182:2012 bagian 9.4
Titik kabut	ASTM D 2500 dan SNI 7182:2012 bagian 9.5
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)	ASTM D 130-10 dan SNI 7182:2012 bagian 9.6
Residu Karbon - Dalam contoh asli, atau - Dalam 10% ampas destilasi	ASTM D 4530, ASTM D 189 dan SNI 7182:2012 bagian 9.7
Air dan sedimen	ASTM D 2709 dan SNI 7182:2012 bagian 9.8
Temperatur destilasi 90%	ASTM D 1160 dan SNI 7182:2012 bagian 9.9
Abu tersulfatkan	ASTM D 874 dan SNI 7182:2012 bagian 9.10
Belerang	ASTM D 5453, ASTM D 1266, ASTM D 4294, ASTM D 2622 dan SNI 7182:2012 bagian 9.11
Fosfor	AOCS Ca 12-55, dan SNI 7182:2012 bagian 9.12
Angka asam	AOCS Ca 3d-63, ASTM D 664 dan SNI 7182:2012 bagian 9.13
Gliserol bebas	AOCS Ca 14-56, ASTM D 6584 dan SNI 7182:2012 bagian 9.14
Gliserol total	
Kadar ester alkil	SNI 7182:2012 bagian 9.15
Angka iodium	AOCS Cd 1-25 dan SNI 7182:2012 bagian 9.16
Kestabilan oksidasi - Periode induksi metode rancimat - Periode induksi metode petro oksidasi	EN 15751 dan SNI 7182:2012 bagian 9.17.1 ASTM D 7545 dan SNI 7182:2012 bagian 9.17.2

2.2 Minyak Nabati sebagai Bahan Bakar *Biodiesel*

Konsep penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar transportasi telah ada sejak dikembangkannya mesin diesel pada tahun 1893 oleh Rudolf Diesel (ElSohl, 2011). Minyak nabati sendiri merupakan salah satu bahan bakar terbarukan dan ramah lingkungan sehingga sangat berpotensi untuk menjadi bahan bakar pengganti. Penyusun utama minyak nabati adalah sekitar 90 hingga 98% trigliserida dan sisanya adalah mono- dan digliserida. Beberapa kandungan yang terdapat dalam minyak nabati adalah asam lemak bebas (FFA), air, *sterols*, *phospholipids*, dan lain-lain. Jenis minyak nabati yang berbeda memiliki jenis lemak bebas yang berbeda pula.

Kelebihan minyak nabati sebagai bahan bakar diesel adalah ketersediaannya yang melimpah, dapat diperbarui, kandungan panas yang lebih tinggi (88% dari bahan bakar D2), kandungan sulfur lebih rendah, kandungan aromatik yang rendah, dan *biodegradable*. Kelemahan utamanya antara lain viskositasnya lebih tinggi, sulit menguap, dan reaktif terhadap rantai hidrokarbon tak jenuh (ElSolh, 2011).

2.3 *Biodiesel* Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan minyak nabati yang telah digunakan dalam proses penggorengan. Karena dilakukan proses pemanasan yang cukup lama hingga mencapai suhu $\pm 170-180^{\circ}\text{C}$, dihasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak berupa aldehid, keton, dan polimer. Selain itu akan meningkatkan kadar FFA, viskositas yang tinggi, dan kerusakan-kerusakan lainnya (Listiadi, 2013).

Untuk memanfaatkan minyak jelantah, terlebih dahulu dilakukan proses pemurnian, dimana hasil pemurnian minyak jelantah tersebut dapat digunakan kembali sebagai minyak goreng, atau dapat digunakan sebagai bahan baku produk berbasis minyak. Tujuan utama dari pemurnian minyak jelantah ini adalah untuk menghilangkan warna, rasa, dan bau serta memperpanjang waktu penyimpanan sebelum dapat digunakan kembali. Terdapat tiga tahap pemurnian minyak jelantah, yaitu (Naomi, 2013) :

- Penghilangan bumbu
- Netralisasi
- Pemucatan

Berbeda dengan minyak nabati yang merupakan *biodegradable*, minyak jelantah dapat menyebabkan polusi yang berbahaya yang menimbulkan kesulitan saat pengolahan limbahnya. Namun masih sangat berpotensi untuk diproduksi menjadi *biodiesel*. Selain karena *raw material* yang lebih murah, juga lebih mudah diperoleh daripada minyak nabati yang baru (Zobaa, 2011).

Tabel 2.4 Perbandingan Karakteristik Minyak Jelantah, *Biodiesel* Minyak Jelantah dan Petrodiesel (EISOhl, 2011).

Karakteristik	Satuan	Minyak Jelantah	<i>Biodiesel</i> Minyak Jelantah	Petrodiesel
Viskositas Kinematik	mm ² /s pada 313 K	36,4	5,3	1,9-4,1
Densitas	Kg/l pada 288 K	0,924	0,897	0,075-0,840
Titik nyala	K	485	469	340-358
Titik tuang	K	284	262	254-260
Nomor setana		49	54	40-46
Kadar abu	%	0,006	0,004	0,008-0,010
Kadar sulfur	%	0,09	0,06	0,35-0,55
Residu karbon	%	0,46	0,33	0,35-0,40
Kadar air	%	0,42	0,04	0,02-0,05
Higher heating value	MJ/kg	41,40	42,65	45,62-46,48
Asam lemak bebas	Mg KOH/g oil	1,32	0,10	-
Nilai iodine		141,5	-	-

2.4 Arang Aktif

Arang aktif (Leimkuehler, 2010) didefinisikan sebagai material yang mengandung zat arang dengan area permukaan internal yang luas dan struktur porus yang dikembangkan sebagai hasil dari bahan mentah yang diproses pada temperatur yang tinggi. Karbon aktif mengandung 87% hingga 97% karbon, dan

juga mengandung elemen lain tergantung pada proses metode yang digunakan dan bahan mentahnya. Struktur poros karbon aktif memungkinkan untuk menyerap material dari fase liquid dan gas. Volume pori-pori berkisar antara 0,20 hingga 1 cm³/g. Luas permukaannya berkisar antara 800 hingga 3000 m²/g. Area permukaan terdiri dari sebagian besar mikropori dengan diameter pori yang lebih kecil dari 2 nm. Karakteristik yang menguntungkan tersebut membuat karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben untuk berbagai aplikasi.

Untuk memperoleh karbon aktif pertama dilakukan karbonisasi dan diikuti oleh aktivasi dari material yang mengandung zat arang dari bahan alami. Karbonisasi adalah proses pemanasan pada 400-800°C yang mengubah bahan mentah menjadi karbon dengan meminimalkan kandungan zat yang mudah menguap dan meningkatkan kandungan karbon dari material tersebut. Peningkatan kekuatan material dan pembentukan struktur awal pori yang dibutuhkan untuk mengaktifkan karbon.

Penyesuaian kondisi karbonisasi dapat berakibat pada produk akhir secara signifikan. Peningkatan temperatur karbonisasi meningkatkan reaktivitas, namun pada saat yang sama akan mengurangi volume pori yang dihasilkan. Penurunan volume pori berkaitan dengan peningkatan kondensasi material pada temperatur yang lebih tinggi yang menghasilkan peningkatan kekuatan mekanik. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih temperatur proses yang tepat sesuai dengan produk karbonisasi yang diinginkan.

Proses aktivasi karbon (Mohammad-Khah, 2009) dilakukan dengan perlakuan termal pada suhu tinggi 800-1000°C, hasilnya, produk pembakaran yang tidak sempurna terbakar dan terbuang. Sehingga permukaan karbon sangat meningkat dengan penghilangan hidrokarbon (Gambar 2.3).

Pada aktivasi dengan mengoksidasi gas, seperti menggunakan aktivasi uap, karbon bereaksi dengan agen oksidasi menghasilkan karbon oksida. Oksida tersebut berdifusi dari karbon menghasilkan gasifikasi parsial yang membuka pori yang

sebelumnya tertutup dan mengembangkan struktur poros internal karbon.



Gambar 2.3 Tahapan aktivasi karbon selama perlakuan termal (Mohammad-Khah, 2009).

Untuk proses aktivasi kimia, karbon direaksikan pada temperatur tinggi dengan agen *dehydrating* yang mengurangi mayoritas hidrogen dan oksigen dari struktur karbon. Aktivasi kimia sering mengkombinasikan langkah karbonisasi dan aktivasi, namun kedua langkah tersebut masih dapat dilakukan secara terpisah tergantung pada prosesnya. Luas permukaan tertinggi lebih dari $200 \text{ m}^2/\text{g}$ telah ditemukan dengan menggunakan KOH sebagai agen aktivasi kimia.

Pada proses aktivasi kimia, kedua proses baik karbonisasi maupun aktivasi dilakukan secara simultan. Bahan mentah yang secara umum digunakan adalah serbuk gergaji atau bahan lapuk, yang dicampur dengan zat kimia dalam rasio yang tepat, kering, dan dikarbonisasi pada suhu 800°C atau lebih, setelah proses karbonisasi, zat impregnasi residu dihilangkan dengan menggunakan air. Bahan kimia anorganik seperti *zinc chloride*, *phosphoric acid* dan *alkali metal* hidroksida untuk mengurangi molekul organik selama karbonisasi yang mencegah deposisi hidrokarbon pada permukaan karbon (Leimkuehler, 2010).

Terdapat dua jenis arang aktif ditinjau dari fasa zat yang diadsorbsi.

- Arang aktif sebagai pemucat
Arang aktif jenis tersebut berbentuk serbuk dengan diameter pori mencapai 1000 \AA dan digunakan dalam fasa cair. Arang ini diperoleh dari bahan baku yang berstruktur lemah dan densitas kecil, seperti serbuk gergaji dan ampas pembuatan kertas.
- Arang aktif sebagai penyerap uap
Arang aktif jenis tersebut berbentuk pellet atau granula yang sangat keras, berdiameter pori $10\text{-}200 \text{ \AA}$. Tipe pori arang aktif ini lebih halus dibandingkan pemucat karena digunakan dalam fasa gas. Bahan baku berstruktur keras sebagai bahan dasar arang ini antara lain tempurung kelapa, tulang, batu bata, dan sebagainya.

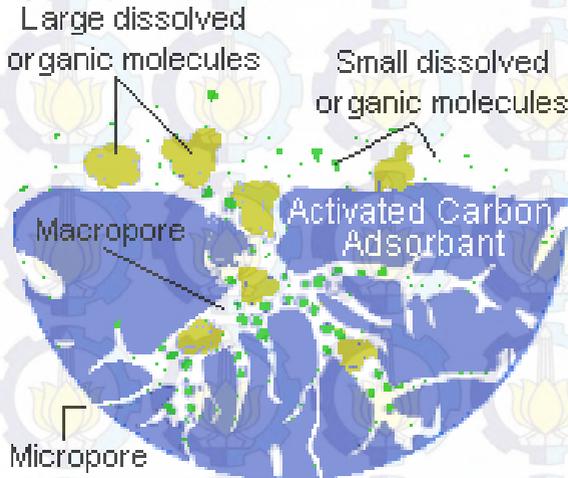
2.5 Mekanisme Adsorpsi

Ketika gas atau uap terbawa dan bersinggungan dengan padatan, sebagian gas atau uap akan diambil oleh padatan tersebut. Molekul yang hilang dari gas atau uap masuk kedalam padatan (absorpsi), atau hanya menempel pada luar permukaan (adsorpsi). Ketika fenomena tersebut terjadi secara simultan, maka terjadi proses penyerapan (Gambar 2.4). Padatan yang mengambil molekul disebut sebagai adsorben, dan gas, uap, atau zat yang terambil pada permukaan disebut sebagai adsorbat (Mohammad-Khah, 2009).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi banyak sedikitnya molekul yang dapat diserap oleh adsorben.

- Ditinjau dari sifat adsorben
 - Kemurnian adsorben, lebih murni adsorben yang digunakan maka daya serapnya semakin baik.
 - Luas permukaan dan volume pori adsorben, semakin luas permukaan adsorben dengan jumlah pori-pori mikro yang sangat banyak pada karbon aktif, maka semakin besar jumlah adsorbat yang dapat diserap
- Ditinjau dari jenis adsorbat
 - Kepolaran adsorbat, dengan diameter yang sama, molekul polar akan lebih kuat diserap.

- Ukuran molekul adsorbat, molekul yang dapat diserap oleh adsorben memiliki diameter sama atau lebih kecil dari diameter pori.

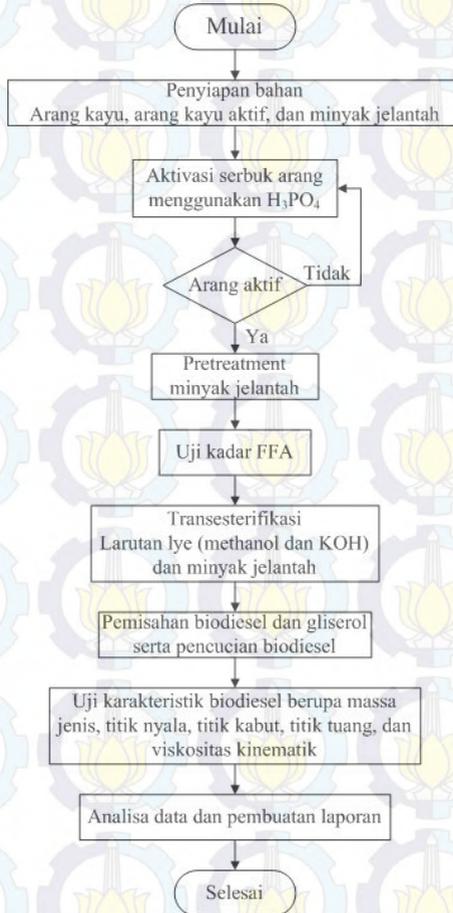


Gambar 2.4 Proses penyerapan atau adsorpsi pada karbon aktif (AL-Mahallawi, 2011)

Selain kedua parameter di atas, temperatur dan tekanan adsorbat juga mempengaruhi daya serap adsorben. Semakin rendah temperatur maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin banyak. Sedangkan pada tekanan adsorbat, bergantung pada jenis adsorpsi yang terjadi. Pada adsorpsi fisika semakin tinggi tekanan, semakin banyak molekul teradsorpsi, sedangkan pada adsorpsi kimia sebaliknya, semakin tinggi tekanan maka molekul yang teradsorpsi semakin sedikit (Rainudy, 2012)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini, dilakukan suatu prosedur tertentu untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah yang dilakukan digambarkan pada skema Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

Prosedur dalam diagram alir tersebut terdiri dari tiga tahap utama. Tahap preparasi sampel meliputi penyiapan bahan, aktivasi arang, dan *pretreatment* minyak serta uji kadar FFA. Tahap pembuatan *biodiesel* meliputi proses transesterifikasi, dan pemisahan serta pencucian *biodiesel*. Dan tahap karakterisasi yang meliputi pengujian massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

- *Hot plate* dan *magnetic stirrer*
Digunakan dalam proses pencampuran maupun pemanasan selama penelitian berlangsung.
- *Sieve and shaker*
Digunakan dalam proses pengayakan untuk mendapatkan variasi ukuran arang kayu maupun arang kayu aktif sebagai adsorben saat proses *pretreatment*.
- Neraca digital
Digunakan untuk mengukur massa berbagai bahan selama penelitian. Neraca digital yang digunakan memiliki ketelitian hingga 0.01 gram.
- Termometer digital
Digunakan untuk mengukur suhu selama proses uji maupun proses pembuatan sampel.
- *Furnace*
Digunakan selama proses aktivasi arang kayu secara fisika dengan suhu kerja 800°C dan mengeringkan arang yang akan diayak maupun yang akan digunakan sebagai adsorben dengan suhu 120°C.
- Viskometer *Koehler E-100*
Digunakan dalam pengukuran viskositas kinematik, peralatan ini terdapat di Laboratorium Energi LPPM ITS.
- Gelas *beaker* 250 ml dan 500 ml
Digunakan dalam pengukuran volume sampel, pemanasan awal sampel minyak, pembuatan larutan *lye*, proses

transesterifikasi, pengujian kadar FFA dan pengujian massa jenis *biodiesel*.

- Gelas ukur 10 ml
Digunakan selama proses titrasi dan pengujian untuk pengambilan sampel uji.
- Pipet tetes
Digunakan selama proses penelitian terutama dalam pengujian FFA dan pengujian lainnya.
- *Crucible* 50 dan 100 ml
Digunakan untuk wadah aktivasi arang secara fisika dan pengujian titik nyala *biodiesel*.
- *Mortar*
Digunakan selama proses pengayakan untuk menghaluskan arang yang akan diayak.
- Tabung reaksi
Digunakan dalam pengujian titik kabut dan titik tuang

Selanjutnya, bahan yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

- Minyak jelantah
Seluruh minyak jelantah yang diperoleh dari berbagai sumber dicampur menjadi satu, disaring, dan kemudian dipanaskan pada suhu 120°C untuk menghilangkan kadar air yang mungkin tertinggal selama ± 5 menit.
- Arang kayu
Arang kayu yang diperoleh dari pasar ditumbuk hingga halus kemudian diayak hingga diperoleh varian ukuran 100, 200, 325, dan 400 mesh yang kemudian sebagian arang tersebut diaktifkan.
- H_3PO_4 12,5%
Digunakan sebagai aktivator dalam proses aktivasi arang kayu.
- *Ethanol* 96%
Digunakan saat pengujian titrasi untuk mengetahui kadar FFA dalam minyak jelantah, baik yang tanpa *pretreatment* maupun setelah *pretreatment*.

- Indikator PP
Indikator PP yang digunakan adalah *phenolphthalein* yang akan memberikan reaksi perubahan warna pada minyak jelantah saat dilakukan proses titrasi.
- NaOH 0,05 M
Digunakan selama proses pengukuran kadar FFA dengan metode titrasi.
- *Methanol* dan KOH
Digunakan untuk membuat larutan *lye* yang merupakan komponen utama proses transesterifikasi. KOH sendiri berperan sebagai katalis.

3.2 Persiapan Sampel

Pada tahap persiapan sampel terdiri dari 3 langkah utama, yaitu preparasi sampel minyak jelantah, preparasi adsorben, dan proses *pretreatment*.

- Preparasi sampel minyak jelantah
Dilakukan pengumpulan minyak jelantah dari berbagai sumber, baik dari penjual gorengan, pabrik tahu, dan dari rumah tangga. Minyak jelantah tersebut disaring untuk menghilangkan kotoran sisa penggorengan. Kemudian dibagi menjadi 9 sampel dengan masing-masing volume 500 ml. masing-masing sampel dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu 120°C selama ± 5 menit untuk menghilangkan air yang mungkin terdapat dalam minyak.
- Pengayakan arang dan aktivasi arang
Dilakukan pembelian arang kayu dari pasar tradisional. Ukuran arang yang awalnya besar tersebut diperkecil dengan menggunakan *blender*. Karena partikel yang diperoleh dari proses tersebut masih cukup besar sehingga dilakukan penggerusan arang menggunakan *mortar*. Setelah partikel arang halus, serbuk arang dipanaskan dalam *oven* dengan suhu 120°C selama 10 menit untuk menghilangkan kadar air sehingga proses pengayakan akan lebih efektif dan tidak terjadi penggumpalan serbuk arang pada *sieve*. Penyusunan *sieve* dari atas adalah 100, 200, 325, dan yang paling bawah

400 mesh. *Sieve* diletakkan pada *shaker* dan kemudian dilakukan pengayakan selama 10 hingga 12 menit. Setelah dilakukan pemisahan serbuk arang berdasarkan ukuran tersebut, serbuk arang yang tidak tersaring digerus lagi menggunakan *mortar* dan kemudian diayak lagi, hingga diperoleh serbuk arang sesuai dengan keperluan penelitian, yaitu adsorben arang kayu masing-masing 37,5 gram, dan adsorben arang kayu yang diaktifkan masing-masing 37,5 gram.

Proses aktivasi arang dimulai dari aktivasi kimia yaitu menggunakan aktivator H_3PO_4 12,5 % yang diperoleh dari pengenceran 75 ml H_3PO_4 85% dicampur dengan aquades hingga 500 ml. 37,5 gram serbuk arang dicampur dengan 75 ml aktivator dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam dengan suhu $80^\circ C$. Setelah 4 jam, campuran tersebut didiamkan selama 24 jam dan kemudian dilakukan aktivasi fisika. Arang tersebut dipanaskan dalam *crucible* tertutup menggunakan *furnace* dengan suhu $800^\circ C$ selama 2 jam. Kemudian setelah dingin, dilakukan penggerusan kembali untuk menghancurkan serbuk arang yang menggumpal.

Sebagian arang yang telah diaktifkan diuji keaktifannya menggunakan air keruh. Pengaktifan arang berhasil dilakukan jika arang aktif yang telah dibuat dapat menjernihkan air keruh. Air keruh dibuat dari campuran air dan tanah yang didiamkan beberapa saat hingga tanahnya mengendap dan diambil airnya saja. Air keruh dicampur dengan 37,5 gram arang aktif, diaduk dan kemudian didiamkan selama ± 12 jam. Setelah 12 jam air keruh tersebut menjadi jernih kembali, lebih jernih jika dibandingkan dengan air keruh tanpa arang aktif yang juga dibiarkan mengendap dengan waktu yang sama.

- *Pretreatment* minyak jelantah

Pretreatment minyak jelantah dilakukan dengan mencampurkan 9 sampel minyak jelantah dengan adsorben arang dan arang aktif (Tabel 3.1). Proses *pretreatment* dalam penelitian

ini merupakan proses pencampuran sampel minyak jelantah dan adsorben dengan tujuan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak jelantah yang menjadi bahan dasar *biodiesel*. Campuran minyak dan arang tersebut didiamkan selama 10 jam. Selama 5 jam pertama dilakukan pengadukan setiap satu jam untuk memaksimalkan adsorpsi.

Tabel 3.1 Sampel penelitian

Adsorben	Ukuran Partikel (mesh)	Kode sampel	Jumlah Sampel
-	-	A0	1
Serbuk Arang Kayu	100	A1	1
	200	A2	1
	325	A3	1
	400	A4	1
Serbuk Arang Kayu Aktif	100	AA1	1
	200	AA2	1
	325	AA3	1
	400	AA4	1
Total jumlah sampel			9

Setelah didiamkan selama 10 jam, minyak jelantah dipisahkan dari adsorben yang mengendap menggunakan kertas salring dengan permukaan yang kasar. Dari penyaringan pertama didapatkan minyak jelantah masih mengandung serbuk adsorben, sehingga dilakukan penyaringan kembali menggunakan kertas saring yang berstruktur lebih halus sebanyak 3 lapisan. Karena kekentalan sampel, diperlukan waktu 1 minggu untuk menyelesaikan proses penyaringan sehingga diperoleh minyak jelantah yang bersih dari serbuk adsorben. minyak jelantah tersebut selanjutnya dititrasi untuk mengetahui kadar FFA masing-masing sampel yang telah melalui proses *pretreatment* maupun sampel tanpa *pretreatment* untuk mengetahui penurunan kadar FFA yang terjadi.

3.3 Pembuatan *Biodiesel*

Proses pembuatan *biodiesel* dapat dibagi menjadi tiga tahap utama, yaitu pembuatan larutan *lye*, proses transesterifikasi, dan pemisahan sekaligus pencucian *biodiesel*

- Pembuatan larutan *lye*

Larutan *lye* dibuat dari campuran 625 ml *methanol* dengan 15 gram KOH. pencampuran dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 menit tanpa menggunakan variabel suhu, sehingga dapat dipastikan KOH benar-benar larut. Masing-masing sampel membutuhkan 100 ml larutan *lye* untuk proses transesterifikasi, sehingga dilakukan 2 kali pembuatan larutan *lye*.

- Proses transesterifikasi

Minyak jelantah yang telah disaring dari adsorben dipanaskan kembali pada *hotplate* dengan suhu 120°C selama ± 5 menit untuk menghilangkan kadar air. Setelah itu suhu *hotplate* diturunkan menjadi 55°C. Sambil dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*, larutan *lye* sebanyak 100 ml ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam minyak jelantah. Kemudian dilakukan proses pengadukan selama 1 jam setelah semua larutan *lye* masuk. Setelah 1 jam, *biodiesel* tersebut didiamkan selama 8 jam hingga terbentuk lapisan *biodiesel* dan gliserol.

- Pencucian *biodiesel*

Setelah didiamkan selama 8 jam dan terbentuk 2 lapisan. *Biodiesel* dipisahkan dari gliserol. Kemudian *biodiesel* dicuci menggunakan air untuk menghilangkan sisa-sisa gliserol dan zat lain yang masih tertinggal. Air akan mengikat gliserol dan terbentuk lapisan berwarna putih keruh. Setelah didiamkan selama 4 jam dan terbentuk lapisan tersebut. *Biodiesel* disaring menggunakan kertas saring berstruktur halus.

3.4 Karakterisasi *Biodiesel*

Pada proses karakterisasi *biodiesel* terdiri dari pengujian massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut dan titik tuang *biodiesel*. Pengujian kadar FFA minyak jelantah dilakukan

setelah proses *pretreatment* sebelum dilakukan proses transesterifikasi.

- Kadar FFA minyak jelantah

Pengujian kadar FFA dilakukan dengan metode titrasi asam basa, 15 gram minyak jelantah dicampur dengan 25 ml *ethanol* 95% dan 3 tetes *phenolphthalein*, dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer dengan suhu 40°C, setelah suhu larutan mencapai suhu tersebut, selanjutnya diteteskan NaOH 0,05 M hingga terjadi perubahan warna menjadi merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik.

$$\%FFA = \frac{ml\ NaOH \times M\ NaOH \times BM}{m\ sampel \times 1000} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan :

ml NaOH : volume NaOH yang digunakan hingga muncul perubahan warna (ml)

M NaOH : molaritas larutan NaOH (0,05 M)

BM : berat molekul (256 g/mol)

m sampel : massa minyak jelantah (15 gram)

- Uji massa jenis *biodiesel*

Pengujian densitas atau massa jenis dilakukan sesuai dengan ASTM D 1298. 10 ml sampel *biodiesel* diletakkan dalam *beaker glass* dipanaskan hingga suhu 40°C, kemudian dipindahkan kedalam gelas ukur yang diletakkan di atas timbangan digital, dicatat massa dan volume yang ditunjukkan. Densitas sendiri merupakan perbandingan massa dengan volume yang memiliki satuan kg/m³.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.2)$$

dengan :

ρ : massa jenis (kg/m³)

m : massa (kg)

V : volume (m³)

- Uji viskositas kinematik *biodiesel*
Pengujian viskositas kinematik dilakukan sesuai dengan ASTM D 445. Viskositas kinematik merupakan nilai kekentalan suatu larutan atau fluida. Pengukuran viskositas kinematik dapat dilakukan menggunakan viskometer *Koehler* (Gambar 3.2). Sampel atau fluida uji dimasukkan kedalam pipa kapiler, kemudian pipa kapiler tersebut dimasukkan pada *waterbatch* yang bersuhu 40°C. variabel yang diukur adalah waktu alir sampel dalam pipa kapiler. Untuk menentukan nilai viskositas kinematiknya digunakan persamaan yang terdapat dalam SNI 7182:2012 bagian 9.2 (BSN, 2012)

$$v = c \times t \quad (3.3)$$

dengan :

- v : viskositas kinematik (cSt)
- c : konstanta pipa kapiler (cSt/detik)
- t : waktu alir fluida dalam pipa kapiler (detik)



Gambar 3.2 Viskometer *Koehler* E-100.

- Uji titik nyala *biodiesel*
Pengujian titik nyala dilakukan berdasarkan ASTM D 93-80. 10 ml sampel dituangkan pada cawan (*crucible*) untuk selanjutnya dipanaskan menggunakan *hotplate* dengan suhu 190°C, pada permukaan sampel dalam *crucible* tersebut

diletakkan sensor *thermocouple* dari termometer digital untuk memonitor suhu permukaan larutan, setelah mencapai suhu 100°C api didekatkan pada permukaan sampel untuk setiap kenaikan 5°C hingga tersulut api. Suhu yang dicatat sebagai titik nyala adalah suhu ketika permukaan sampel tersulut api.

- Uji titik kabut dan titik tuang *biodiesel*
Pengujian titik kabut dilakukan berdasarkan ASTM D 2500 dan titik tuang berdasarkan ASTM D 97. Sampel *biodiesel* sebanyak 5 ml dituangkan dalam tabung reaksi kemudian ditutup menggunakan gabus yang sebelumnya telah diselipkan *probe* termometer digital hingga sensor *thermocouple* mencapai bagian tengah daerah sampel. Tabung reaksi dimasukkan ke dalam wadah berisi air es dengan suhu 1 hingga 2°C hingga seluruh bagian larutan dalam tabung masuk ke dalam air es. Suhu yang dicatat sebagai titik kabut adalah ketika terlihat munculnya kabut pada permukaan bawah tabung reaksi, ditandai dengan agak keruhnya sampel *biodiesel*. Sedangkan suhu titik tuang adalah ketika muncul kristal putih pada permukaan bawah tabung reaksi, kristal tersebut muncul beberapa saat setelah muncul kabut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan, berupa pengukuran kadar FFA dan hasil pengujian karakteristik *biodiesel*. Sekaligus dijelaskan mengenai hubungan antara ukuran partikel adsorben dengan karakteristik *biodiesel* minyak jelantah yang diperoleh.

4.1 Hasil Pengujian FFA

Pengujian FFA dilakukan dengan titrasi asam basa menggunakan larutan NaOH. Sampel yang diuji berupa minyak goreng biasa, minyak jelantah, dan sampel minyak jelantah yang telah melalui proses *pretreatment*. Persentase kadar FFA yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar FFA Sampel Minyak Jelantah

Sampel	Adsorben	Ukuran Partikel	NaOH (ml)	FFA (%)	Penurunan Kadar FFA (%)
Minyak goreng	-	-	1,3	0,11	-
	-	-	6,6	0,56	-
Minyak jelantah	Arang kayu	100 mesh	6	0,5	10,7
		200 mesh	5,8	0,49	12,5
		325 mesh	5,6	0,48	14,2
		400 mesh	5,2	0,44	21,4
	Arang kayu aktif	100 mesh	5,8	0,49	12,5
		200 mesh	5,6	0,48	14,2
		325 mesh	5,4	0,46	17,8
		400 mesh	4,6	0,39	30,3

Dari tabel tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan kadar FFA dari sampel minyak jelantah awal setelah dilakukan proses *pretreatment* selama 10 jam. Pada adsorben arang kayu penurunan kadar FFA terbesar terjadi pada adsorben dengan

ukuran partikel 400 mesh, yaitu sebesar 21,4%. Sedangkan pada arang kayu yang diaktifkan menunjukkan penurunan terbesar dari keseluruhan sampel, yaitu hingga 30,3% dari kadar FFA awal, dengan ukuran partikel 400 mesh.

4.2 Hasil Pengujian *Biodiesel*

Setelah diperoleh *biodiesel* dari proses transesterifikasi, dilakukan pengujian karakteristik *biodiesel* yang dihasilkan dengan acuan standar prosedur dari ASTM yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya. Karakteristik yang diuji antara lain massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut dan titik tuang.

4.2.1 Hasil pengujian massa jenis

Pengujian massa jenis dilakukan berdasarkan standar prosedur ASTM D 1298. Dimana dilakukan pengukuran massa dan volume dari sampel *biodiesel* pada suhu 40°C. Sehingga melalui persamaan (3.2) diperoleh data massa jenis sampel *biodiesel* (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Massa Jenis Sampel *Biodiesel*

Adsorben	Ukuran Partikel	Massa (gram)	Volume (ml)	Massa Jenis (kg/m^3)
-	-	8,38	10	838
Arang kayu	100 mesh	8,25	9,7	850,52
	200 mesh	8,27	9,7	852,58
	325 mesh	8,2	9,6	854,17
	400 mesh	8,22	9,6	856,25
Arang kayu aktif	100 mesh	8,23	9,6	857,29
	200 mesh	8,15	9,5	857,89
	325 mesh	8,25	9,6	859,37
	400 mesh	8,18	9,5	861,05

Standar mutu *biodiesel* pada SNI bernilai antara 850-890 kg/m^3 . Terlihat bahwa sebelum *pretreatment* dilakukan, nilai

massa jenis berada di bawah rentang standar, yaitu 838 kg/m^3 . Sedangkan untuk nilai massa jenis sampel lainnya, berada dalam rentang standar, dengan nilai minimal $850,52 \text{ kg/m}^3$ pada sampel dengan adsorben arang kayu 100 mesh, dan nilai maksimal $861,05 \text{ kg/m}^3$ pada sampel dengan adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh.

4.2.2 Hasil pengujian viskositas kinematik

Pengujian viskositas kinematik dilakukan berdasarkan ASTM D 445. Pengukuran dilakukan menggunakan Viskometer *Koehler* di Laboratorium Energi LPPM ITS dengan nilai konstanta pipa kapiler viskometer $0,00874 \text{ cSt/detik}$. Tabel 4.3 menunjukkan nilai viskositas sampel *biodiesel*.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik Sampel *Biodiesel*

Adsorben	Ukuran Partikel	Viskositas (cSt)
-	-	5,75
Arang kayu	100 mesh	5,57
	200 mesh	5,28
	325 mesh	5,72
	400 mesh	5,94
Arang kayu aktif	100 mesh	5,79
	200 mesh	6,55
	325 mesh	6,31
	400 mesh	6,11

Standar rentang nilai viskositas kinematik sampel *biodiesel* dalam SNI adalah 2,3-6,0 cSt. Dari data yang diperoleh di atas, hanya ada beberapa sampel yang memenuhi standar, yaitu sampel *biodiesel* tanpa *pretreatment*, sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* menggunakan arang kayu, serta sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* menggunakan arang kayu aktif berukuran 100 mesh.

4.2.3 Hasil pengujian titik nyala

Pengujian titik nyala dilakukan berdasarkan ASTM D 93-80. Sehingga diperoleh nilai titik nyala pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Tiitik Nyala Sampel *Biodiesel*

Adsorben	Ukuran Partikel	Titik Nyala (°C)
-	-	184,6
Arang kayu	100 mesh	197
	200 mesh	190
	325 mesh	189
	400 mesh	186
Arang kayu aktif	100 mesh	189
	200 mesh	187
	325 mesh	185
	400 mesh	183

Hasil pengujian tersebut jika dibandingkan dengan standar nilai titik nyala *biodiesel* dalam SNI, seluruh nilai titik nyala sampel *biodiesel* memenuhi SNI. Standar SNI bernilai minimal 100°C, sedangkan nilai titik nyala dari sampel *biodiesel* yang dimiliki adalah dalam rentang 183°C hingga 197°C.

4.2.4 Hasil pengujian titik kabut dan titik tuang

Pengujian titik kabut dan titik tuang dilakukan berkelanjutan untuk setiap sampelnya. Dengan prosedur standar untuk pengujian titik kabut sesuai dengan ASTM D 2500 dan titik tuang sesuai dengan ASTM D 97. Data yang diperoleh dalam pengujian dapat di lihat pada Tabel 4.5

Berdasarkan standar mutu *biodiesel* pada SNI, nilai titik kabut dan titik tuang *biodiesel* maksimal adalah 18°C. Sehingga seluruh nilai titik kabut dan titik tuang dari sampel sudah sesuai dengan standar yang ada. Dengan nilai paling besar pada sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang kayu 100 mesh dengan titik kabut dan titik tuang masing-masing 11,7°C dan 9,8°C. sedangkan nilai paling kecil dimiliki oleh sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh, nilai

masing-masing titik kabut dan titik tuang yang diperoleh adalah 9,8°C dan 7,5 °C.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tiitik Kabut dan Titik Tuang *Biodiesel*

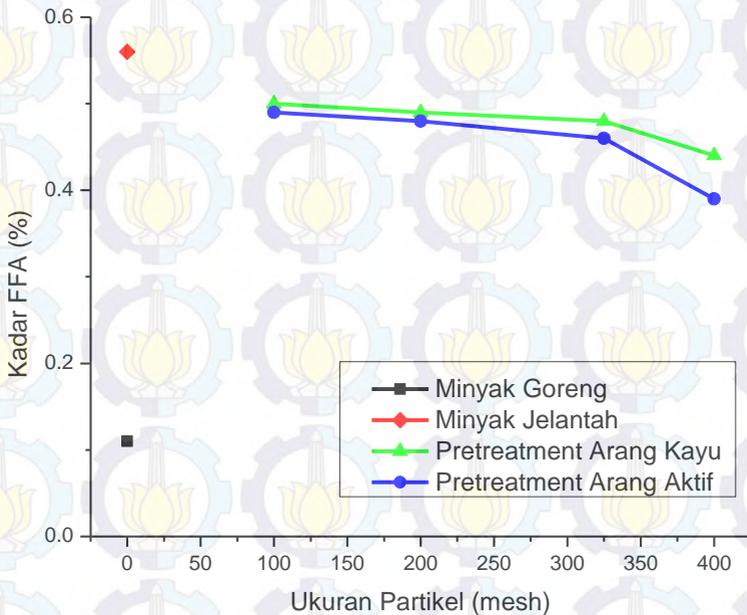
Adsorben	Ukuran Partikel	Titik Kabut (°C)	Titik Tuang (°C)
-	-	11	9,3
Arang kayu	100 mesh	11,7	9,8
	200 mesh	10,8	9
	325 mesh	10,4	8,7
	400 mesh	9,8	8,1
Arang kayu aktif	100 mesh	10,7	8,9
	200 mesh	10,6	8,7
	325 mesh	10,3	8,2
	400 mesh	9,8	7,5

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengaruh ukuran partikel adsorben terhadap kadar FFA

Dari data yang sebelumnya telah disajikan pada Tabel 4.1, dapat dilihat hubungan ukuran partikel adsorben terhadap kadar FFA minyak jelantah setelah *pretreatment* pada Gambar 4.1. Terjadi penurunan terhadap sampel minyak jelantah hasil *pretreatment*, dibandingkan dengan tanpa *pretreatment*. Selain itu terlihat bahwa semakin kecil ukuran partikel maka penurunan kadar FFA yang diperoleh semakin besar, atau dapat disebut bahwa kadar FFA yang diperoleh semakin kecil.

Semakin kecil ukuran partikel adsorben yang digunakan, dengan jumlah atau massa yang sama, maka luas permukaan keseluruhan adsorben akan lebih besar. Hal tersebut berpengaruh pada banyaknya molekul adsorbat yaitu asam lemak bebas yang menempel pada permukaan adsorben. Semakin luas permukaannya maka semakin banyak molekul asam lemak bebas (FFA) yang diserap oleh adsorben, sehingga nilai FFA yang dimiliki oleh sampel minyak jelantah tersebut semakin kecil.

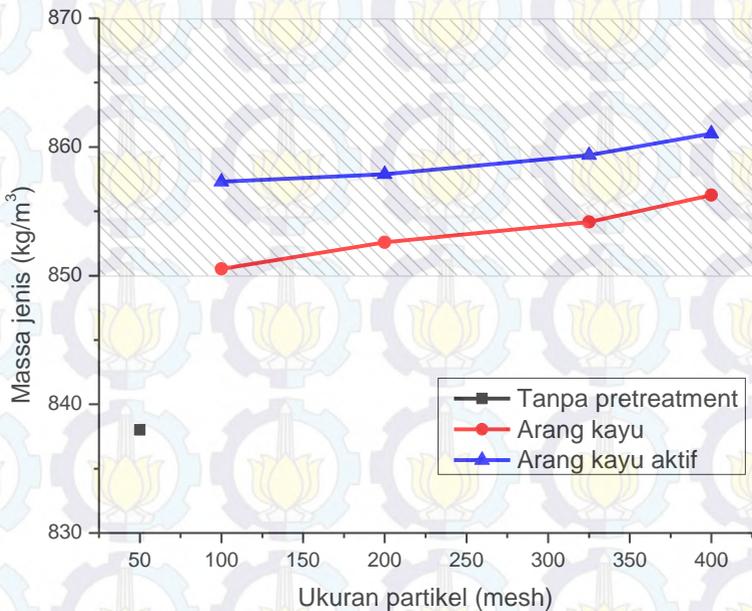


Gambar 4.1 Hubungan ukuran partikel terhadap kadar FFA.

Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa arang kayu aktif lebih efektif dalam menurunkan FFA pada minyak jelantah. Karena daya jerapnya yang lebih baik, dengan massa dan ukuran partikel yang sama, arang kayu aktif memiliki pori-pori yang lebih lebar sehingga lebih banyak mengikat asam lemak bebas dalam minyak. Meskipun terjadi penurunan kadar FFA seluruh sampel yang melalui proses *pretreatment*, namun tidak satu pun yang mendekati nilai FFA minyak goreng baru. Kadar FFA paling rendah ditunjukkan oleh *pretreatment* menggunakan arang kayu aktif berukuran 400 mesh dengan nilai 0,39%, sedangkan nilai kadar FFA dari minyak goreng biasa adalah 0,11%.

4.3.2 Pengaruh ukuran partikel adsorben terhadap massa jenis

Pengaruh antara ukuran partikel adsorben terhadap massa jenis *biodiesel* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa semakin kecil partikel adsorben yang digunakan maka nilai massa jenis *biodiesel* yang dihasilkan semakin besar. Nilai massa jenis tersebut masih berada pada area standar SNI. Kecuali nilai massa jenis *biodiesel* yang dihasilkan tanpa *pretreatment*.



Gambar 4.2 Hubungan ukuran partikel terhadap massa jenis sampel *biodiesel*.

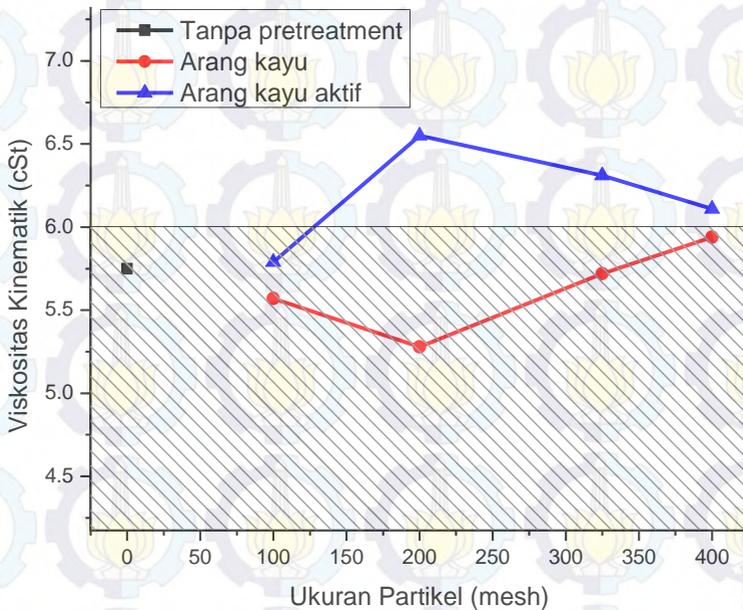
Massa jenis sampel dengan arang kayu aktif sebagai adsorben lebih tinggi dibandingkan dengan massa jenis sampel dengan *pretreatment* arang kayu. Tingginya nilai massa jenis ini

dikarenakan terjadinya rantai karbon yang lebih panjang akibat reaksi antara atom C pada arang kayu aktif dan atom C pada asam lemak bebas dalam minyak jelantah. Massa jenis tertinggi ditunjukkan oleh sampel dengan *pretreatment* arang kayu aktif berukuran 400 mesh, dengan nilai $861,05 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan sampel tanpa *pretreatment* memiliki massa jenis 838 kg/m^3 . Hasil *pretreatment* menunjukkan adanya peningkatan dari massa jenis jika dibandingkan dengan sebelum atau tanpa *pretreatment*.

4.3.3 Pengaruh ukuran partikel adsorben terhadap viskositas kinematik

Hasil pengujian viskositas kinematik dalam Tabel 4.3, ditampilkan dalam grafik pada Gambar 4.3. Gambar tersebut menunjukkan terdapat 5 sampel *biodiesel* hasil *pretreatment* memenuhi standar SNI, sedangkan 3 sampel lainnya tidak memenuhi standar SNI. Sampel *biodiesel* yang memenuhi SNI antara lain sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* menggunakan arang kayu, dan sampel *pretreatment* menggunakan arang kayu aktif berukuran 100 mesh. Dari hasil pengujian ini juga terlihat bahwa *pretreatment* dengan arang kayu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *pretreatment* menggunakan arang kayu yang telah diaktifkan.

Nilai viskositas kinematik terendah dimiliki oleh sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang kayu berukuran 200 mesh, yaitu 5,28 cSt. Sedangkan nilai viskositas kinematik tertinggi yang masih memenuhi standar SNI dimiliki oleh sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang kayu berukuran 400 mesh, yaitu 5,94 cSt. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin kecil ukuran partikel adsorben yang digunakan dalam proses *pretreatment* minyak jelantah dengan arang kayu, maka nilai viskositas kinematik *biodiesel* yang dihasilkan semakin tinggi. Sementara jika adsorben yang digunakan adalah arang aktif semakin kecil ukuran partikel adsorben maka nilai viskositas kinematik *biodiesel* cenderung semakin turun.



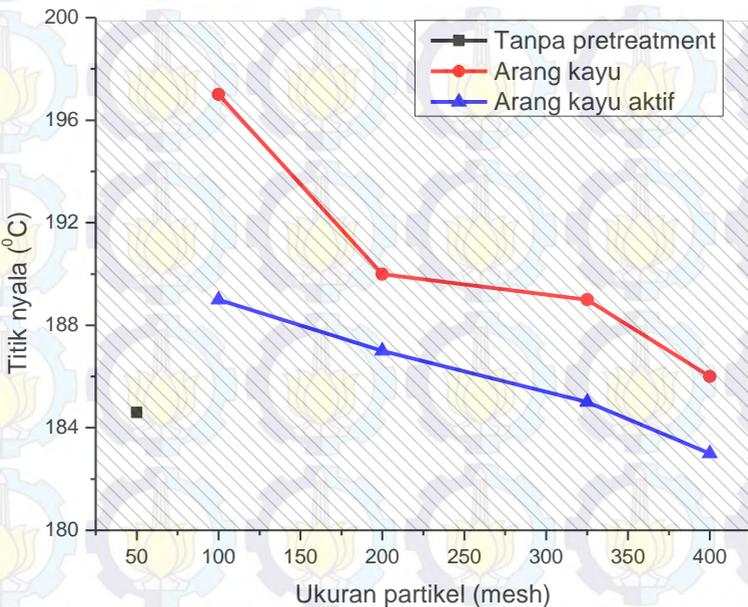
Gambar 4.3 Hubungan ukuran partikel terhadap viskositas kinematik

4.3.4 Pengaruh ukuran partikel adsorben terhadap titik nyala, titik kabut, dan titik tuang

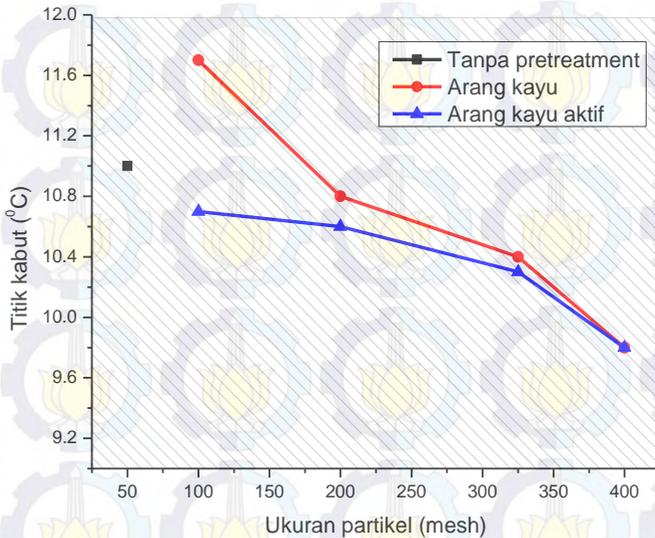
Grafik hubungan antara ukuran partikel dengan titik nyala *biodiesel* dapat dilihat pada Gambar 4.4. sedangkan untuk titik kabut dan titik nyala *biodiesel*, masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.

Nilai titik nyala *biodiesel* yang diperoleh menunjukkan terjadi penurunan seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel adsorben yang digunakan untuk *pretreatment*. Nilai titik nyala seluruh sampel sesuai dengan standar SNI, yaitu di atas 100°C. Sampel yang dibuat memiliki rentang nilai titik nyala antara 180-200°C. Titik nyala *biodiesel* merupakan karakter yang harus diperhatikan ketika melakukan distribusi atau penyimpanan *biodiesel*, semakin kecil nilai titik nyala *biodiesel* yang dihasilkan

maka *biodiesel* tersebut akan semakin mudah terbakar. Gambar tersebut menunjukkan nilai titik nyala sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang kayu lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu aktif. Nilai tertinggi terdapat pada sampel dengan *pretreatment* arang kayu berukuran 100 mesh yaitu 197°C. Sedangkan pada sampel dengan *pretreatment* arang kayu aktif titik nyala tertinggi adalah 189°C dengan ukuran adsorben 100 mesh.

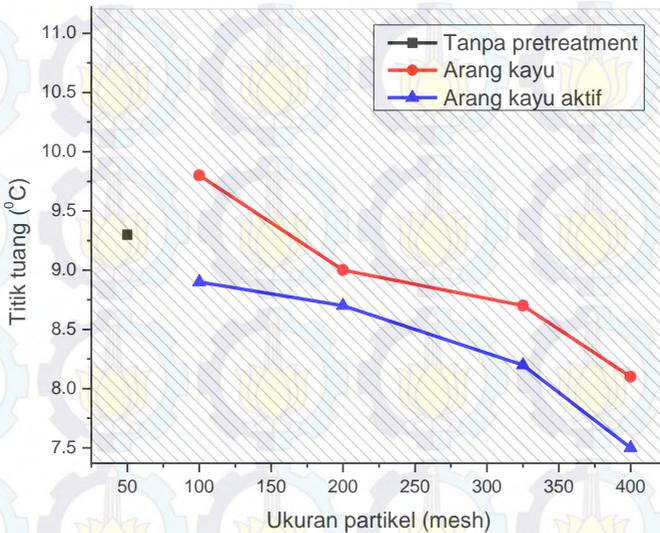


Gambar 4.4 Hubungan ukuran partikel terhadap titik nyala sampel *biodiesel*.



Gambar 4.5 Hubungan ukuran partikel terhadap titik kabut sampel *biodiesel*.

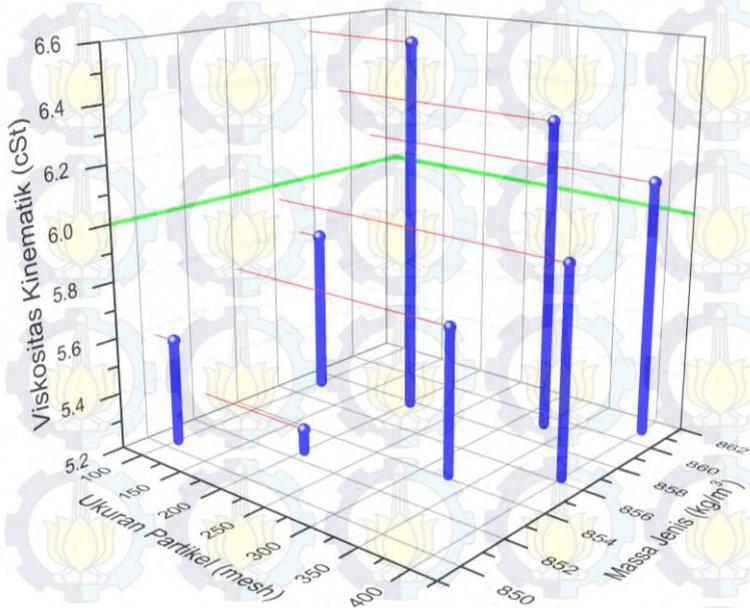
Seperti halnya titik nyala, pada titik kabut dan titik tuang *biodiesel* menunjukkan penurunan nilai ketika partikel adsorben yang digunakan semakin kecil. Kedua karakter ini juga berpengaruh pada proses penyimpanan dan proses distribusi *biodiesel*. Jika titik kabut dan titik tuang *biodiesel* terlalu tinggi maka *biodiesel* tersebut akan mudah membeku. Baik titik kabut maupun titik tuang sampel *biodiesel* menunjukkan *pretreatment* dengan adsorben arang kayu memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu aktif. Dengan nilai tertinggi titik kabut adalah 11,7°C yang dimiliki oleh sampel *biodiesel* dengan adsorben arang kayu 100 mesh, dan sampel yang sama memiliki nilai tertinggi titik tuang yaitu 9,8°C.



Gambar 4.6 Hubungan ukuran partikel terhadap titik tuang sampel *biodiesel*.

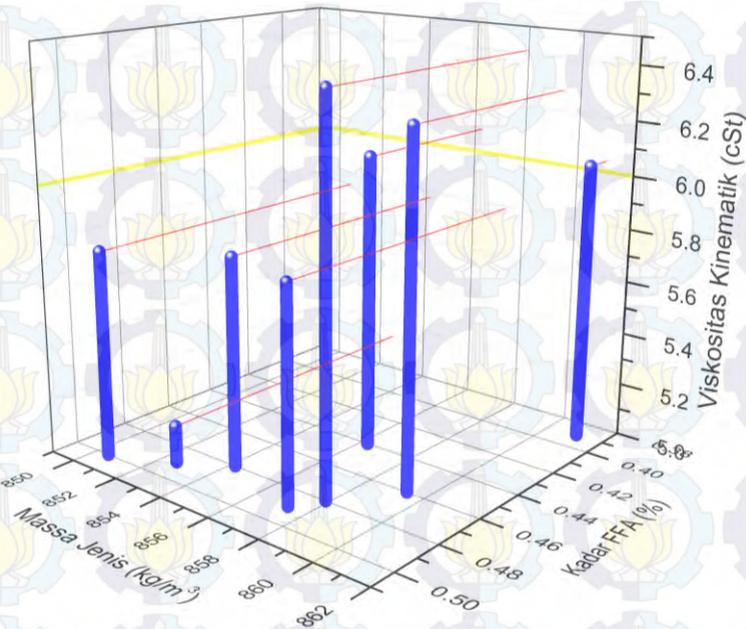
4.4 Interpretasi Hasil

Dalam sub bab 4.3 ditunjukkan bahwa semua sampel memenuhi SNI dalam hal titik nyala, titik kabut, dan titik tuang. Karenanya yang menjadi sorotan berikutnya adalah massa jenis dan viskositas kinematik sampel. Plot tiga dimensi untuk massa jenis dan viskositas terkait hubungannya dengan ukuran partikel adsorben (Gambar 4.7) menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel adsorben maka massa jenis *biodiesel* akan semakin tinggi. Sedangkan untuk viskositas kinematik tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap ukuran partikel adsorben dalam proses *pretreatment*.



Gambar 4.7 Hubungan ukuran partikel adsorben terhadap karakteristik *biodiesel* yang dihasilkan.

Hubungan antara kadar FFA minyak jelantah dengan nilai viskositas dan massa jenis *biodiesel* ditunjukkan pada Gambar 4.8. Gambar tersebut menampilkan seluruh sampel *biodiesel* dalam satu garis kurva. Karena semua sampel *biodiesel* memenuhi rentang standar SNI, maka pada gambar tersebut hanya ditinjau batas standar viskositas kinematik. Dari kedua gambar tersebut, terdapat tiga sampel *biodiesel* yang tidak memenuhi standar SNI. Serta terlihat bahwa kadar FFA dalam minyak jelantah tidak berpengaruh terhadap karakteristik mutu *biodiesel*. Karena tidak ada hubungan yang jelas antara penurunan kadar FFA minyak jelantah dengan nilai viskositas kinematik *biodiesel*.



Gambar 4.8 Hubungan kadar FFA sampel minyak jelantah terhadap karakteristik *biodiesel* yang dihasilkan.

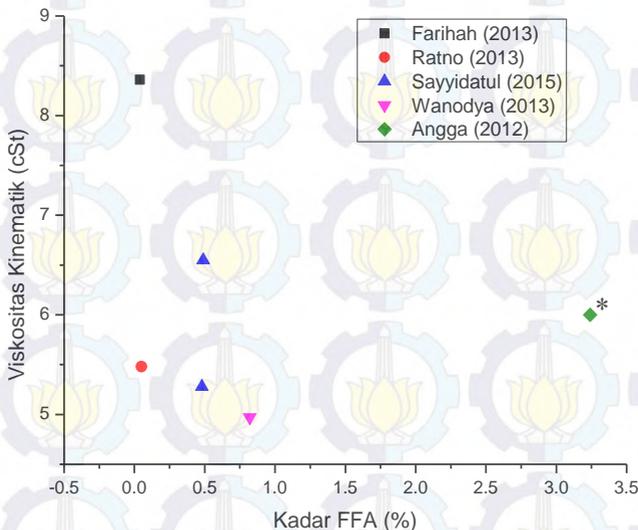
Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kadar FFA minyak jelantah tidak berpengaruh terhadap karakteristik *biodiesel* (Tabel 4.6). Besar kecilnya kadar FFA yang dimiliki oleh minyak jelantah tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dengan nilai karakteristik sampel *biodiesel*.

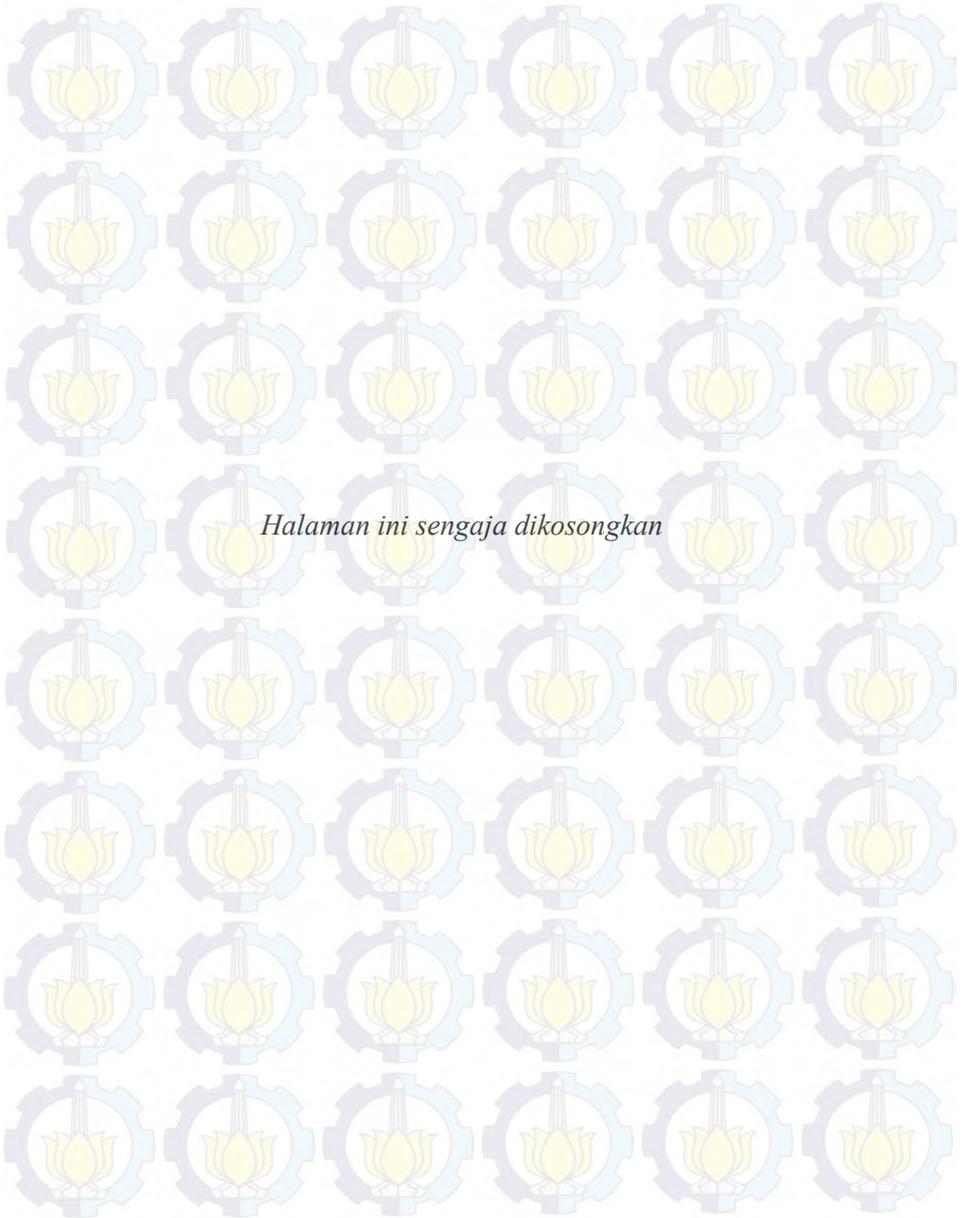
Penelitian tahun 2013 oleh Farihah maupun Ratno dilakukan dengan *pretreatment* menggunakan arang aktif ampas tebu (Farihah, 2013) dan ampas tebu (Ratno, 2013). Sedangkan Wanodya di tahun yang sama melakukan penelitian dengan metode pembuatan minyak jelantah yang berbeda, yaitu transesterifikasi menggunakan katalis KOH dan NaOH (Wanodya, 2013). Tahun 2012 penelitian yang dilakukan oleh Angga menggunakan metode esterifikasi dengan katalis berupa K_2CO_3 (Angga, 2012).

Tabel 4.6 Perbandingan Karakteristik *Biodiesel* Hasil Penelitian

Penelitian	FFA (%)	ρ (kg/m ³)	Titik Nyala (°C)	Titik Kabut (°C)	Titik Tuang (°C)	Viskositas Kinematik (cSt)
Sayyidatul (2015)	0,49	852,58	190	10,8	9	5,28
	0,48	857,89	187	10,6	8,7	6,55
Fariyah (2013)	0,04	864	173,5	11,5	7,2	8,36
Ratno (2013)	0,05	862	174,4	15,5	6,7	5,48
Wanodya (2013)	0,82	877	180,5	-	3	4,971
Angga (2012)	3,24	890	-	14	-	6,0

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa proses pembuatan *biodiesel* menggunakan reaksi transesterifikasi menghasilkan nilai massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi esterifikasi. Selain itu, jika diperhatikan pada Gambar 4.8 nilai FFA pada minyak jelantah tidak memiliki pengaruh tertentu terhadap nilai viskositas *biodiesel* yang dihasilkan.

**Gambar 4.9** Pengaruh kadar FFA terhadap viskositas kinematik pada beberapa penelitian. (* : reaksi esterifikasi)



BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. *Pretreatment* minyak jelantah dengan adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh berhasil menurunkan kadar FFA hingga 30,3%.
- b. Seluruh sampel *biodiesel* hasil *pretreatment* memiliki massa jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang memenuhi standar SNI, tetapi yang memiliki nilai viskositas kinematik sesuai dengan standar SNI hanya sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 100 mesh dan semua sampel dengan *pretreatment* arang kayu.
- c. Semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan dalam *pretreatment*, massa jenis sampel *biodiesel* semakin besar, sedangkan titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* semakin kecil.
- d. Kadar FFA dalam minyak jelantah bahan baku *biodiesel* tidak mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dihasilkan.



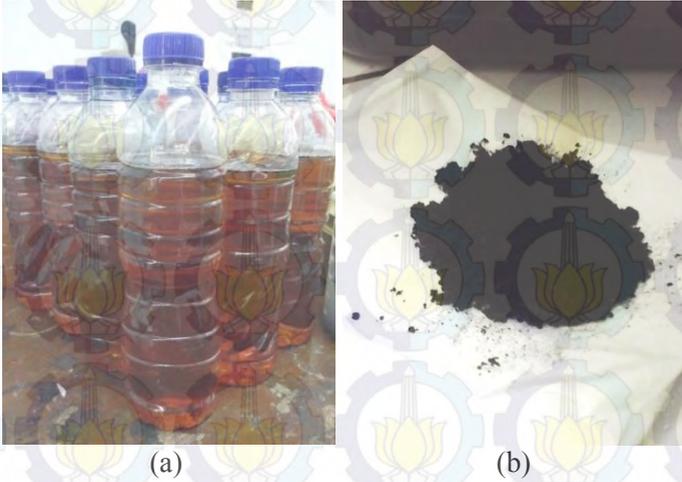
Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

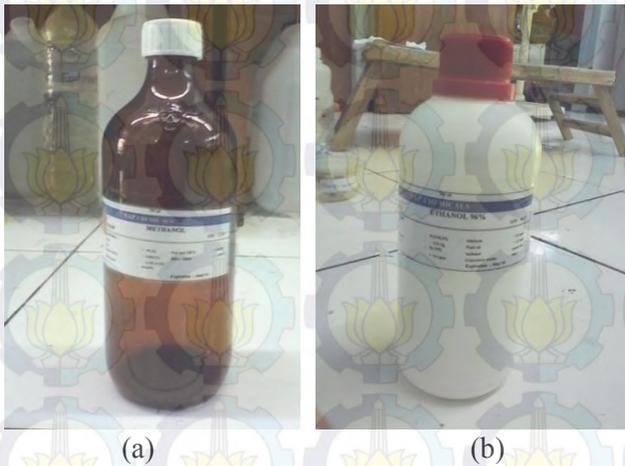
- Akbar, Riswan. 2008. "Karakteristik *Biodiesel* dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Metil Asetat sebagai Pensuplai Gugus Metil". Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- AL-Mahallawi, Khamis. 2011. "*Water Quality Control and Treatment : Water Treatment*".
- Angga, Hariska, dkk. 2012. "Pengaruh *Methanol* dan Katalis pada Pembuatan *Biodiesel* dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi dengan Menggunakan Katalis K_2CO_3 ". Palembang : Universitas Sriwijaya.
- BSN. 2012. "SNI 7182:2012 *Biodiesel*". Badan Standardisasi Nasional : Jaklarta.
- Ditjen Perkebonan. 2014. "Industri | *Update, Office of Chief Economist*". *Indonesian Banking Regulatory : Mandiri News* Volume 2, Februari 2014.
- ElSohl, Nada E.M. 2011. "*The Manufacture of Biodiesel from The Used Vegetable Oil*". Kassel and Cairo University.
- Fariyah, Tatik. 2013. "Pengaruh Ukuran Arang Aktif Ampas Tebu sebagai Biomaterial *Pretreatment* terhadap Karakteristik *Biodiesel* Minyak Jelantah". Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Hambali, Erliza. 2007. "Teknologi Bioenergi. Agromedia Pustaka : Jakarta.
- Issariyakul, Ajay. 2014. "*Biodiesel from Vegetable Oils.*" *Renewable and Sustainable energy Review* 31 (2014) page 446-471. University of Saskatchewan, Canada.
- Kementrian ESDM RI. 2014. "Peresmian Uji Jalan Pemanfaatan *Biodiesel* (B20) pada Kendaraan Bermotor", <URL:<http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/6874.html>>
- Leimkuehler, Eric Paul. "*Production, Characterization, and Applications of Activated Carbon*". USA : University of Missouri.

- Listiadi, Abi Prana. 2013. "Intensifikasi *Biodiesel* dari Minyak Jelantah dengan Metode Intersterifikasi dan Pemurnian *Dry Washing*". Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Banten.
- McDonnel, K. 1999. "*Properties of Rapeseed Oil for Use as a Diesel Fuel Extender*". J. American Oil Chemistry Society 76:539.
- Muhammad-Khah A. 2009. "*Activated Charcoal : Preparation, Characterization and Applications : a Review Article*". Iran : University of Guilan.
- Naomi, Pthalina, dkk. 2013. "Pembuatan sabun Lunak dari Minyak Goreng Bekas Ditinjau dari Kinetika Reaksi Kimia". Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya : Inderalaya.
- Rainudy, Deswanto A. 2012. "Pemanfaatan Karbon Aktif Batu Bara Termodifikasi TiO₂ pada Proses Reduksi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran". Depok : Universitas Indonesia.
- Ratno. 2013. "Pengaruh Ampas Tebu sebagai Absorben pada Proses *Pretreatment* Minyak Jelantah terhadap Karakteristik *Biodiesel*". Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Setiawati, Evy. 2012. "Teknologi Pengolahan *Biodiesel* dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel". Jurnal Riset Industri Vol. VI No.12 Hal. 117-127. Balai Riset dan Standardisasi Industri : Banjarbaru.
- Wanodya, Asri dan Arief Budiman. 2013. "*Synthesis of Biodiesel from Second-Used Cooking Oil*". Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Zobaa, Ahmed F. "*Handbook of Renewable Energy Technology, Section 3 Biofuels. 17. Biodiesel*". World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd : Singapore.

LAMPIRAN A
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar A. (a) Minyak jelantah dan (b) serbuk arang kayu



Gambar B. (a) Methanol dan (b) ethanol 96%



(a)



(b)

Gambar C. (a) Magnetic stirrer dan hotplate,
(b) thermomether digital

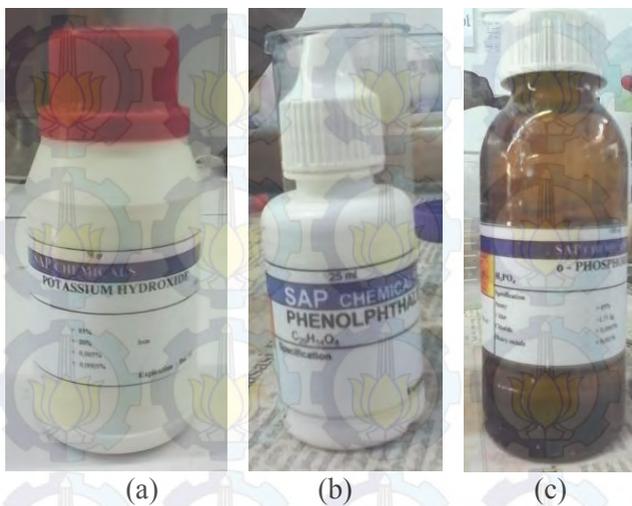


(a)



(b)

Gambar D. (a) Shaker, (b) sieves



Gambar E. (a) KOH, (b) phenolphthalein, (c) H₃PO₄



Gambar F. Pengujian keaktifan arang aktif



Gambar G. Penyaringan setelah pretreatment dan hasil titrasi uji kadar FFA



(a)



(b)

Gambar H. (a) Pemisahan biodiesel dan gliserol
(b) pencucian biodiesel

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Sayyidatul Isarah ‘Allamah lahir di Jombang pada 30 Agustus 1993. Penulis menempuh pendidikan formal 2 tahun di RA Nizhomiyah Rejoagung (1997-1999), 6 tahun di MI Nizhamiyah Darunnajah Ploso (1999-2005), 3 tahun SMP N 1 Ploso (2005-2008), 3 tahun di SMA N Ploso (2008-2011), dan pendidikan informal selama 7 tahun di TPQ Darunnajah Ploso (1998-2005). Pada tahun 2011 penulis diterima menjadi mahasiswa Teknik Fisika ITS. Tahun kedua berada di kampus, penulis aktif sebagai staff Departemen Profesi, Pendidikan, dan Kesejahteraan Mahasiswa (Prodikesma) HMTF ITS dan staff Departemen Syiar Fusi Ulul Albaab periode 2012-2013. Tahun ketiga, penulis mendapat kepercayaan sebagai coordinator staff tim Administrasi HMTF ITS dan coordinator putri Departemen Jaringan Fusi Ulul Albaab periode 2013-2014. Selain itu penulis juga aktif menjadi mentor di bimbingan belajar Success Learn sejak tahun 2013 hingga sekarang. Selama masa perkuliahan penulis mendapatkan beasiswa dari Dikti yaitu Bidik Misi dari awal perkuliahan hingga saat ini.

sayyidah.ia@gmail.com

PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG KAYU SEBAGAI ADSORBEN PADA *PRETREATMENT* MINYAK JELANTAH TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODIESEL*

Sayyidatul Isarah 'Allamah, Lizda Johar Mawarani
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITS
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: lizda@ep.its.ac.id

Abstrak—Menipisnya persediaan minyak bumi di alam mengakibatkan peralihan penggunaan bahan bakar minyak bumi ke bahan bakar alternatif. *Biodiesel* merupakan bahan bakar alternatif yang dibuat dari minyak nabati atau lemak hewani. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat *biodiesel* adalah minyak jelantah. Kadar asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) yang cukup tinggi pada minyak jelantah dapat mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dihasilkan, sehingga dilakukan *pretreatment* menggunakan arang kayu dan arang kayu aktif dengan ukuran partikel 100 mesh, 200 mesh, 325 mesh, dan 400 mesh sebanyak 37,5 gram untuk mengurangi kadar FFA. Metode pembuatan *biodiesel* yang digunakan adalah transesterifikasi dengan *methanol* dan KOH. *Pretreatment* minyak jelantah dengan adsorben arang kayu aktif 400 mesh berhasil menurunkan kadar FFA minyak jelantah hingga 30,3%. Semua sampel *biodiesel* hasil *pretreatment* memiliki massa jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang yang memenuhi standar SNI, tetapi yang memiliki nilai viskositas kinematik sesuai dengan standar SNI hanya sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 100 mesh dan semua sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang kayu. Semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan dalam *pretreatment*, massa jenis sampel *biodiesel* semakin besar, sedangkan titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* semakin kecil. Kadar FFA dalam minyak jelantah sebagai bahan baku *biodiesel* tidak mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dihasilkan.

Kata kunci—*Adsorben, biodiesel, free fatty acid, massa jenis, titik kabut, titik nyala, titik tuang, transesterifikasi, viskositas kinematik.*

I. PENDAHULUAN

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia mencapai 1,5 juta barel per hari, dengan total cadangan minyak yang masih tersisa di Indonesia adalah 9 milyar barel [1]. Dapat dipastikan cadangan bahan bakar minyak Indonesia akan habis dalam beberapa tahun mendatang, dengan produksi dalam negeri 800.000 barel per hari, artinya pemerintah harus mengimpor sekitar 700.000 barel per hari untuk memenuhi konsumsi bahan bakar minyak dalam negeri [1]. Sehingga, kementerian ESDM mengeluarkan peraturan mengenai penggunaan *biodiesel* pada kendaraan bermotor sebesar 20% pada tahun 2016 yang tercakup dalam Permen nomor 25 tahun 2013, yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi BBM.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi dengan mereaksikan trigliserida dengan *methanol* maupun *ethanol*

dengan bantuan katalis basa sehingga terbentuk gugus alkil ester [2]. Bahan yang dapat digunakan untuk membuat *biodiesel* antara lain minyak nabati, lemak hewani, dan organisme *microalgae* dan *cyanobacteria*. Jenis minyak nabati yang dapat digunakan bergantung pada iklim negara tersebut, di daerah Eropa dan Kanada menggunakan minyak *rapeseed*, minyak kedelai di Amerika, dan minyak kelapa sawit di daerah tropis seperti Indonesia dan Malaysia [3].

Produksi minyak kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2013 tercatat mencapai 26 juta ton dengan konsumsi domestik 9 juta ton dan 15 juta ton diekspor, dan diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya sebesar 7% hingga 10% [4]. Penggunaan minyak kelapa sawit untuk penggorengan akan menghasilkan limbah berupa minyak yang bersifat karsinogenik, dimana jika dilakukan pemakaian secara berkelanjutan dapat merusak kesehatan, sehingga diperlukan penanganan yang tepat agar limbah tersebut tidak menimbulkan kerugian. Minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah merupakan limbah minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *biodiesel*. Namun, akibat proses penggorengan kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah akan semakin tinggi sehingga mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dibuat [5].

Untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak jelantah dapat dilakukan proses *pretreatment* sebelum dilakukan proses transesterifikasi [5]. Penelitian sebelumnya menggunakan ampas tebu sebagai adsorben dalam proses *pretreatment*, dengan memvariasikan ukuran partikel dan massa ampas tebu diperoleh penurunan kadar FFA (*free fat acid*) pada minyak jelantah, namun viskositas *biodiesel* yang dihasilkan masih belum memenuhi standar SNI [6]. Penelitian lain yang berkaitan adalah penggunaan adsorben berupa arang aktif ampas tebu dalam proses *pretreatment*, dengan penurunan kadar FFA hingga 70% namun belum secara efektif meningkatkan kualitas *biodiesel* yang dihasilkan [7]. Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan *pretreatment biodiesel* minyak jelantah dengan menggunakan arang kayu untuk meningkatkan kualitas *biodiesel* yang dihasilkan. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh ukuran arang kayu dan arang kayu aktif sebagai adsorben terhadap karakteristik *biodiesel* minyak jelantah.

II. URAIAN PENELITIAN

Ada tiga tahapan utama dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini, yaitu : proses preparasi sampel, pembuatan *biodiesel*, dan karakterisasi *biodiesel*.

A. Preparasi sampel

Dalam proses preparasi sampel terdiri dari 3 langkah, yaitu preparasi sampel minyak jelantah, preparasi adsorben, dan proses *pretreatment* minyak jelantah. Preparasi sampel minyak jelantah dimulai dengan pengumpulan minyak jelantah dari berbagai sumber. Minyak yang telah dikumpulkan kemudian disaring untuk memisahkannya dengan kotoran sisa penggorengan. Kemudian dibagi dalam 9 botol sampel dengan masing-masing volume 500 ml. sampel yang telah siap dipanaskan terlebih dahulu di atas *hotplate* pada suhu 120°C selama ±5 menit untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam minyak jelantah.

Proses preparasi adsorben arang kayu dimulai dengan pembelian arang kayu dari pasar. Arang kayu tersebut dipecahkan sehingga ukurannya lebih kecil, kemudian dihancurkan kembali dengan *blender* agar proses penggerusan lebih mudah. Serbuk kasar arang kayu tersebut dihaluskan dengan *mortar* sehingga diperoleh partikel yang lebih halus. Setelah dihaluskan, serbuk arang kayu dipanaskan menggunakan *oven* dengan suhu 120°C selama 10 menit untuk menghilangkan kadar air sehingga proses pengayakan lebih efektif dan tidak terjadi penggumpalan serbuk dalam *sieve*. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan *sieve and shaker*, *sieve* yang digunakan berukuran 100 mesh, 200 mesh, 325 mesh, dan 400 mesh (149, 74, 44, 37 μm). Sebagian serbuk arang yang diperoleh dari pengayakan diaktifkan menggunakan aktivator H₃PO₄. Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampurkan serbuk arang dengan 75 ml H₃PO₄ 12,5%, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam dengan suhu 80°C. setelah didiamkan selama 24 jam, campuran arang dan aktivator dipanaskan dalam *furnace* selama 2 jam dengan suhu 800°C, proses ini disebut aktivasi fisika. Kemudian dilakukan penggerusan kembali untuk menghancurkan serbuk arang yang menggumpal.

Tabel 1
Sampel Penelitian

Adsorben	Ukuran Partikel (mesh)	Kode sampel	Jumlah Sampel
-	-	A0	1
Serbuk Arang Kayu	100	A1	1
	200	A2	1
	325	A3	1
	400	A4	1
Serbuk Arang Kayu Aktif	100	AA1	1
	200	AA2	1
	325	AA3	1
	400	AA4	1
Total jumlah sampel			9

Pretreatment minyak jelantah dilakukan dengan mencampurkan 8 sampel minyak jelantah dengan adsorben arang dan arang aktif (Tabel 1). Proses *pretreatment* dalam penelitian ini merupakan proses pencampuran sampel minyak jelantah dan adsorben dengan tujuan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak jelantah yang menjadi bahan dasar *biodiesel*. Campuran minyak dan arang tersebut didiamkan selama 10 jam. Selama 5 jam

pertama dilakukan pengadukan setiap satu jam untuk memaksimalkan absorpsi.

Setelah didiamkan selama 10 jam, minyak jelantah dipisah kan dari adsorben yang mengendap menggunakan kertas saring dengan permukaan yang kasar. Dari penyaringan pertama didapatkan minyak jelantah yang masih mengandung serbuk adsorben, sehingga dilakukan penyaringan kembali menggunakan kertas saring yang berstruktur lebih halus sebanyak 3 lapisan. Setelah diperoleh minyak jelantah yang jernih, dilakukan pengujian kadar FFA menggunakan metode titrasi, sehingga dapat diketahui penurunan kadar FFA yang terjadi.

Pengukuran FFA dilakukan dengan menggunakan persamaan (1)

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

Keterangan

BM = berat molekul (256 g/mol)

Minyak jelantah yang telah melalui proses *pretreatment* kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* dengan suhu 120°C selama 5 menit. Pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung dalam minyak.

B. Proses Pembuatan Biodiesel

Dalam proses pembuatan *biodiesel* terdapat 3 tahap, yaitu pembuatan larutan lye, proses transesterifikasi, dan pencucian *biodiesel*. Larutan lye dibuat dari campuran 625 ml *methanol* dengan 15 gram KOH. pencampuran dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 menit tanpa menggunakan variabel suhu, sehingga dapat dipastikan KOH benar-benar larut. Masing-masing sampel membutuhkan 100 ml larutan lye untuk proses transesterifikasi, sehingga dilakukan 2 kali pembuatan larutan lye.

Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi dengan memanaskan minyak jelantah menggunakan *hotplate* dengan suhu 55°C, kemudian ditambahkan 100 ml larutan lye sedikit demi sedikit sambil dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Proses pengadukan dilakukan selama 1 jam. Selanjutnya *biodiesel* didiamkan selama 8 jam sehingga terbentuk dua lapisan, lapisan atas merupakan *biodiesel* sedangkan lapisan dibawahnya merupakan gliserol.

Lapisan *biodiesel* dipisahkan dari gliserol. Kemudian dicuci menggunakan air untuk menghilangkan sisa-sisa gliserol dan zat lain yang masih tertinggal. Air akan mengikat gliserol dan terbentuk lapisan berwarna putih keruh. Setelah didiamkan selama 4 jam dan terbentuk lapisan tersebut. *Biodiesel* disaring menggunakan kertas saring berstruktur halus.

C. Uji Karakteristik

Karakteristik *biodiesel* yang diuji adalah pengujian massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel*.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

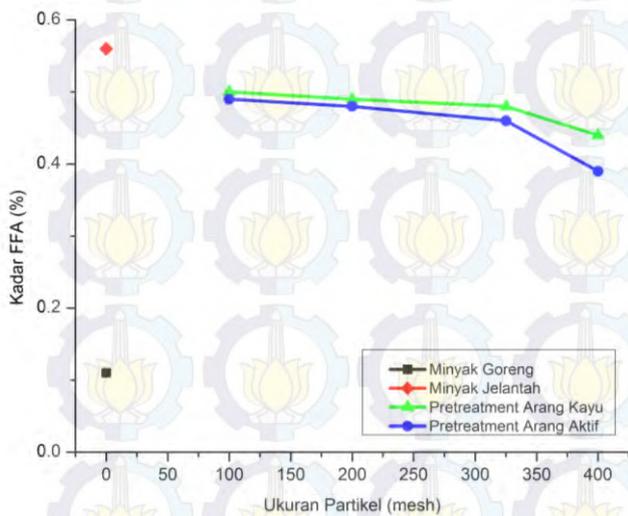
A. FFA Minyak Jelantah

Tabel 2 berikut memuat hasil pengujian kadar FFA dari minyak jelantah tanpa pretreatment maupun melalui proses pretreatment menggunakan metode titrasi

Tabel 2.
Hasil Pengujian Kadar FFA Minyak Jelantah

Sampel	Adsorben	Ukuran Partikel	NaOH (ml)	FFA (%)
Minyak goreng	-	-	1,3	0,11
	-	-	6,6	0,56
Minyak jelantah	Arang kayu	100 mesh	6	0,5
		200 mesh	5,8	0,49
		325 mesh	5,6	0,48
		400 mesh	5,2	0,44
	Arang kayu aktif	100 mesh	5,8	0,49
		200 mesh	5,6	0,48
		325 mesh	5,4	0,46
		400 mesh	4,6	0,39

Dari tabel tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan kadar FFA dari sampel minyak jelantah tanpa pretreatment setelah dilakukan pretreatment dengan adsorben selama 10 jam. Pada adsorben arang kayu penurunan kadar FFA terbesar terjadi pada adsorben dengan ukuran partikel 400 mesh, yaitu sebesar 21,4%. Sedangkan pada arang kayu aktif penurunan FFA terbesar adalah sebesar 30,3%, dengan ukuran partikel 400 mesh.



Gambar 1 Hubungan ukuran partikel terhadap kadar FFA.

Dari data yang sebelumnya telah disajikan pada Tabel 2, dapat dilihat hubungan ukuran partikel adsorben terhadap kadar FFA minyak jelantah setelah pretreatment pada Gambar 1. terjadi penurunan terhadap sampel minyak jelantah hasil pretreatment, dibandingkan dengan tanpa pretreatment. Selain itu terlihat bahwa semakin kecil ukuran partikel maka penurunan kadar FFA yang diperoleh semakin besar, atau dapat disebut bahwa kadar FFA yang diperoleh semakin kecil.

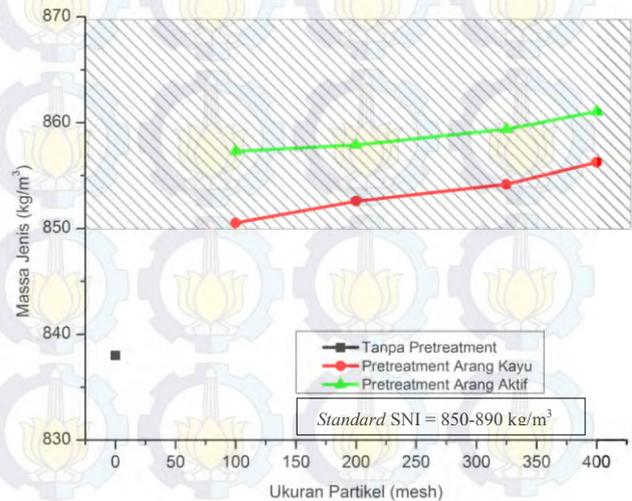
Semakin kecil ukuran partikel adsorben yang digunakan, dengan jumlah atau massa yang sama, maka luas permukaan keseluruhan adsorben akan lebih besar. Hal tersebut berpengaruh pada banyaknya molekul adsorbat yang masuk pada pori-pori adsorben. Semakin luas permukaannya maka semakin banyak molekul asam lemak

bebas (FFA) yang diserap oleh adsorben, sehingga nilai FFA yang dimiliki oleh sampel minyak jelantah tersebut semakin kecil.

B. Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah

B1. Massa jenis

Pengujian massa jenis berdasarkan ASTM D 1298, pengujian dilakukan dengan mengambil sejumlah sampel biodiesel kemudian dipanaskan dengan suhu 40°C, setelah itu diukur volume biodiesel tersebut menggunakan gelas ukur dan ditimbang massanya menggunakan timbangan digital.



Gambar 2. Hubungan ukuran partikel terhadap massa jenis biodiesel.

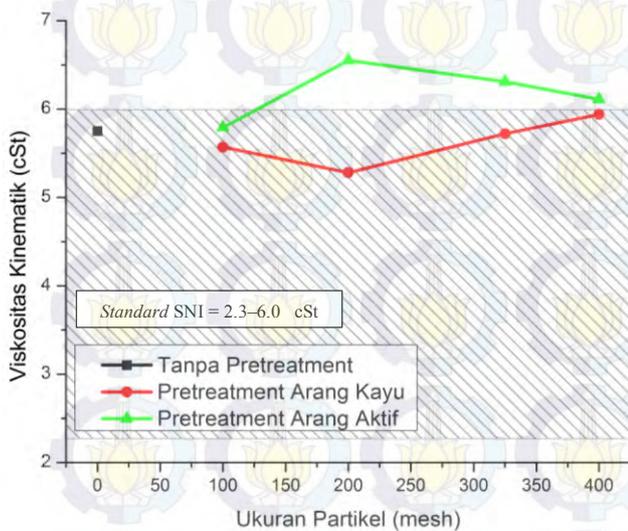
Gambar 2 menunjukkan nilai massa jenis sampel biodiesel yang dibuat memenuhi standard SNI, yaitu dalam rentang 850-890 kg/m³. Satu sampel biodiesel yang tidak memenuhi standard adalah sampel tanpa pretreatment, dengan nilai massa jenis 383 kg/m³. Sampel biodiesel hasil pretreatment memiliki nilai massa jenis minimal 850,52 kg/m³ dengan pretreatment arang kayu berukuran 100 mesh. Sedangkan nilai massa jenis tertinggi adalah sampel hasil pretreatment menggunakan adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh dengan nilai 861,05 kg/m³.

B2. Viskositas Kinematik

Gambar 3 menunjukkan nilai viskositas kinematik sampel biodiesel. Sampel biodiesel yang memenuhi SNI antara lain sampel biodiesel dengan pretreatment menggunakan arang kayu, dan sampel pretreatment menggunakan arang kayu aktif berukuran 100 mesh. Dari hasil pengujian ini juga terlihat bahwa pretreatment dengan arang kayu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pretreatment menggunakan arang kayu yang telah diaktifkan.

Nilai viskositas kinematik terendah dimiliki oleh sampel biodiesel dengan pretreatment arang kayu berukuran 200 mesh, yaitu 5,28 cSt. Sedangkan nilai viskositas kinematik tertinggi yang masih memenuhi standar SNI dimiliki oleh sampel biodiesel dengan pretreatment arang kayu berukuran 400 mesh, yaitu 5,94 cSt. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin kecil ukuran partikel adsorben yang digunakan dalam proses pretreatment minyak jelantah dengan arang kayu, maka nilai viskositas kinematik biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi. Sementara jika adsorben yang digunakan adalah arang aktif semakin kecil

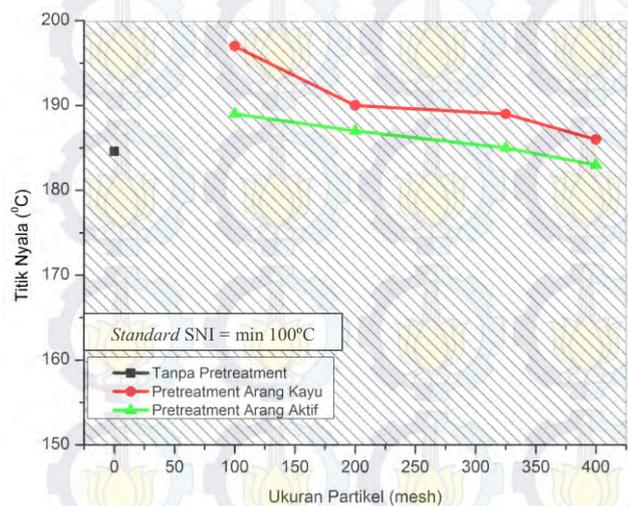
ukuran partikel adsorben maka nilai viskositas kinematik biodiesel cenderung semakin turun.



Gambar 3 Hubungan ukuran partikel terhadap viskositas kinematik.

B3. Titik Nyala (Flash Point)

Hasil pengujian titik nyala untuk masing-masing sampel biodiesel minyak jelantah ditunjukkan Gambar 4.



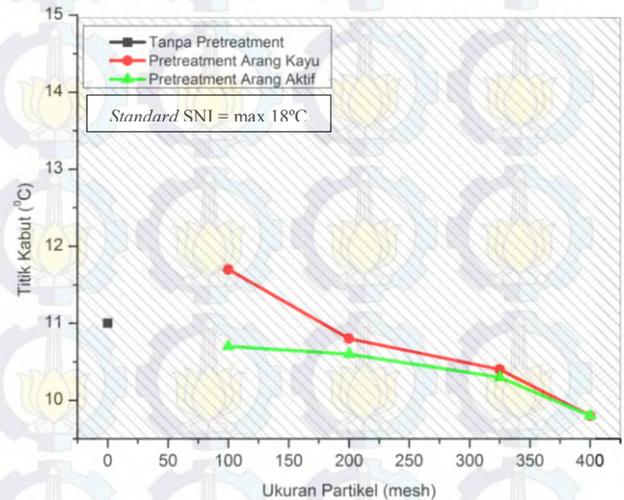
Gambar 4 Hubungan ukuran partikel terhadap titik nyala biodiesel.

Seluruh sampel biodiesel yang dibuat telah memenuhi standard SNI biodiesel dalam hal nilai titik nyala, dengan nilai minimal titik nyala biodiesel adalah 100°C. Sampel yang dibuat memiliki nilai titik nyala lebih dari 180°C. Semakin tinggi nilai titik nyala biodiesel maka kualitas biodiesel yang dihasilkan semakin baik. Nilai tertinggi titik nyala dimiliki oleh sampel biodiesel dengan adsorben arang kayu berukuran 100 mesh, nilainya adalah 197°C. sedangkan nilai terendah titik nyala biodiesel yaitu 183°C dimiliki oleh sampel biodiesel dengan pretreatment arang kayu aktif berukuran 400 mesh.

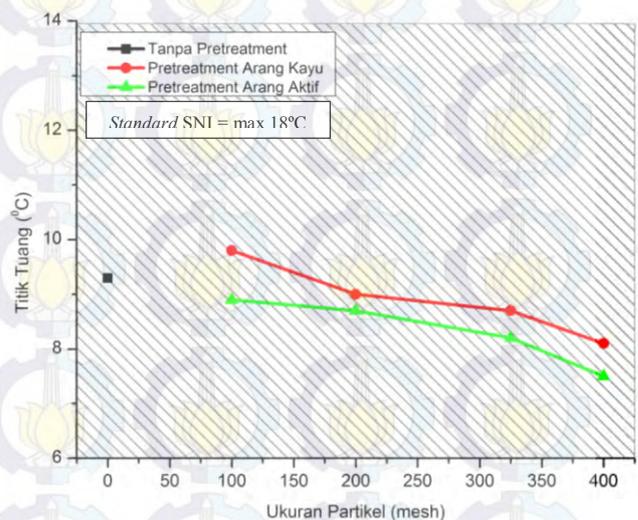
B4. Titik kabut (cloud point) dan titik tuang (pour point)

Pengujian titik kabut dilakukan berdasarkan ASTM D 2500 dan titik tuang berdasarkan ASTM D 97. Sampel biodiesel sebanyak 5 ml dituangkan dalam tabung reaksi kemudian ditutup menggunakan gabus yang sebelumnya telah diselipkan probe termometer digital hingga sensor thermocouple mencapai bagian tengah daerah sampel.

Tabung reaksi dimasukkan ke dalam wadah berisi air es dengan suhu 1 hingga 2°C hingga seluruh bagian larutan dalam tabung masuk ke dalam air es. Suhu yang dicatat sebagai titik kabut adalah ketika terlihat munculnya kabut pada permukaan bawah tabung reaksi, ditandai dengan agak keruhnya sampel biodiesel. Sedangkan suhu titik tuang adalah ketika muncul kristal putih pada permukaan bawah tabung reaksi, kristal tersebut muncul beberapa saat setelah muncul kabut.



Gambar 5 Hubungan ukuran partikel terhadap titik kabut biodiesel.



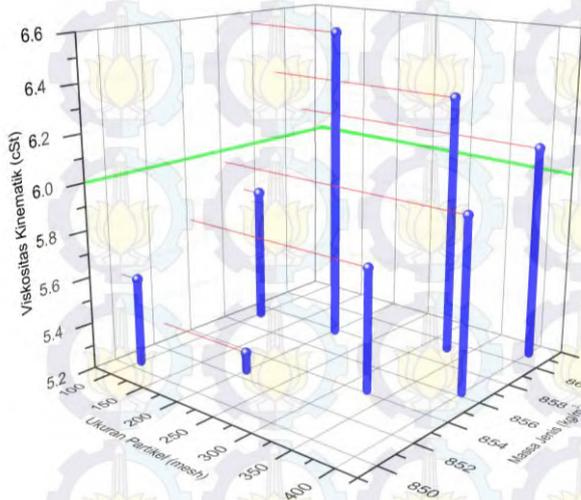
Gambar 6 Hubungan ukuran partikel terhadap titik tuang biodiesel.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa titik kabut maupun titik tuang sampel biodiesel memenuhi standard SNI. Dengan nilai standard SNI adalah maksimal 18°C. berdasarkan hasil pengujian sampel, diperoleh nilai terendah titik kabut biodiesel dimiliki oleh dua sampel dengan masing-masing pretreatment yang dilakukan adalah menggunakan arang kayu dan arang kayu aktif berukuran 400 mesh. Sedangkan nilai titik tuang terendah adalah 7,5°C yang dimiliki oleh sampel biodiesel dengan adsorben arang kayu aktif berukuran 500 mesh.

C. Interpretasi Hasil

Dari keseluruhan hasil pengujian, diperoleh penurunan kadar FFA yang paling efektif adalah menggunakan adsorben arang kayu aktif dengan ukuran partikel 400 mesh. Penurunan kadar asam lemak bebas tersebut berpengaruh terhadap beberapa karakteristik biodiesel. Antara lain massa

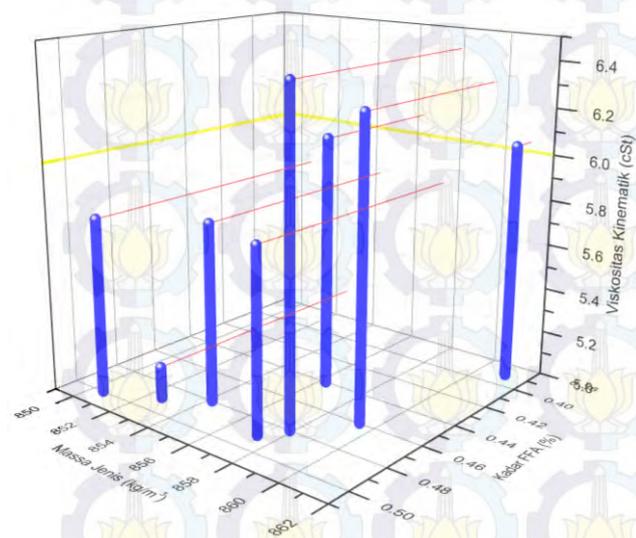
jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang. Sedangkan untuk karakter berupa viskositas kinematik dari *biodiesel* yang dihasilkan tidak terlihat hubungan yang teratur antara ukuran partikel dengan nilai viskositas.



Gambar 7 Interpretasi ukuran adsorben terhadap massa jenis, viskositas kinematik, dan titik nyala *biodiesel*.

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel adsorben maka massa jenis *biodiesel* akan semakin tinggi. Sedangkan untuk viskositas kinematik tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap ukuran partikel adsorben dalam proses *pretreatment*.

Hubungan antara kadar FFA minyak jelantah dengan nilai viskositas dan massa jenis *biodiesel* ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar tersebut menampilkan seluruh sampel *biodiesel* dalam satu garis kurva. Karena semua sampel *biodiesel* memenuhi rentang standar SNI, maka pada gambar tersebut hanya ditinjau batas standar viskositas kinematik. Dari kedua gambar tersebut, terdapat tiga sampel *biodiesel* yang tidak memenuhi standar SNI. Serta terlihat bahwa kadar FFA dalam minyak jelantah tidak berpengaruh terhadap karakteristik mutu *biodiesel*. Karena tidak ada hubungan yang jelas antara penurunan kadar FFA minyak jelantah dengan nilai viskositas kinematik *biodiesel*.



Gambar 8 Interpretasi kadar FFA terhadap massa jenis, viskositas kinematik, dan titik nyala *biodiesel*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- ❖ *Pretreatment* minyak jelantah dengan adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh berhasil menurunkan kadar FFA hingga 30,3%.
- ❖ Seluruh sampel *biodiesel* hasil *pretreatment* memiliki massa jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang memenuhi standar SNI, tetapi yang memiliki nilai viskositas kinematik sesuai dengan standar SNI hanya sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 100 mesh dan semua sampel dengan *pretreatment* arang kayu.
- ❖ Semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan dalam *pretreatment*, massa jenis sampel *biodiesel* semakin besar, sedangkan titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* semakin kecil.
- ❖ Kadar FFA dalam minyak jelantah bahan baku *biodiesel* tidak mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis S.I.'A. mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2011-2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM RI. 2014. "Peresmian Uji Jalan Pemanfaatan *Biodiesel* (B20) pada Kendaraan Bermotor", <URL: <http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/6874.html>>
- [2] Hambali, Erliza. 2007. "Teknologi Bioenergi. Agromedia Pustaka : Jakarta.
- [3] Issariyakul, Ajay. 2014. "Biodiesel from Vegetable Oils." *Renewable and Sustainable energy Review* 31 (2014) paige 446-471. University of Saskatchewan, Canada.
- [4] Ditjen Perkebunan. 2014. "Industri | Update, Office of Chief Economist". *Indonesian Banking Regulatory : Mandiri News Volume* 2, Februari 2014.
- [5] Setiawati, Evy. 2012. "Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel". *Jurnal Riset Industri* Vol. VI No.12 Hal. 117-127. Balai Riset dan Standardisasi Industri : Banjarbaru.
- [6] Ratno. 2013. "Pengaruh Ampas Tebu sebagai Absorben pada Proses Pretreatment Minyak Jelantah terhadap Karakteristik Biodiesel". *Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember* : Surabaya.
- [7] Fariyah, Tatik. 2013. "Pengaruh Ukuran Arang Aktif Ampas Tebu sebagai Biomaterial Pretreatment terhadap Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah". *Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember* : Surabaya.



Menipisnya
cadangan BBM



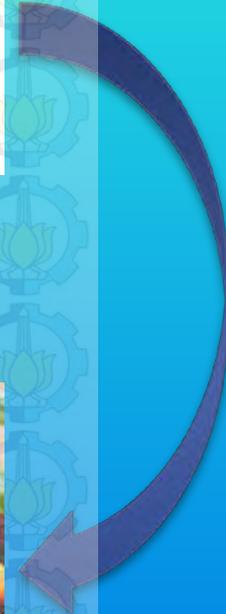
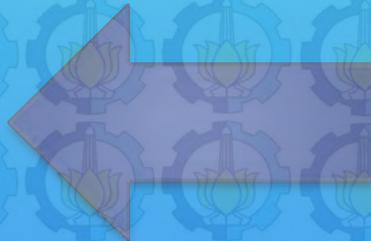
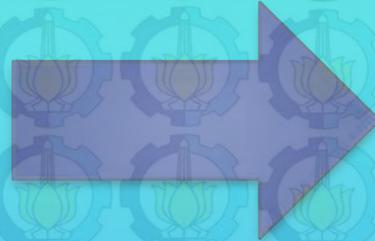
Biodiesel



Minyak jelantah



Minyak kelapa sawit





Seminar Tugas Akhir

Pengaruh Ukuran Partikel Arang Kayu sebagai Adsorben pada *Pretreatment* Minyak Jelantah terhadap Karakteristik *Biodiesel*

Disusun Oleh :

Sayyidatul Isarah 'Allamah

NRP. 2411 100 067

Dosen Pembimbing :

Lizda Johar Mawarani, ST., MT.



Batasan Masalah

- Proses *pretreatment* semua sampel adalah sama dalam hal waktu perendaman dan massa *absorbent*.
- *Absorbent* yang digunakan dalam proses *pretreatment* adalah serbuk arang kayu dan serbuk arang kayu aktif dengan variasi ukuran masing-masing adalah 100 mesh ($149\mu\text{m}$), 200 mesh ($74\mu\text{m}$), 325 mesh ($44\mu\text{m}$), dan 400 mesh ($37\mu\text{m}$).
- Karakteristik *biodiesel* yang ditinjau adalah massa jenis, viskositas, titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel*.



Metodologi Penelitian

**Preparasi
sampel**

**Pembuatan
Biodiesel**

**Karakterisa
si Biodiesel**



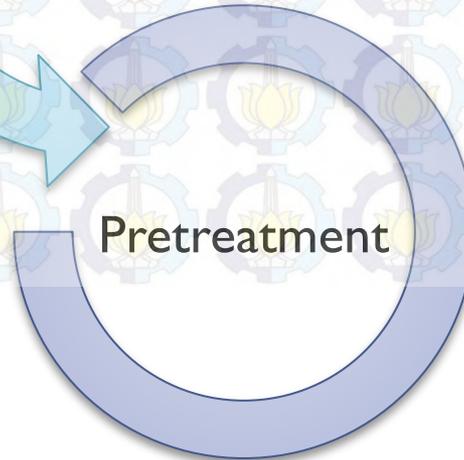
Metodologi Penelitian

Preparasi
sampel

Sampel
minyak
jelantah

Absorbent

Pretreatment





Metodologi Penelitian

Preparasi sampel





Metodologi Penelitian

Pengujian FFA

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





Metodologi Penelitian

Pembuatan
biodiesel

Larutan lye

Transesterifikasi

Pencucian



Metodologi Penelitian

Pembuatan biodiesel





Metodologi Penelitian

Karakterisasi

Massa Jenis

Viskositas Kinematik

Titik Nyala

Titik Kabut

Titik Tuang



Hasil Uji Karakteristik

Absorbent	FFA (%)	Massa Jenis (kg/m ³)	Titik Nyala (°C)	Titik Kabut (°C)	Titik Tuang (°C)	Viskositas Kinematik
Tanpa pretreatment	0.56	838	184,6	11	9,3	5,75
Arang kayu						
100 mesh	0.5	850,52	197	11,7	9.8	5,57
200 mesh	0.49	852,58	190	10,8	9	5,28
325 mesh	0.48	854,17	189	10,4	8,7	5,72
400 mesh	0.44	856,25	186	9,8	8,1	5,94
Arang kayu aktif						
100 mesh	0.49	857,29	189	10,7	8,9	5,79
200 mesh	0.48	857,89	187	10,6	8.7	6,55
325 mesh	0.46	859,37	185	10,3	8.2	6,31
400 mesh	0.39	861,05	183	9,8	7,5	6,11

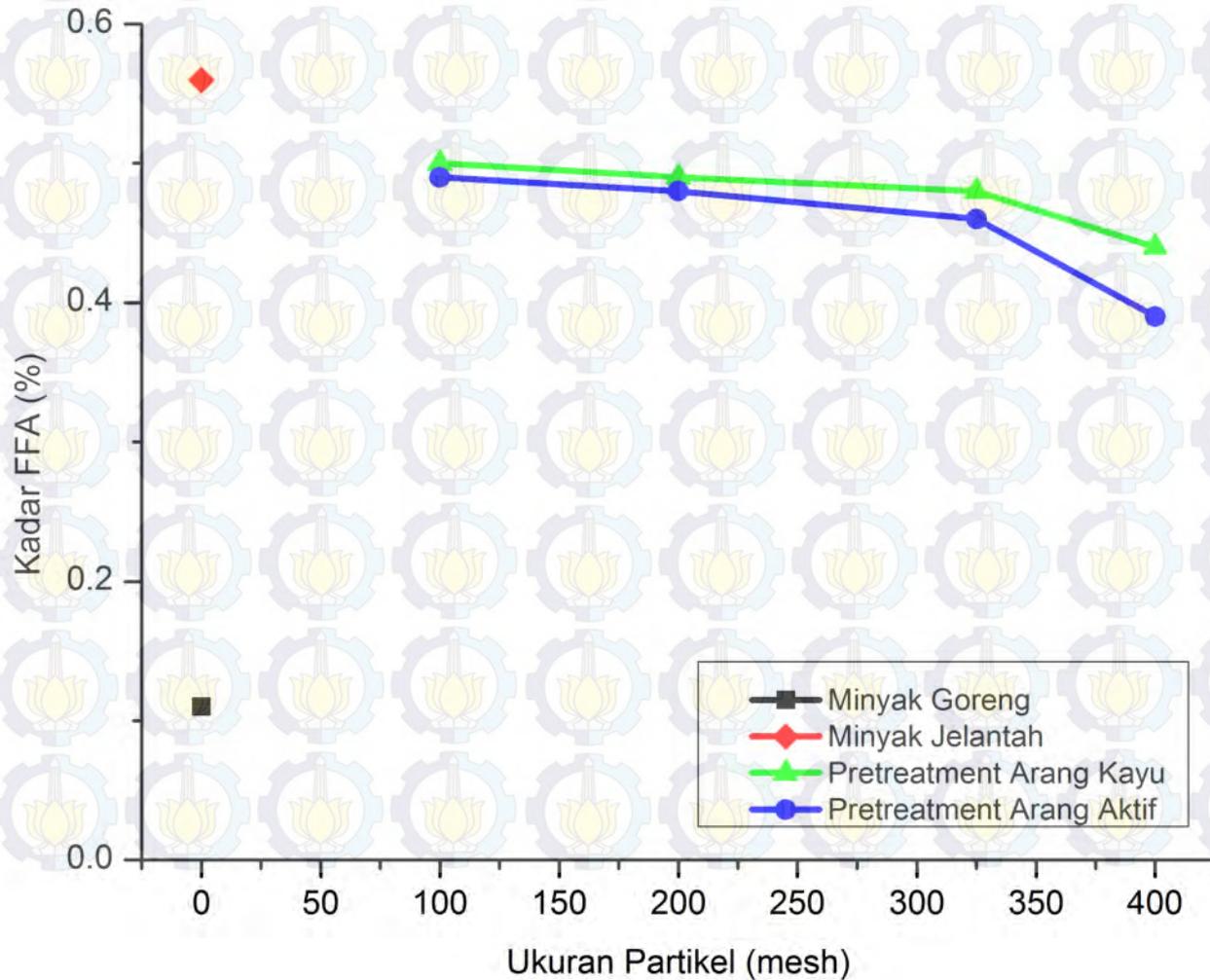


Perbandingan Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah dengan SNI Biodiesel

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Biodiesel Minyak Jelantah
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	838-879
2	Viskositas kinematic pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	5,14-6,41
3	Titik nyala	°C	Min 100	180-197
4	Titik kabut	°C	Maks 18	8.9-16

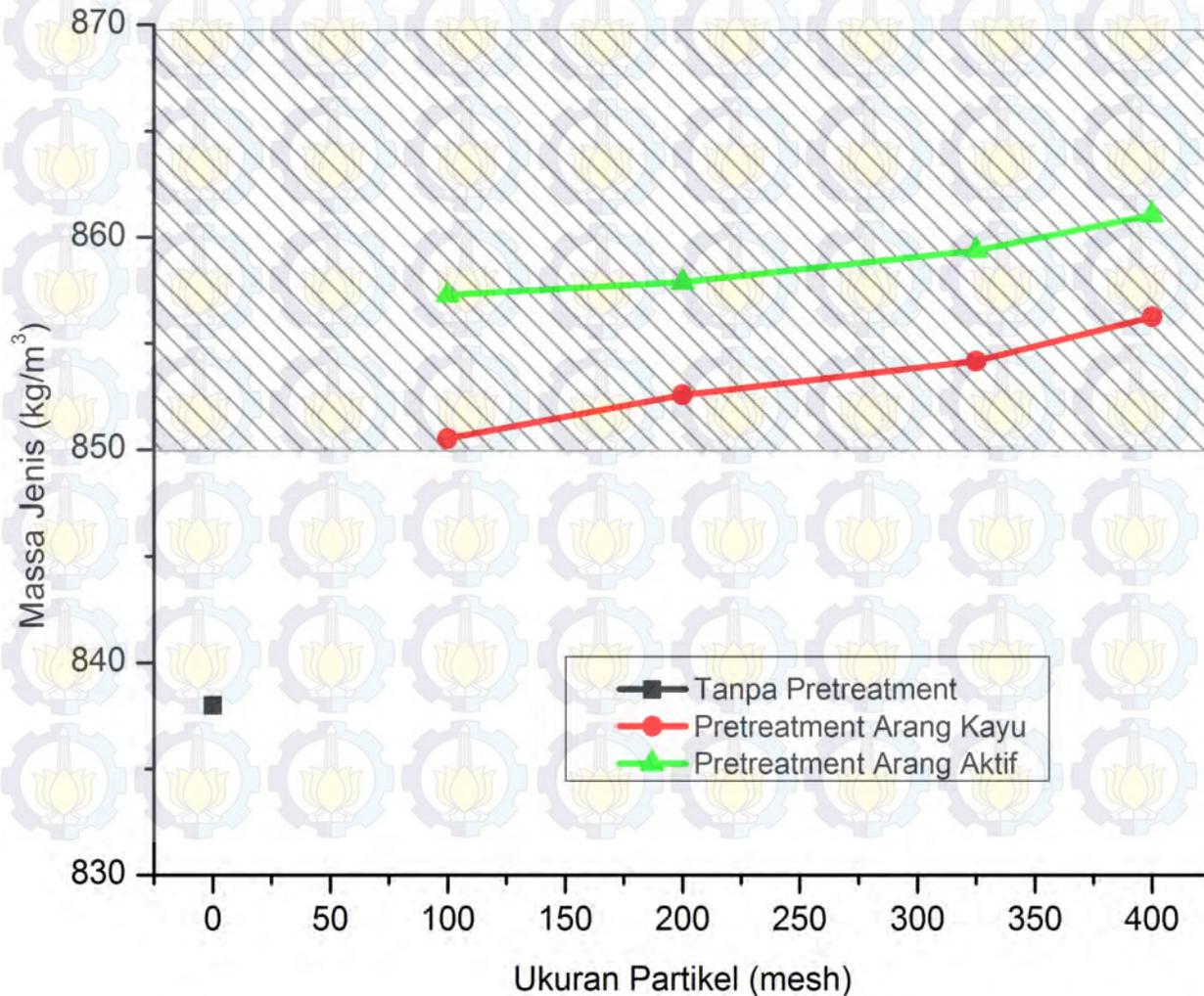


Pengaruh ukuran partikel terhadap kadar FFA



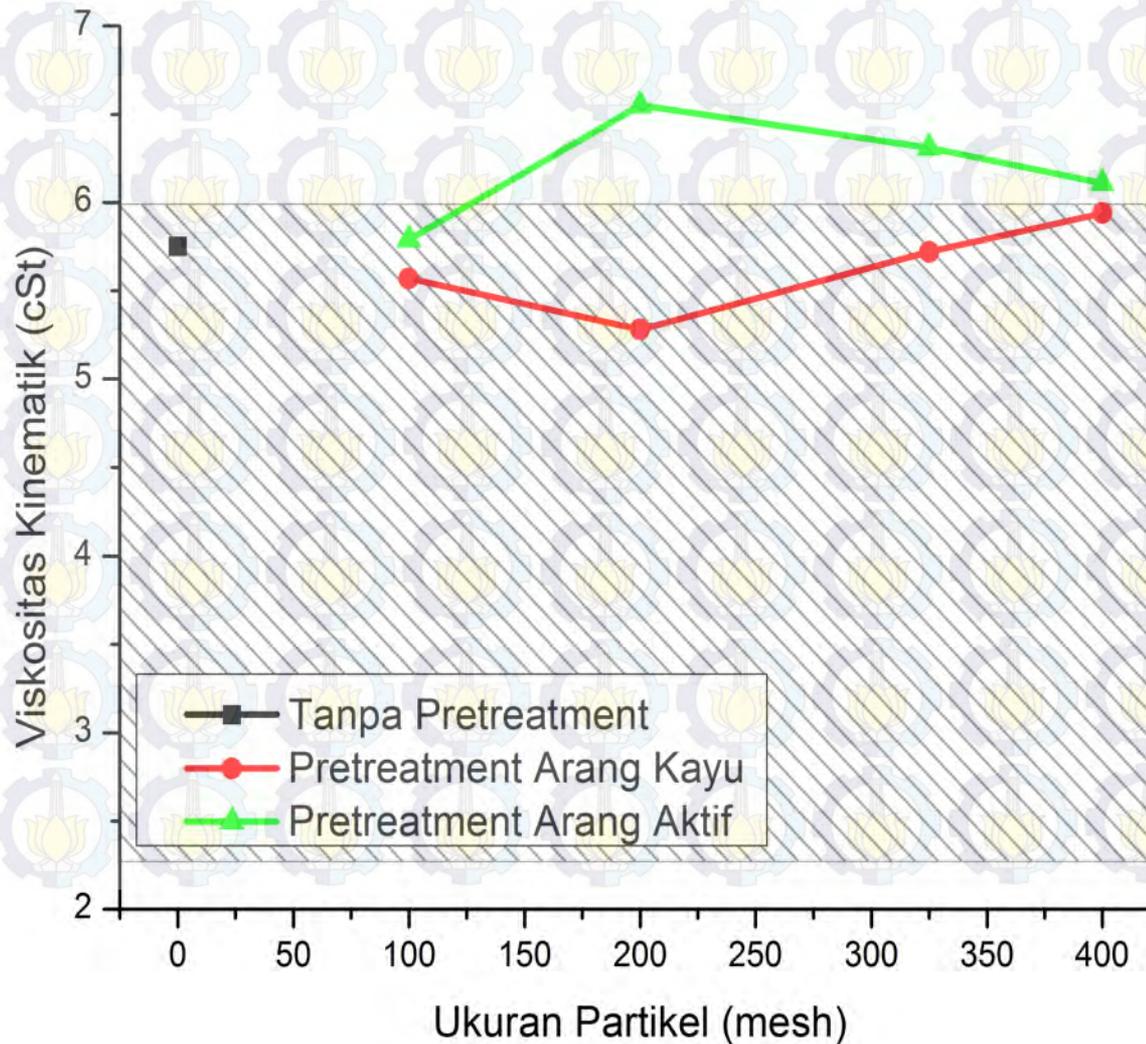


Hasil pengujian massa jenis biodiesel



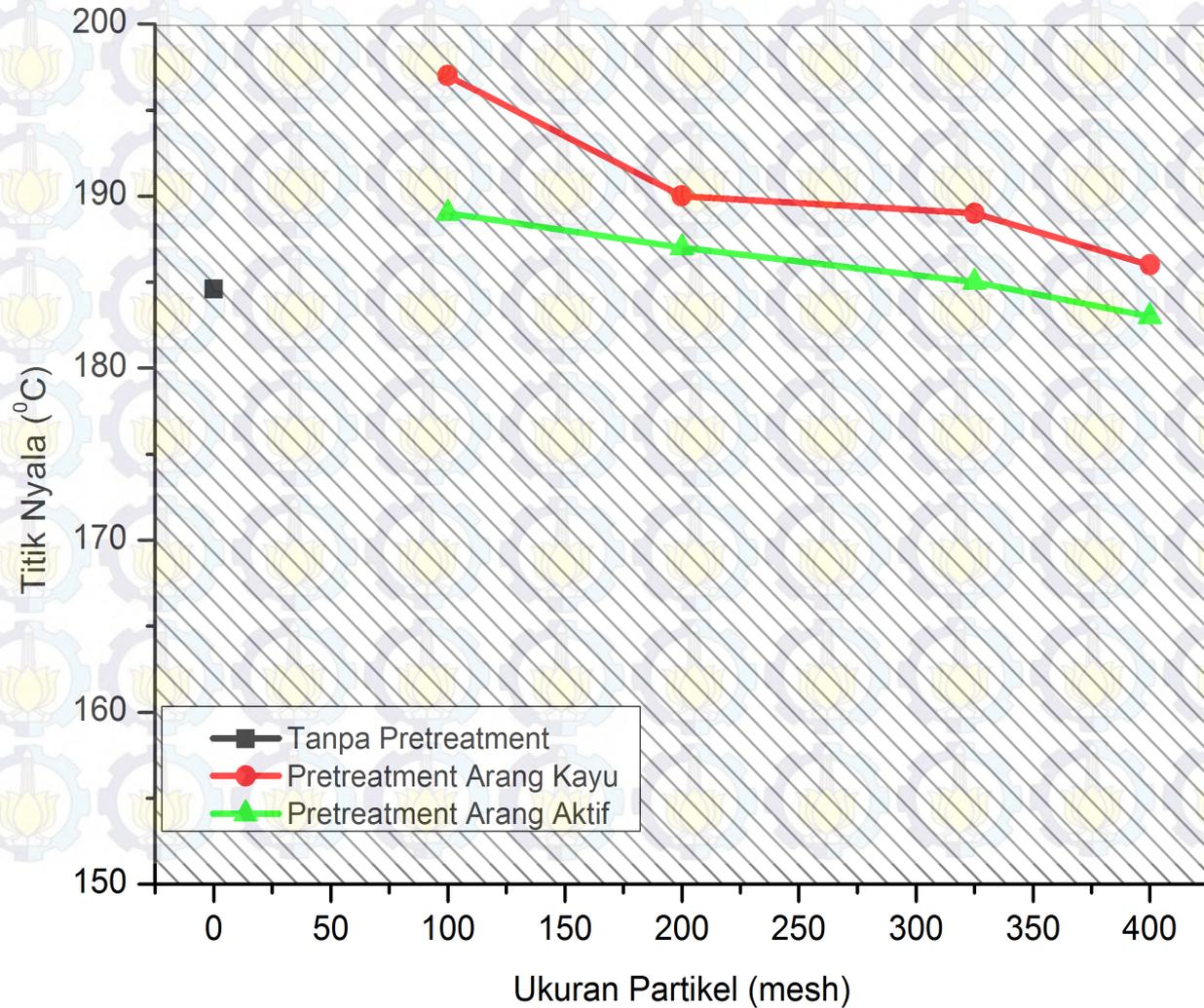


Hasil pengujian viskositas kinematik biodiesel



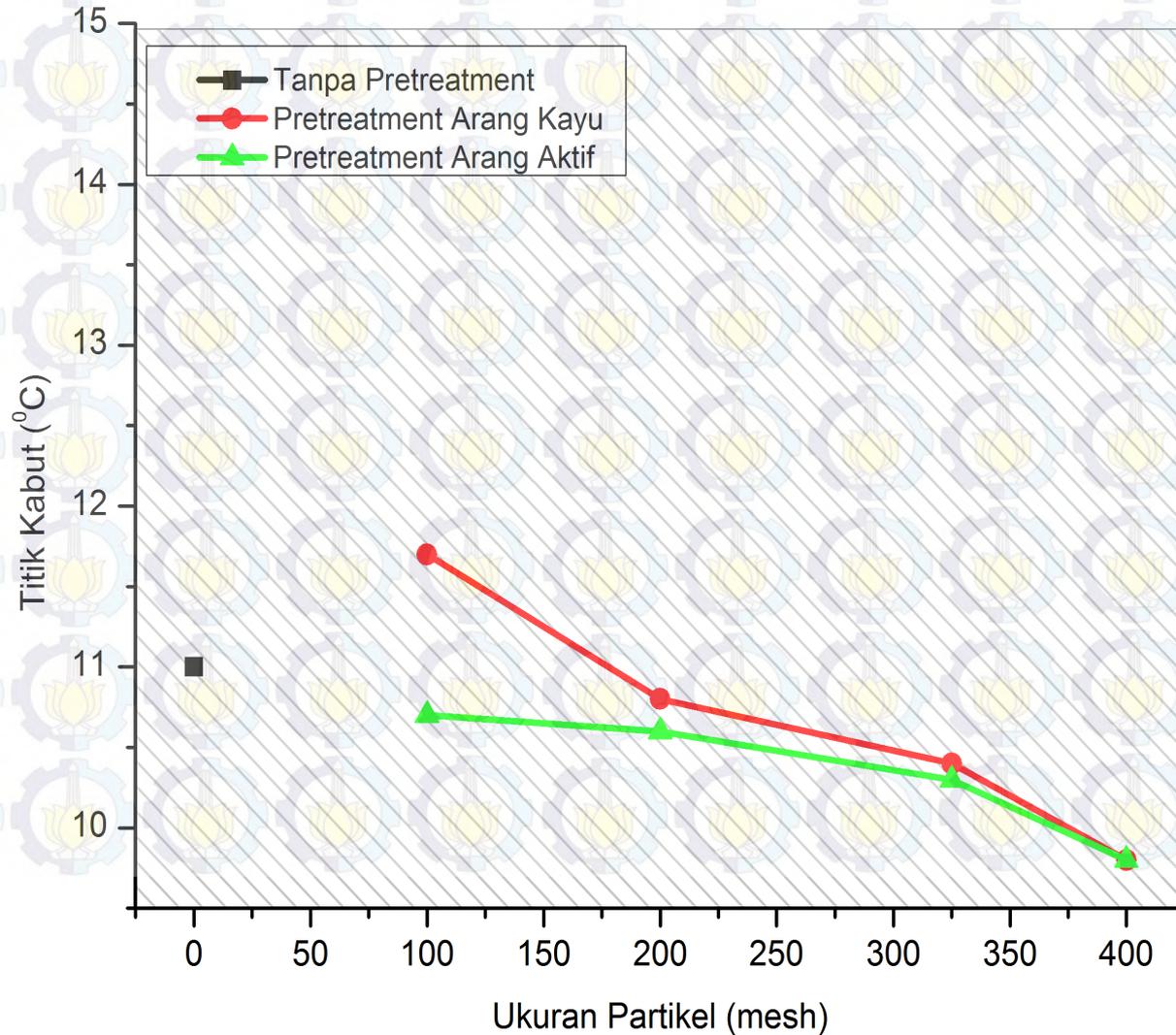


Hasil pengujian titik nyala biodiesel biodiesel



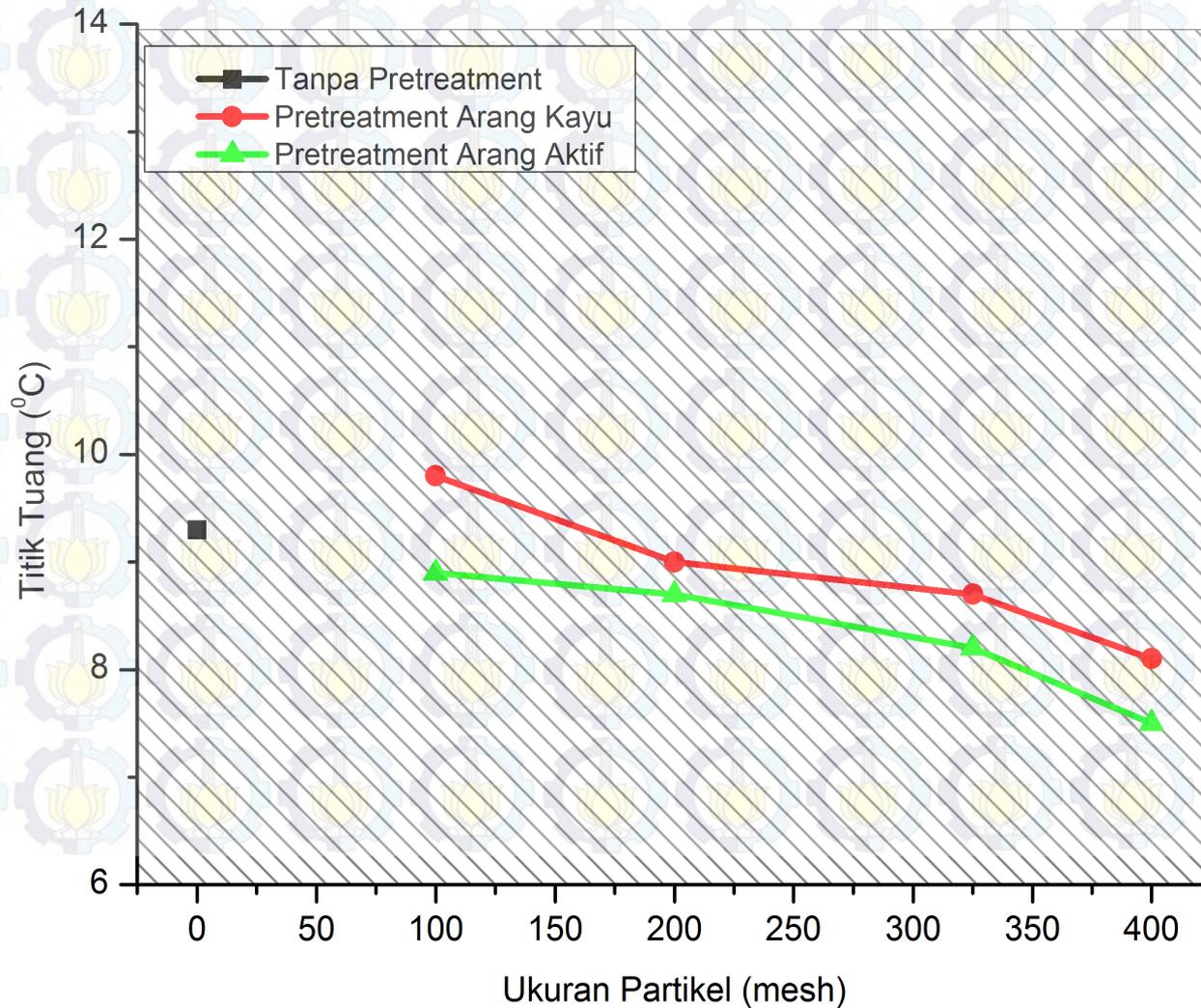


Hasil pengujian titik kabut biodiesel biodiesel



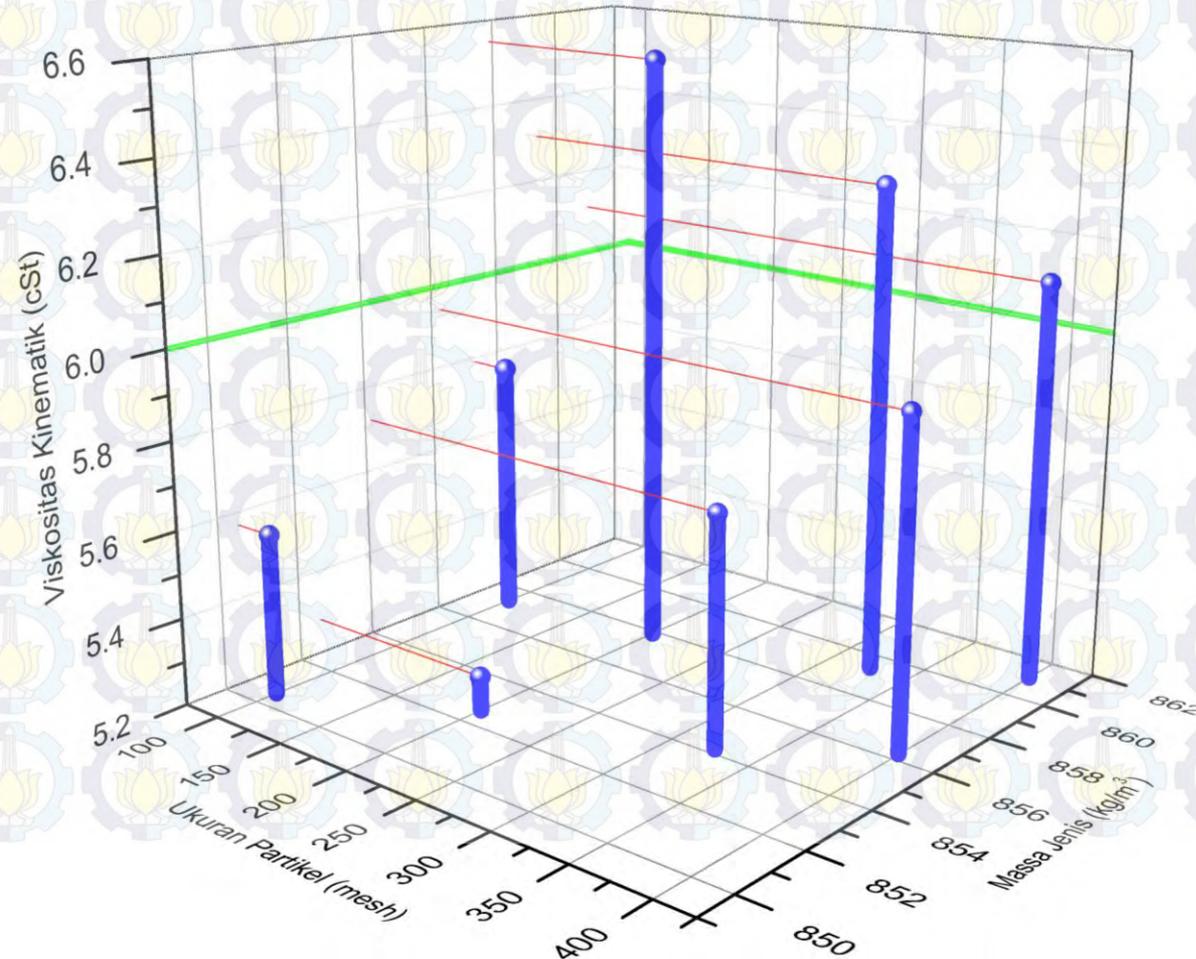


Hasil pengujian titik tuang biodiesel biodiesel



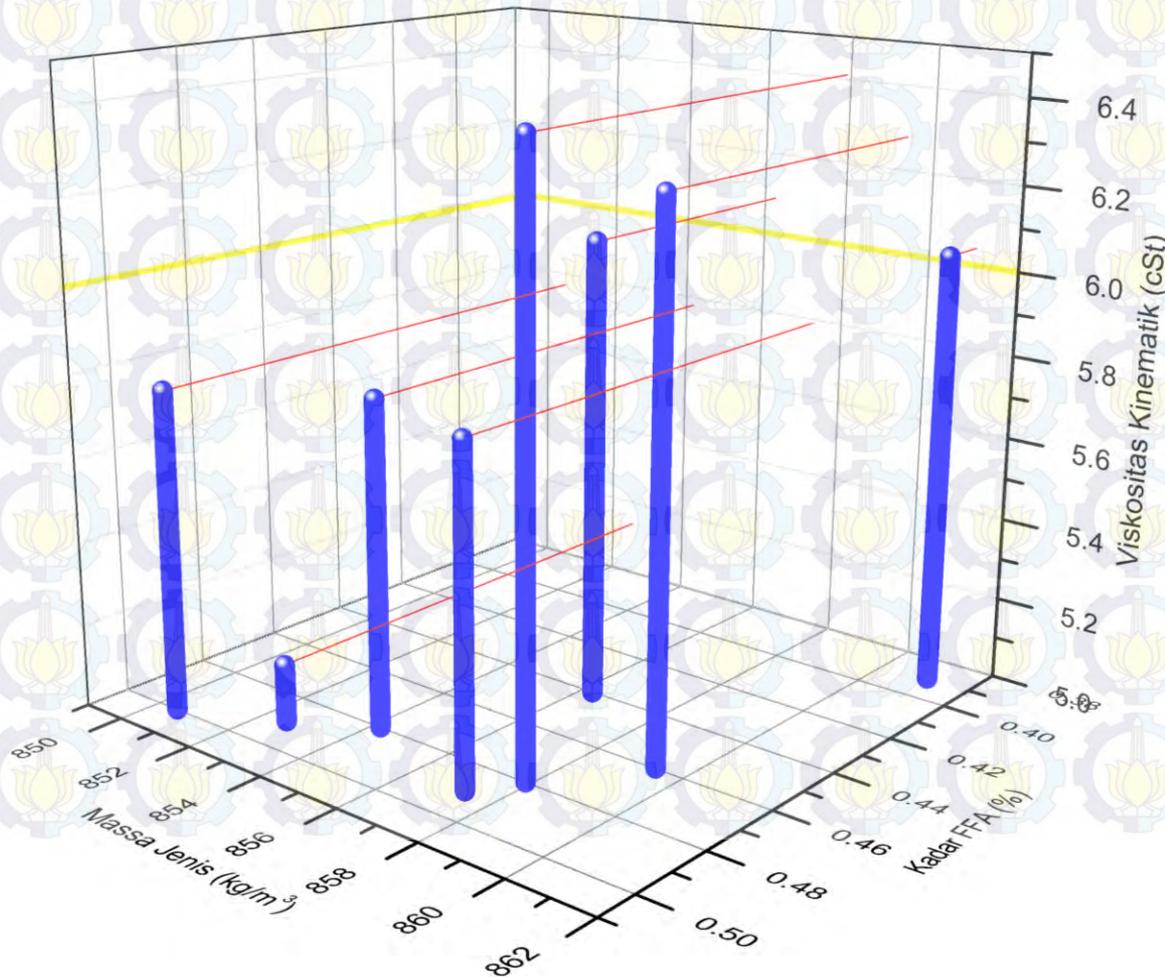


Interpretasi ukuran arang kayu terhadap massa jenis, viskositas kinematik, dan titik nyala *biodiesel*





Interpretasi kadar FFA terhadap massa jenis, viskositas kinematik, dan titik nyala *biodiesel*





Kesimpulan

- ❑ *Pretreatment* minyak jelantah dengan adsorben arang kayu aktif berukuran 400 mesh berhasil menurunkan kadar FFA hingga 30,3%.
- ❑ Seluruh sampel *biodiesel* hasil *pretreatment* memiliki massa jenis, titik nyala, titik kabut dan titik tuang memenuhi standar SNI, tetapi yang memiliki nilai viskositas kinematik sesuai dengan standar SNI hanya sampel *biodiesel* dengan *pretreatment* arang aktif berukuran 100 mesh dan semua sampel dengan *pretreatment* arang kayu.



Kesimpulan

- ❑ Semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan dalam *pretreatment*, massa jenis sampel *biodiesel* semakin besar, sedangkan titik nyala, titik kabut, dan titik tuang *biodiesel* semakin kecil.
- ❑ Kadar FFA dalam minyak jelantah bahan baku *biodiesel* tidak mempengaruhi kualitas *biodiesel* yang dihasilkan.



Terima Kasih