

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pada penelitian yang telah dilakukan, katalis yang digunakan dalam proses metanolisis minyak jarak pagar adalah abu tandan kosong sawit yang telah dipijarkan pada temperatur 600°C selama 10 jam. Kondisi operasi pada temperatur 60°C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Rasio minyak : metanol adalah 10 : 1. Reaksi metanolisis berlangsung selama dua jam.

Sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan analisa parameter-parameter yang menjadi spesifikasi dari minyak jarak pagar. Hasil analisa karakteristik bahan baku disajikan pada Tabel 4.1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa parameter hasil analisa minyak telah memenuhi parameter standar minyak jarak pagar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Besar densitas, viskositas, dan kadar air hasil analisa telah sesuai dengan parameter standar. Densitas minyak jarak pagar yang dihasilkan sebesar 0,899 g/cm³ mendekati nilai densitas standar (0,9177 g/cm³). Demikian juga dengan nilai viskositas minyak jarak pagar hasil penelitian (48,75 mm²/s), telah mendekati viskositas standar minyak jarak pagar (49,15 mm²/s). Kadar air yang diperoleh sebesar 899 ppm, juga mendekati nilai parameter standar sebesar 935 ppm. Bilangan asam hasil analisa (4,5 mg-KOH/g) sedikit lebih rendah dari parameter standar (4,75 mg-KOH/g). Minyak jarak pagar yang telah memenuhi standar selanjutnya digunakan sebagai bahan baku dalam reaksi transesterifikasi.

Tabel 4.1. Hasil analisa minyak jarak pagar yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Sifat Fisik	Satuan	Hasil Analisa	Parameter Standar*
Densitas	g/cm ³	0,899	0,9177
Viskositas	mm ² /s	48,75	49,15
Kadar air	ppm	899	935
Bilangan asam	mg KOH/g	4,5	4,75

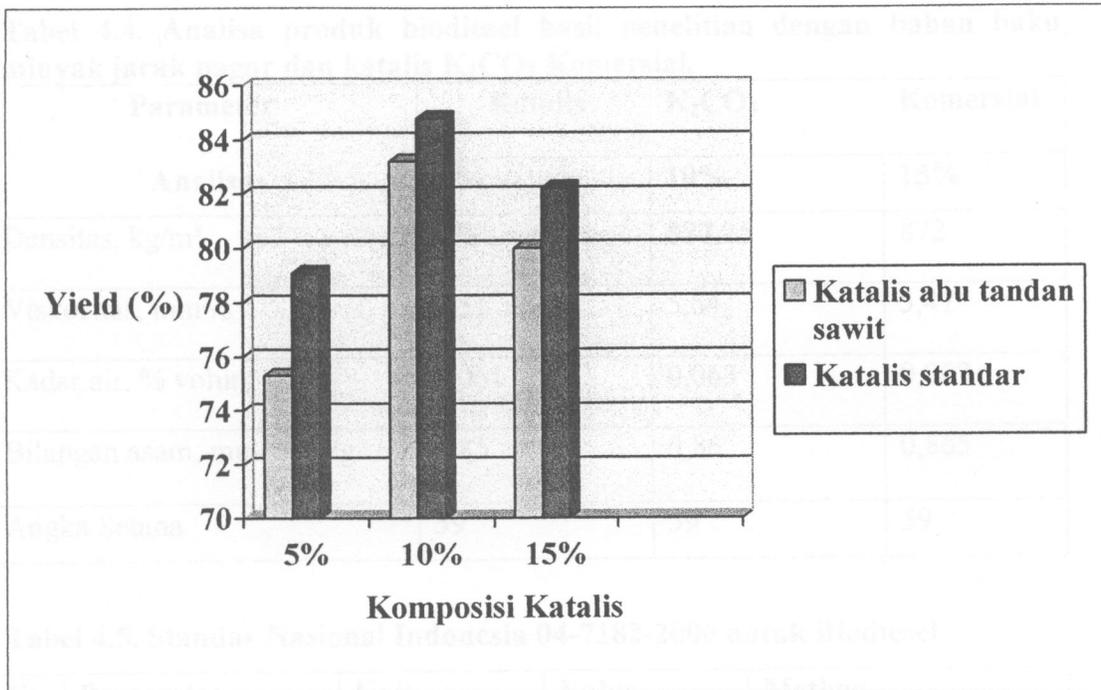
* Hambali (2006)

Pada Tabel 4.2 disajikan yield produk biodiesel hasil penelitian dengan katalis abu tandan sawit dan katalis standar K_2CO_3 komersial. Katalis abu tandan sawit ternyata dapat dengan baik digunakan sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak jarak pagar. Hal ini dapat dilihat dari perolehan yield biodiesel yang relatif tinggi. Yield tertinggi didapatkan pada pembuatan biodiesel dengan komposisi katalis 10 % (83,2 %). Pada komposisi katalis 5% diperoleh yield biodiesel sebesar 75,3 %. Pada komposisi katalis 15% yield menurun menjadi 80%. Indikasi yang sama juga ditunjukkan pada katalis standar. Yield tertinggi (84,8%) diperoleh pada 10 % K_2CO_3 . Pada komposisi 5% katalis diperoleh yield sebesar 79,1% dan pada komposisi 15% katalis diperoleh yield sebesar 82,2 %. Data dari Tabel 4.2 disajikan dalam bentuk diagram seperti terlihat pada Gambar 4.1.

Dilihat dari perolehan yield, hasil reaksi dengan katalis abu tandan sawit memang memberikan yield yang lebih kecil dibandingkan produk reaksi dengan katalis K_2CO_3 komersial. Hal ini dapat terjadi karena pada katalis abu tandan sawit juga terdapat komponen lain selain senyawa K_2CO_3 yaitu kalium silikat, kalium klorida, magnesium silikat, dan natrium silikat. Komposisi katalis abu tandan sawit dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Bab II).

Tabel 4.2. Yield produk biodiesel jatropha dengan katalis abu tandan sawit dan katalis standar K_2CO_3 komersial.

Komposisi Katalis	Yield Produk (%)	
	Katalis Abu Sawit	Katalis K_2CO_3
5 %	75,3	79,1
10 %	83,2	84,8
15 %	80	82,2



Gambar 4.1. Perbandingan Perolehan Yield Biodiesel Jatropha antara Katalis Abu Tandan Sawit dengan Katalis Standar.

Tabel 4.3. Analisa produk biodiesel hasil penelitian dengan bahan baku minyak jarak pagar dan katalis abu tandan sawit.

Parameter Analisa	Katalis	Abu Tandan	Sawit
	5 %	10%	15%
Densitas, kg/m ³	869	868,67	869,4
Viskositas, mm ² /s	5,06	5,11	5,28
Kadar air, % volum	0,055	0,064	0,029
Bilangan asam, mg-KOH/g	0,84	0,81	0,79
Angka Setana	59	59	59

Tabel 4.4. Analisa produk biodiesel hasil penelitian dengan bahan baku minyak jarak pagar dan katalis K_2CO_3 Komersial.

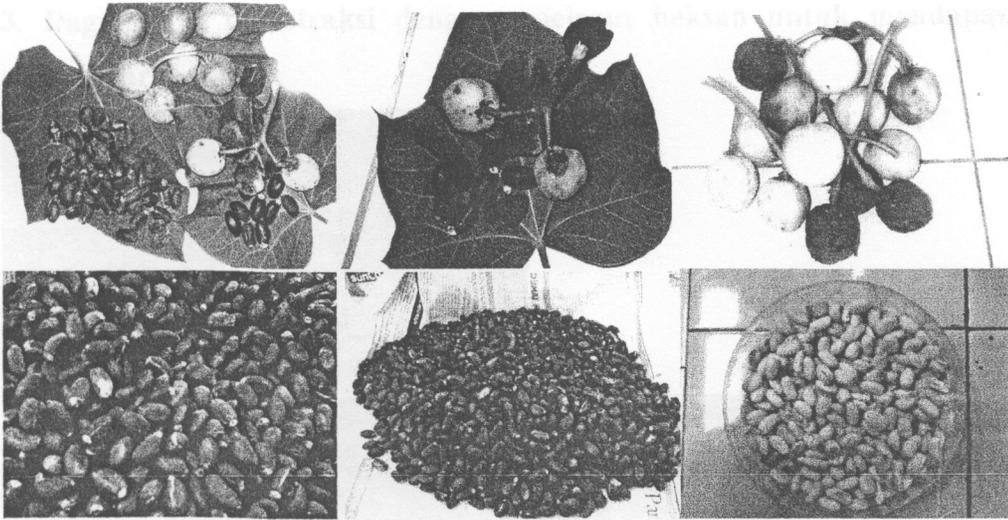
Parameter Analisa	Katalis	K_2CO_3	Komersial
	5 %	10%	15%
Densitas, kg/m^3	875	877,25	872
Viskositas, mm^2/s	5,51	5,64	5,47
Kadar air, % volum	0,061	0,063	0,067
Bilangan asam, mg-KOH/g	0,85	0,86	0,865
Angka Setana	59	59	59

Tabel 4.5. Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006 untuk Biodiesel.

No	Parameter	Unit	Value	Method
1	Density	Kg/m^3	850-890	ASTM D1298
2	Viscosity	mm^2/s	2,3-6	ASTM D445
3	Cetane number		Min 51	ASTM D613
4	Water content	%volum	Max 0,05	ASTM D2709
4	Acid number	mg-KOH/g	Max 0,8	ASTM D664

(Sumber : Supranto, 2006)

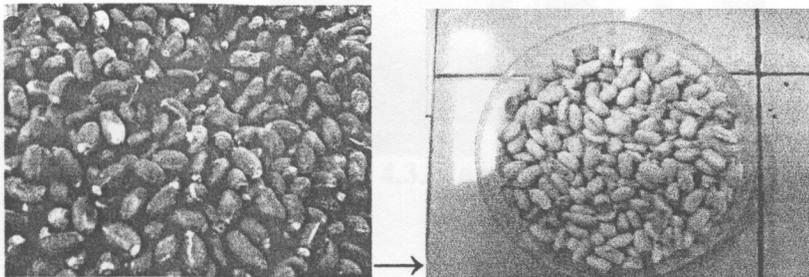
Pada Tabel 4.3 disajikan hasil analisa karakteristik produk biodiesel di antaranya densitas, viskositas, kadar air, bilangan asam, dan angka setana. Densitas dan viskositas biodiesel pada komposisi 5%, 10%, dan 15% katalis memiliki nilai yang hampir sama besar. Kadar air tertinggi terdapat pada biodiesel dengan komposisi katalis 10 %. Tabel 4.4 menyajikan analisa produk biodiesel hasil penelitian dengan bahan baku minyak jarak pagar dan katalis K_2CO_3 komersial. Secara umum, hasil analisa telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel seperti terlihat pada Tabel 4.5 di atas.



Gambar 4.2. Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linnaeus)

Tahapan pembuatan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel:

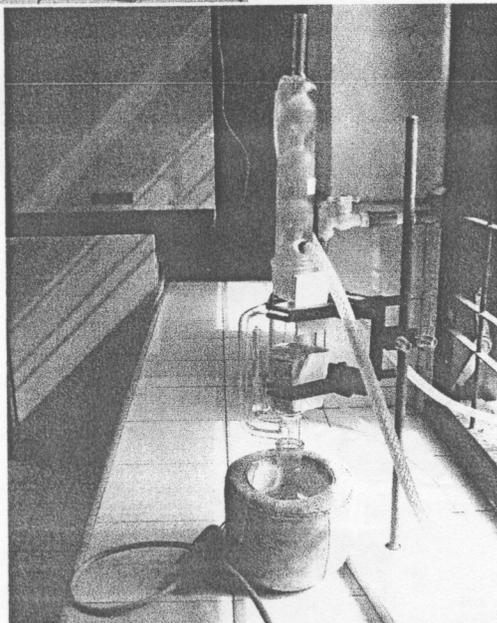
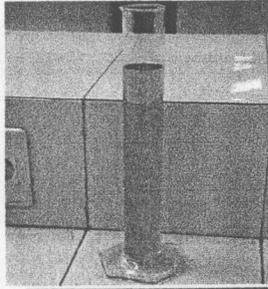
1. Biji jarak hasil panen dipres untuk memisahkan cangkang dan daging biji.



2. Daging biji dihaluskan menggunakan lumpang dan dibungkus dengan kertas saring.



3. Daging biji diekstraksi dengan pelarut heksan untuk mendapatkan minyak jarak pagar.



Gambar 4.3. Rangkaian Alat Sokletasi

Gambar 4.5. Produk Metanolisis Minyak Jarak Pagar.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Karakterisasi Minyak Jarak Pagar

4.2.1.1. Densitas

Densitas atau berat jenis minyak jarak pagar yang diperoleh dari hasil pengukuran sama besarnya dengan densitas pembanding, yaitu sebesar $0,92 \text{ g/cm}^3$. Semakin tinggi bobot molekul asam lemak dan gliserol dan semakin rendah ketidakjenuhannya, maka semakin besar densitasnya (Formo, 1979). Komposisi asam lemak tidak jenuh terbesar dari minyak jarak pagar adalah asam oleat (18 : 1) yang secara otomatis mempengaruhi densitas minyak jarak pagar.

4.2.1.2. Viskositas

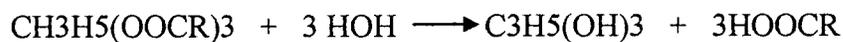
Viskositas minyak jarak pagar yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian lebih rendah dari viskositas minyak jarak pagar pembanding. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi masing-masing jenis asam lemak yang terdapat dalam minyak jarak pagar. Minyak menunjukkan viskositasnya yang relatif tinggi terhadap tingkah laku intermolekular dari rantai panjang molekul-molekul gliserida. Secara umum, viskositas minyak menurun dengan semakin tingginya ketidakjenuhan, dan meningkat dengan adanya hidrogenasi. Minyak yang mengandung asam-asam lemak berbobot molekul rendah cenderung memiliki viskositas lebih rendah dibandingkan minyak dengan derajat ketidakjenuhan sama yang hanya mengandung asam-asam lemak berbobot molekul tinggi (Formo, 1979). Viskositas minyak jarak pagar yang tinggi ini menjadi salah satu kendala dalam penggunaannya secara langsung terhadap mesin diesel.

4.2.1.3. Kadar Air

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kadar air minyak jarak pagar lebih rendah dibandingkan kadar air pada karakteristik pembanding. Perbedaan ini dipengaruhi oleh perlakuan pascapanen terhadap biji jarak pagar sebelum diekstrak minyaknya. Kadar air minyak jarak pagar yang tinggi dapat menyebabkan proses pembuatan biodiesel terhambat karena minyak akan mengalami hidrolisis selama proses berlangsung.

4.2.1.4. Bilangan Asam dan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)

Bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (ALB) menunjukkan besarnya kandungan asam lemak bebas pada minyak jarak pagar. Dari hasil karakterisasi terlihat bahwa minyak jarak pagar yang digunakan dalam penelitian memiliki kandungan asam lemak bebas cukup tinggi dibandingkan karakteristik pembanding. Perbedaan nilai bilangan asam dan kadar ALB ini dapat dipengaruhi oleh lama waktu dan suhu penyimpanan minyak jarak pagar sebelum diolah. Asam lemak bebas dapat terbentuk akibat adanya proses hidrolisis antara minyak (trigliserida) dan air, seperti terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Reaksi Hidrolisis antara Minyak dan Air

4.2.1.5. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan minyak jarak pagar menggambarkan besarnya bobot molekul minyak, dimana keduanya berbanding terbalik. Semakin tinggi bobot molekul minyak, maka semakin tinggi bilangan penyabunan. Hasil karakterisasi menunjukkan bilangan penyabunan minyak jarak pagar yang cukup tinggi disebabkan minyak jarak pagar mengandung asam lemak bebas dalam jumlah besar. Asam-asam lemak bebas ini memiliki bobot molekul yang lebih rendah dibandingkan trigliseridanya.

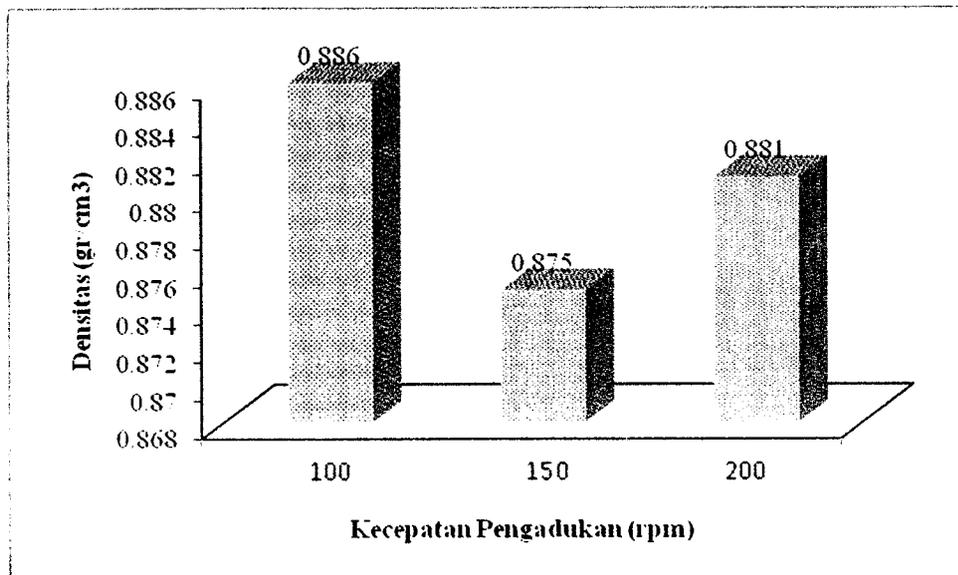
4.2.1.6. Bilangan Iod

Bilangan iod menyatakan tingkat ketidakjenuhan minyak. Minyak jarak pagar mengandung asam-asam lemak tidak jenuh seperti asam palmitoleat, oleat, linoleat, dan linolenat. Asam oleat (18 : 1) dan asam linoleat (18 : 2) memiliki kadar terbesar dari komposisi asam-asam lemak yang terdapat dalam minyak jarak pagar. Bilangan iod minyak jarak pagar yang digunakan dalam penelitian jumlahnya tidak jauh berbeda dibandingkan minyak jarak pagar pembanding.

4.2.2. Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar

4.2.2.1. Densitas

Parameter seperti densitas minyak atau metil ester (biodiesel) dipengaruhi panjang rantai asam lemak, ketidakjenuhan, dan temperatur lingkungan (Formo, 1979). Seperti halnya viskositas, semakin panjang rantai asam lemak, maka densitas akan semakin meningkat. Ketidakjenuhan juga mempengaruhi densitas, dimana semakin banyak jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam produk akan terjadi penurunan densitas. Biodiesel harus stabil pada suhu rendah. Semakin rendah suhu, maka densitas biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hasil uji densitas dapat dilihat pada gambar 4.6.



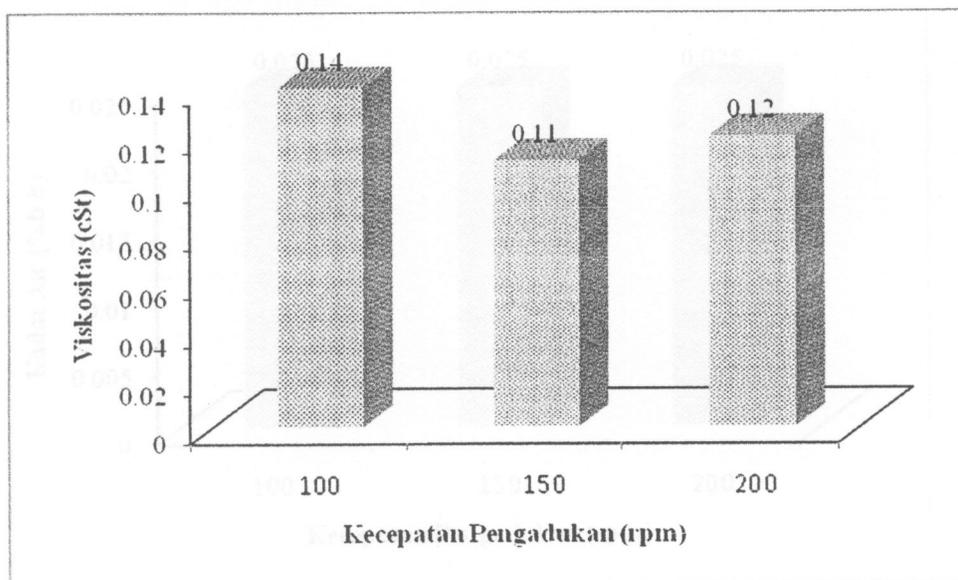
Gambar 4.7 Hasil Uji Densitas dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa densitas biodiesel yang dihasilkan dengan kecepatan pengadukan 150 rpm memenuhi standar mutu biodiesel. Hal ini disebabkan selama proses transesterifikasi, rantai-rantai asam lemak dalam minyak jarak pagar akan terpecah menjadi rantai metil ester yang lebih pendek sehingga densitaspun akan menurun seiring dengan penurunan berat molekul.

4.2.2.2. Viskositas

Viskositas yang tinggi adalah kelemahan pokok minyak nabati karena nilainya jauh lebih besar dari viskositas solar sehingga akan menyulitkan

pemompaan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar mesin. Viskositas asam lemak lebih tinggi daripada metil esternya karena adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam. Viskositas metil ester tidak jenuh akan menurun dengan adanya ketidakjenuhan, tetapi ikatan rangkap berturut-turut tidak terlalu berpengaruh terhadap fluiditas daripada ikatan rangkap tunggal dalam rantai asam lemak (Formo, 1979). Hasil uji viskositas dapat dilihat pada gambar 4.8.



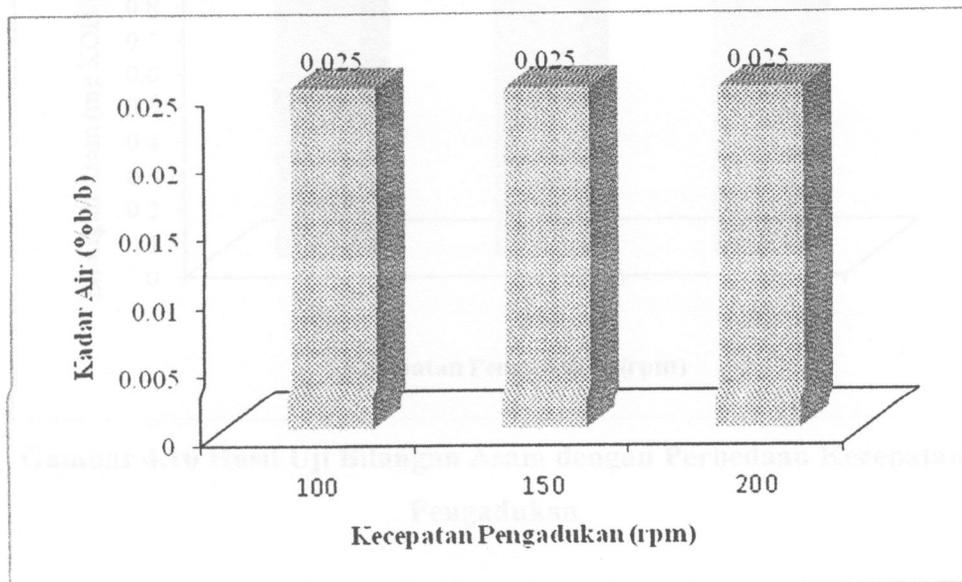
Gambar 4.8 Hasil Uji Viskositas dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Sama halnya dengan densitas, biodiesel yang dihasilkan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm dan 200 rpm memenuhi standar mutu biodiesel. Dari ketiga kecepatan pengadukan dapat dilihat bahwa viskositas pada kecepatan pengadukan 150 rpm lebih rendah dari kecepatan pengadukan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan biodiesel dengan kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm mampu memisahkan gliserol yang lebih cepat dibandingkan kecepatan pengadukan lainnya.

Viskositas biodiesel dipengaruhi oleh panjang rantai dan komposisi asam lemak, posisi, dan jumlah ikatan rangkap (derajat ketidakjenuhan) dalam biodiesel serta jenis alkohol yang digunakan untuk proses transesterifikasi.

4.2.2.3. Kadar Air

Kadar air biodiesel mempengaruhi penyimpanan biodiesel dan juga proses pencampuran dengan solar karena sifatnya yang hidroskopis. Kadar air biodiesel yang tinggi dapat menyebabkan mikroba mudah tumbuh dan mengotori biodiesel, korosi pada mesin, dan pada suhu rendah menyebabkan pemisahan terhadap biodiesel murni. Hasil uji kadar air dapat dilihat pada gambar 4.9.



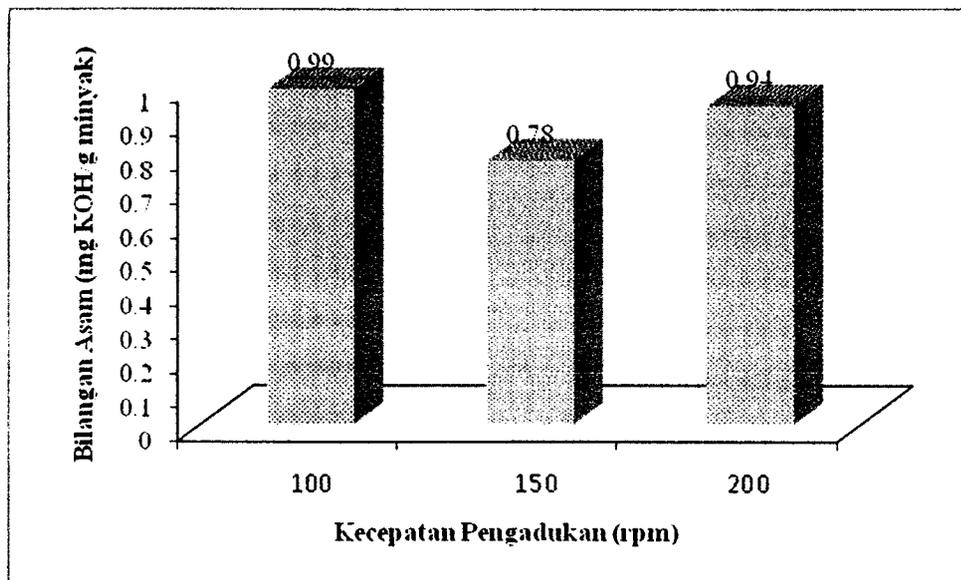
Gambar 4.9 Hasil Uji Kadar Air dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa hasil uji kadar air untuk ketiga kecepatan pengadukan adalah sama. Demikian juga minyak jarak pagar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel memiliki kadar air yang sama dengan biodiesel yang dihasilkan, dengan kata lain persen kadar air dalam pembuatan biodiesel tidak berubah.

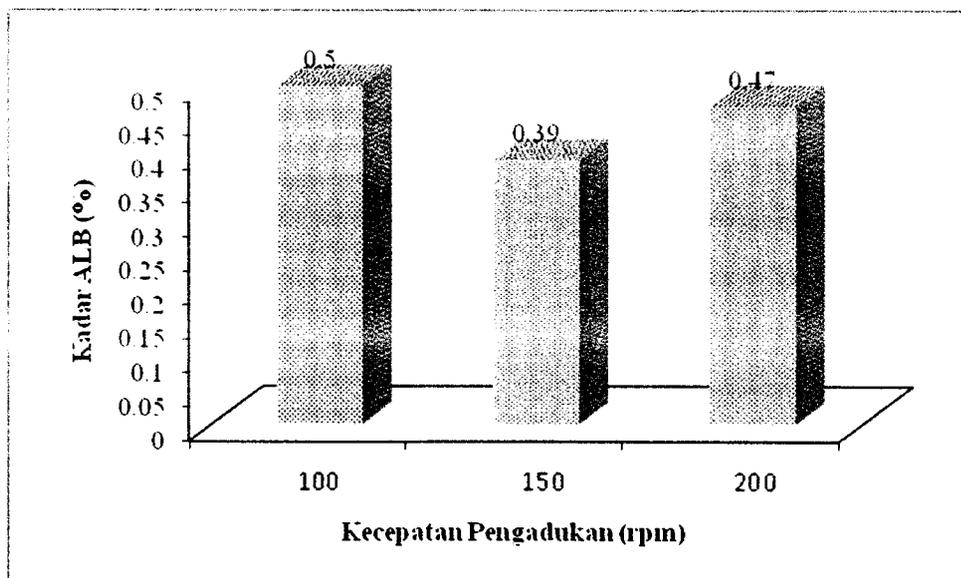
4.2.2.4. Bilangan Asam dan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)

Bilangan asam dan kadar ALB menggambarkan jumlah asam lemak bebas dari sampel dalam basis yang berbeda. Bilangan asam adalah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan grup karboksil bebas dari satu gram sampel. Kadar ALB merupakan kandungan asam oleat yang terdapat pada sampel yang dinyatakan dalam persen (Sonntag, 1982). Asam lemak bebas pada minyak maupun metil ester akan meningkat dengan adanya proses hidrolisis yang

dikatalisa asam, terutama produk yang memiliki kadar air yang tinggi. Hasil uji bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (ALB) dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Hasil Uji Bilangan Asam dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

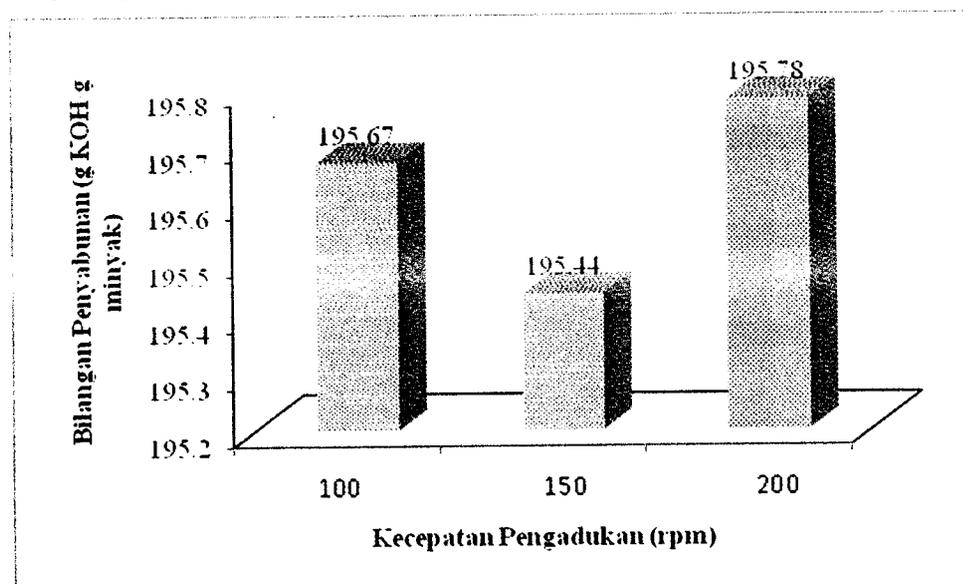


Gambar 4.11 Hasil Uji Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan hanya kecepatan pengadukan 150 rpm yang memenuhi standar mutu biodiesel yaitu untuk bilangan asam 0,78 mg KOH/g minyak dan kadar ALB 0,39%. Nilai ini sesuai dengan standar mutu biodiesel yaitu sebesar maks 0,8 mg KOH/g minyak dan kadar ALB sebesar 0,45%. Hal ini dikarenakan pada proses transesterifikasi untuk kecepatan pengadukan 150 rpm telah mengalami konversi secara sempurna menjadi metil ester.

4.2.2.5. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan didefinisikan sebagai milligram KOH yang dibutuhkan untuk bereaksi sempurna dengan semua grup reaktif dalam satu gram sampel. Karena uji ini dilakukan dengan KOH-alkohol, dapat dikatakan bahwa KOH dikonsumsi tidak hanya untuk menyabunkan semua triglisrida, digliserida, dan monogliserida dalam sampel, tetapi juga untuk menetralkan asam lemak bebas dalam sampel (Sonntag, 1982). Bilangan penyabunan bergantung pada berat molekul dan persentase konsentrasi komponen asam lemak yang terdapat di dalam minyak atau biodiesel. Semakin rendah berat molekul, maka semakin tinggi bilangan penyabunan, juga sebaliknya. Hasil uji bilangan penyabunan dapat dilihat pada gambar 4.12.

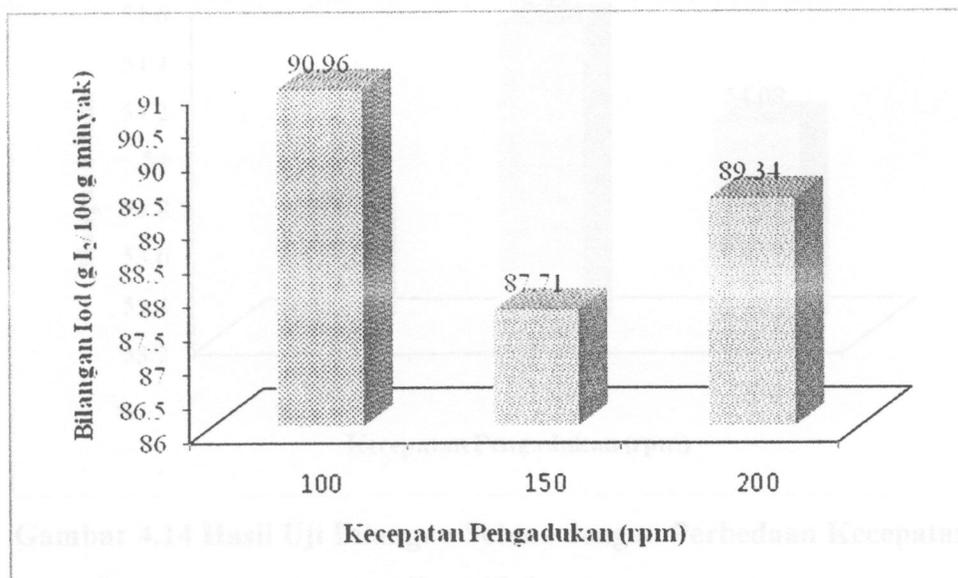


Gambar 4.12 Hasil Uji Bilangan Penyabunan dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa dari ketiga kecepatan pengadukan, 150 rpm memiliki bilangan penyabunan yang terendah yakni sebesar 195,44 g KOH/g minyak. Rendahnya bilangan penyabunan dikarenakan adanya kandungan senyawa intermediet yang tinggi dalam biodiesel dan pengaruh pengadukan selama proses transesterifikasi.

4.2.2.6. Bilangan Iod

Bilangan iod adalah ukuran dari jumlah ketidakjenuhan minyak atau lemak. Minyak dengan bilangan iod tinggi akan menghasilkan ester dengan daya aliran dan pematatan pada suhu rendah. Bilangan iod biodiesel dipengaruhi faktor-faktor seperti persentase konsentrasi komponen asam lemak tidak jenuh, berat molekul masing-masing komponen tersebut, dan jumlah ikatan rangkap didalamnya (Azam, et al., 2005). Metil ester asam lemak yang memiliki derajat ketidakjenuhan tinggi tidak cocok digunakan sebagai biodiesel karena molekul tidak jenuh akan bereaksi dengan oksigen dari atmosfer dan terkonversi menjadi peroksida. Akhirnya terjadi ikatan silang pada sisi tidak jenuh dan menyebabkan biodiesel terpolimerisasi, terutama jika suhu meningkat. Sebagai akibatnya terjadi deposit pada mesin diesel. Hasil uji bilangan iod dapat dilihat pada gambar 4.13.

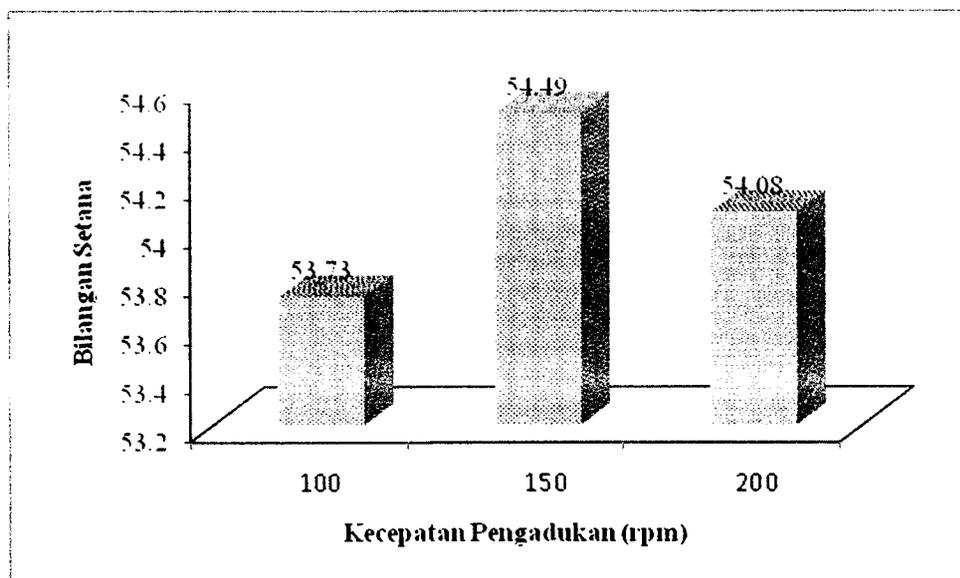


Gambar 4.13 Hasil Uji Bilangan Iod dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa ketiga kecepatan pengadukan untuk bilangan iod memenuhi standar mutu biodiesel. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa ketiga hasil bilangan iod dengan kecepatan yang berbeda memiliki derajat ketidakjenuhan yang rendah yang cocok digunakan sebagai biodiesel.

4.2.2.7. Bilangan Setana

Angka setana adalah kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan cepat setelah diinjeksi. Semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitas pembakaran bahan bakar tersebut. Angka setana adalah salah satu parameter penting yang menentukan apakah suatu metil ester asam lemak dapat digunakan sebagai biodiesel atau tidak. Azam, et al. (2005) menyatakan bahwa angka setana merupakan ukuran yang dipakai untuk menyatakan kualitas pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar mesin. Angka setana adalah fungsi dari banyaknya CH_2 dan CH_3 dalam komposisi bahan bakar (rasio $\text{CH}_2 : \text{CH}_3$). Semakin tinggi rasio antara keduanya, maka semakin tinggi angka setana biodiesel yang diperoleh. Hasil uji bilangan setana dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil Uji Bilangan Setana dengan Perbedaan Kecepatan Pengadukan

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa ketiga kecepatan pengadukan memberikan bilangan setana memenuhi standar mutu biodiesel yaitu minimal 51.

Hasil bilangan setana yang diperoleh oleh Azam, et al. (2005) sebesar 54,31. Hal ini tidak jauh berbeda untuk hasil yang diperoleh pada kecepatan pengadukan 150 rpm yakni sebesar 54,49 dengan menggunakan perhitungan yang sama yang dilakukan oleh Azam, et al. (2005). Dengan demikian, untuk kecepatan pengadukan 150 rpm bilangan setananya sudah mendekati dengan hasil yang diperoleh oleh Azam, et al. (2005). Untuk itu, biodiesel pada kecepatan pengadukan 150 rpm yang diuji ke Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC)-IPB dengan menggunakan metode ASTM D 613 dan diperoleh bilangan setana sebesar 54,4.

Berdasarkan seluruh hasil uji yang diperoleh dapat dilihat bahwa biodiesel yang dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi (reaksi reversibel) dengan kecepatan pengadukan 100 rpm menghasilkan metil ester yang sedikit. Hal ini disebabkan pembentukan gliserol dengan metil ester pada kecepatan 100 rpm reaksinya belum secara keseluruhan bergerak ke kanan atau konversinya belum maksimal.

Kecepatan pengadukan 150 rpm, pembentukan gliserol dengan metil ester lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan pengadukan lainnya. Hal ini disebabkan secara keseluruhan reaksi bergerak ke kanan atau terkonversi secara sempurna.

Pengadukan yang cepat seperti halnya pada kecepatan pengadukan 200 rpm, menyebabkan reaksi bergerak ke kiri atau berbalik ke reaksi awal secara perlahan-lahan sehingga konversinya menjadi kecil. Dengan demikian, kecepatan 150 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang optimum dalam pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dengan menggunakan katalis K_2CO_3 .