

## SINTESIS BIODIESEL DARI CRUDE PALM OIL DENGAN KATALIS ALUMINA HASIL RECOVERY LIMBAH PADAT LUMPUR PDAM INTAN BANJAR

Doni Rahmat Wicakso<sup>1)</sup>

**Abstrac** – The purposed of this research is to prove the ability of alumina which is obtained from PDAM sludge waste as a catalyst in biodiesel syntetic from crude palm oil and to get the optimum additions of alumina catalyst and the optimum temperature of process. Alumina catalyst is a heterogeneous catalyst or a catalyst which is consisting in solid phase. The advantage of this alumina catalyst is its ability to recovered, reusable, and simple in its separation process, because the soluble product in reaction medium could be separated from its catalyst by filtration. Alumina was obtained from PDAM sludge waste by adding NaOH, NH<sub>4</sub>Cl, and NH<sub>4</sub>OH in it, then heat at 90°C for 2,5 hours, filtrated, and dried in the oven. Esterification process works by heating methanol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and CPO at 60°C by comparison of CPO and methanol 1:6 in moles. Continued with transesterification process by temperature variations of 40°C, 50°C, 60°C, and 70°C, also alumina catalyst variations of 3%-b, 4%-b, and 5%-b. After esterification-transesterifications process, we purified crude biodiesel by wash it with aqudest to make pure crude biodiesel. Optimum temperature in this research about 60°C with optimum catalyst about 5%. It was reasoned by optimum yield we obtained about 70,5%.

---

Key words : temperature, catalyst, alumina, biodiesel

---

### PENDAHULUAN

Suatu katalis padat pada umumnya lebih reaktif karena memiliki luas permukaan yang besar untuk proses adsorpsi (Saito 2009). Selain itu katalis padat juga tidak membutuhkan pencucian dan separasi katalis, sehingga prosesnya relatif lebih mudah serta penggunaannya dapat dilakukan berulang dan tidak menimbulkan korosi pada reaktor. Salah satu katalis padat adalah alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Penggunaan katalis alumina dalam sintesis biodiesel telah dilakukan sebelumnya oleh Jannah (2008). Dengan menggunakan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai katalis padatan basa untuk mempercepat reaksi transesterifikasi dan telah menghasilkan biodiesel dengan konversi sebesar 36,29%.

Sampai saat ini *Crude Palm Oil* (CPO) masih merupakan andalan sebagai bahan baku sintesis biodiesel. Tingkat produksi yang besar dan banyaknya kandungan minyak dalam buah kelapa sawit

menyebabkan CPO berpotensi untuk menghasilkan biodiesel. Dalam proses pembuatannya, biodiesel sangat bergantung pada katalis dan umumnya katalis yang digunakan adalah katalis cair karena tingkat konversinya yang tinggi. Namun karena proses pemisahannya yang cukup rumit dan korosif, maka akhir-akhir ini katalis padat mulai menjadi perhatian (Prawito 2009).

Alumina dapat diolah kembali melalui proses *recovery* limbah padat lumpur PDAM (Suherman dan Budiyono 2003). Hal ini karena limbah padat lumpur PDAM dihasilkan dari pengolahan air yang dilakukan dengan penambahan koagulan tawas (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 18H<sub>2</sub>O) dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*), sehingga dalam limbah lumpurnya terdapat kandungan alumina. Melimpahnya lumpur padat PDAM sebagai sumber alumina menyebabkan penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai solusi alternatif dalam pemanfaatan limbah agar bernilai ekonomis.

### **Katalis Padat Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

Katalisator adalah suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan, tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen (Richardson 1989). Suatu reaksi dapat dipakai lebih dari satu macam katalisator. Beberapa pertimbangan dalam pemilihan katalis adalah umur panjang, harga katalisator murah, mudah atau tidaknya diregenerasi, dan tahan terhadap racun, sehingga umur katalis panjang.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama, katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisisnya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase sama. Katalis heterogen merupakan katalis yang fasanya berbeda dengan larutannya (dalam fasa padat). Kelebihan katalis heterogen adalah dapat direcovery dan digunakan kembali dan mudah dalam proses pemisahannya karena produk yang terlarut dalam medium reaksi dapat dipisahkan dari katalisnya dengan menyaringnya (Richardson 1989).

Salah satu jenis katalis padat adalah alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Alumina merupakan oksida aluminium dan mempunyai sifat sebagai insulator panas dan insulator listrik yang baik dan tahan terhadap temperatur tinggi sehingga sering dipakai sebagai katalis atau padatan pendukung katalis. Alumina mempunyai sifat yang keras, relatif stabil pada temperatur tinggi, struktur pori-pori yang besar, mudah dibentuk dan memiliki titik leleh yang tinggi. Karakteristik ini menyebabkan alumina banyak digunakan sebagai adsorben, katalis, amplas, dan dalam bidang industri kimia lain.

Selain dipakai sebagai katalis, alumina juga dipakai sebagai zat padat pendukung. Zat padat pendukung dapat meningkatkan stabilitas dan memperluas permukaan fasa aktif katalis, dengan terjadinya dispersi pada permukaan pendukungnya. Luas permukaan padatan katalis yang sangat besar sangat diperlukan dalam reaksi katalitik. Reaksi

katalitik yang berlangsung pada permukaan mengalami peningkatan sebanding dengan luas permukaan katalis.

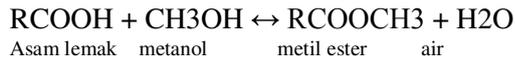
Alumina terdapat dalam dua bentuk, yaitu anhidrat dan terhidrat. Dalam bentuk hidrat (aluminium hidroksida), terdiri dari kandungan gugus hidroksida dan oksida hidroksida. Senyawa yang termasuk golongan alumina hidrat antara lain Gibbsite ( $\alpha$ -aluminium trihidrat /  $\alpha$ -Al(OH)<sub>3</sub>), Bayerite ( $\beta$ -aluminium trihidrat /  $\beta$ -Al(OH)<sub>3</sub>), dan Boehmite ( $\alpha$ -aluminium oksida hidroksida /  $\alpha$ -AlO(OH)), dan gel alumina. Sedangkan dalam bentuk anhidratnya, alumina terbagi menjadi dua, yaitu alumina stabil atau  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mempunyai struktur heksagonal dan alumina transisi disebut juga alumina metastabil, karena fasa alumina ini dapat diubah menjadi fasa  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan pemanasan lebih lanjut. Berdasarkan kisaran suhu pemanasannya, alumina transisi dibedakan menjadi 2, yaitu kelompok  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\chi$ -,  $\eta$ -, dan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan kelompok  $\delta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\kappa$ -,  $\theta$ -, dan  $\delta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Keaktifan dan kereaktifan katalis heterogen ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain adalah luas permukaan katalis padatan, volume dan besarnya pori serta distribusi sisi aktif. Gamma-alumina banyak digunakan sebagai katalis dan pendukung katalis, karena selain memiliki luas permukaan yang besar (150-300 m<sup>2</sup>/g) juga memiliki sisi aktif yang bersifat asam dan basa. Katalis ini dapat ditingkatkan aktifitasnya dengan cara menambahkan suatu materi seperti K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atau KHCO<sub>3</sub> sehingga kebasaaan katalis bertambah (Wibowo 2007).

### **Biodiesel**

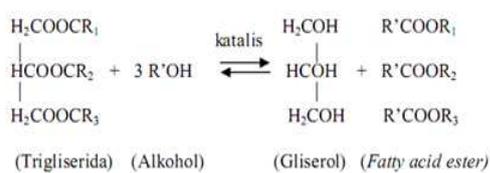
Biodiesel adalah senyawa alkil ester yang dapat diproduksi melalui 2 metode, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas dengan alkohol menjadi ester menggunakan katalis asam kuat karena merupakan katalis-katalis yang biasa dipilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja 2001). Untuk mendorong agar

reaksi bisa berlangsung kekonversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut:



Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka-asam  $\geq 5$  mg-KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi.

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monolitik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkyl, methanol adalah yang paling banyak digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksinya disebut metanolisis). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Reaksi Secara Umum untuk Transesterifikasi Trigliserida

Jika metanol digunakan dalam reaksi kimia, maka ester metil terbentuk. sedangkan jika digunakan etanol, maka etil ester yang terbentuk. Dalam reaksi kimia, alkohol menggantikan gliserin yang merupakan hasil sampingan dari reaksi kimia. Pada intinya, tahapan reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dilakukan untuk

memperoleh produk biodiesel dengan jumlah yang maksimum (Hareh 2008).

Tabel 1. Rumusan standar biodiesel Indonesia

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850 – 890
2	Viskositas kinematik pd 40 °C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut \	°C	maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		maks. no 3
7	Residu karbon - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	%-massa	maks 0,05 (maks. 0,3)
8	Air dan sedimen	%-vol.	maks. 0,05*
9	Temperatur distilasi 90 %	°C	maks. 360
10	Abu tersulfatkan	%-massa	maks.0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks.0,8
14	Gliserol bebas	%-massa	maks. 0,02
15	Gliserol total	%-massa	maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	%-massa	min. 96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I <sub>2</sub> /100 g)	maks. 115
18	Uji Halphen		Negatif

### Minyak Kelapa sawit

Minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari pengolahan buah kelapa berupa minyak mentah CPO (Crude Palm Oil) yang berwarna kuning dan minyak inti sawit PKO (Palm Kernel Oil) yang tidak berwarna (jernih). CPO dan PKO banyak digunakan sebagai bahan industri pangan (minyak goreng dan margarin), industri tekstil, kosmetik dan sebagai bahan baker alternatif (minyak diesel). Bahan baku kelapa sawit

dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan perlakuan pasca panen (Murthi 2005).

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kondensor, motor pengaduk dan *blade*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, gelas beker, pipet tetes, buret, erlenmeyer, gelas arloji, pipet volume, wadah (botol), corong pisah, labu ukur, labu leher tiga, kondensor, termometer, pemanas mantel, gelas ukur, corong gelas, botol semprot, statip dan klem, oven, neraca analitik dan piknometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO), limbah padat lumpur PDAM,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , metanol, etanol, asam oksalat, kertas saring, alkohol,  $\text{KOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , akuades, dietil eter,  $\text{HCl}$  dan indikator pp.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Recovery Alumina dari Limbah Padat Lumpur PDAM**

Proses *recovery* dilakukan dengan melarutkan lumpur sebanyak 300 mL dalam 100 mL  $\text{NaOH}$  kemudian menambah 50 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  disertai pemanasan dan pengadukan selama 2,5 jam pada kecepatan 250 rpm. Setelah suhu mencapai  $90^\circ\text{C}$ , menambahkan 50 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  sehingga terbentuk endapan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang stabil. Selanjutnya menyaring endapan tersebut dan mencucinya dengan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang panas. Kemudian mengeringkan endapan dalam oven pada suhu  $150^\circ\text{C}$  selama 1,5 jam sehingga menjadi seperti kue kering (Annisa dan Wulandari 2003).

### **Proses Esterifikasi**

Proses esterifikasi dilakukan dengan mencampurkan CPO dan metanol dengan menggunakan katalis asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Perbandingan mol CPO dengan metanol adalah 1 : 6. Jumlah katalis yang digunakan sebanyak 0,5%-b CPO. Kemudian memasukkan campuran dan melakukan

proses esterifikasi pada suhu  $60^\circ\text{C}$  disertai pengadukan dengan laju 300 rpm selama 60 menit. Produk yang dihasilkan dimasukkan ke dalam corong pisah dan mendingkannya selama 24 jam kemudian memisahkan dan mencuci metil ester yang dihasilkan menggunakan akuades sebanyak 1/3-volume metil ester sebanyak tiga kali kemudian memisahkannya dengan corong pisah. Sisa-sisa air dalam metil ester yang telah dicuci dikeringkan dengan mengovenya selama 10 menit dengan suhu  $90^\circ\text{C}$ . Apabila masih terdapat sisa air melakukan pengeringan kembali (Najma dan Retnowati 2009).

### **Proses Transesterifikasi**

Transesterifikasi dilakukan dengan mencampurkan CPO hasil proses esterifikasi dan metanol dengan menggunakan katalis alumina hasil *recovery* dari limbah padat lumpur PDAM. Perbandingan mol CPO dengan metanol adalah 1:6. Sedangkan, Jumlah katalis yang digunakan divariasikan yaitu sebanyak 3%-b, 4%-b dan 5%-b CPO sampel awal untuk proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi pada setiap penambahan katalis yang berbeda diberikan variasi suhu sebesar  $40^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$  dan  $70^\circ\text{C}$  disertai pengadukan dengan laju 300 rpm selama 120 menit. Produk dari hasil proses kemudian disaring dengan kertas saring dan dipisahkan antara gliserol dan alkil esternya menggunakan corong pisah selama 24 jam.

### **Analisis Bahan dan Hasil**

Analisis bahan dan hasil yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis angka asam dan angka penyabunan.

#### **a. Angka Asam**

Menimbang 0,8 gram sampel biodiesel ke dalam erlenmeyer 250 mL. Menambahkan 4 mL campuran pelarut (campuran ini terdiri dari dietil eter dan etanol dengan perbandingan 1:1) yang telah dinetralkan. Dalam keadaan teraduk kuat, menitrasi larutan dalam erlenmeyer dengan larutan  $\text{KOH}$  0,1 N hingga warna larutan berubah dari merah muda menjadi bening (FBI-A01-03).

## b. Angka Penyabunan

Menimbang 2 gram sampel dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan menambah 20 mL larutan KOH alkoholik. Menyiapkan dan melakukan analisis blangko secara serempak dengan analisis sampel. Langkah analisisnya sama dengan langkah awal, tetapi tidak mengikutsertakan sampel. Menyambungkan erlenmeyer ke dalam kondensor dan mendidihkan sampel sampai tersabunkan sempurna. Setelah itu melepaskan kondensor dari labu, menambahkan 3 tetes larutan Phenol Phatelein (pp) ke dalam labu. Menitrasi dengan HCl sampai warna merah jambu benar-benar hilang (FBI-A03-03).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Analisis Densitas dan *Yield* Volume Produk *Crude* Biodiesel

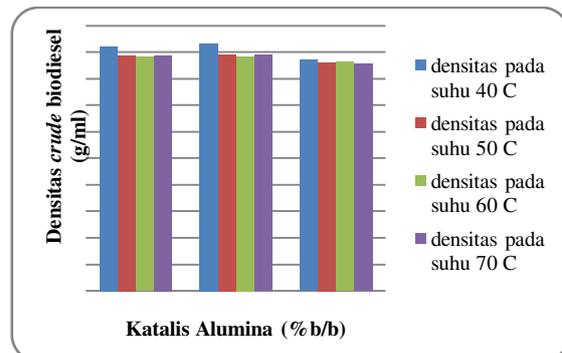
Suhu (°C)	Variasi katalis Al(OH) <sub>3</sub> % (b/b)	ρ (g/mL)	<i>Yield</i> produk (%)
40	3	0,9210	34,0
	4	0,9345	22,0
	5	0,8708	46,5
50	3	0,8880	29,5
	4	0,8932	37,0
	5	0,8601	50,0
60	3	0,8836	30,0
	4	0,8867	37,0
	5	0,8651	70,5
70	3	0,8879	64,4
	4	0,8893	41,5
	5	0,8575	52,0

Tabel 3. Hasil Analisis Angka Asam dan Angka Penyabunan *Crude* Biodiesel

Suhu (°C)	Variasi katalis Al(OH) <sub>3</sub> % (b/b)	Angka asam (Aa)	Angka Penyabunan (As)
40	3	4.7890	3.3660
	4	2.0778	14.5860
	5	1.0262	42.6360
50	3	4.8481	33.6600
	4	0.6679	15.7080
	5	0.8210	24.6840
60	3	5.0693	7.8540
	4	1.0018	20.1960
	5	0.7013	40.3920
70	3	2.7036	31.4160
	4	0.3421	44.8800
	5	1.2467	45.4410

**Densitas**

Densitas standar (SNI) dari suatu biodiesel adalah antara 850 Kg/m<sup>3</sup> sampai 890 Kg/m<sup>3</sup>, sedangkan berdasarkan penelitian diperoleh densitas dari *crude* biodiesel yang memenuhi standar SNI dijelaskan melalui gambar berikut.

Gambar 2. Perbandingan Densitas *Crude* Biodiesel Berdasarkan Suhu Operasi dan Jumlah Katalis Alumina

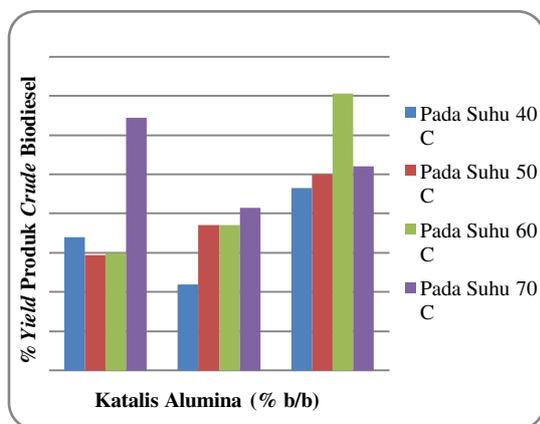
Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa semakin tinggi suhu maka densitas yang diperoleh akan semakin rendah. Dimana dalam hal ini densitas tertinggi dihasilkan pada proses sintesis biodiesel pada suhu 40° C yaitu 0,9345 g/ml. Hal ini karena temperatur yang tinggi akan menyebabkan terpecahnya trigliserida

menjadi tiga ester asam lemak dan akan menurunkan sepertiga dari berat molekul, sehingga dapat menurunkan densitasnya. Hal serupa juga telah dibuktikan oleh Dewajani (2008). Berdasarkan hasil penelitiannya, dikatakan bahwa semakin tinggi suhu operasi maka akan semakin rendah densitas yang dihasilkan. Dari variasi suhu operasi sebesar 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C, Dewajani memperoleh densitas terendah pada suhu 70°C, yaitu 0,8415 g/ml. Sedangkan dalam penelitian sintesis biodiesel dengan katalis alumina hasil *recovery* ini, densitas terendah juga diperoleh pada suhu 70°C yaitu sebesar 0,8575 g/ml.

Nilai densitas pada suatu biodiesel menunjukkan bahwa nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Jika biodiesel mempunyai densitas melebihi ketentuan, maka akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Sehingga tidak baik digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi dan menyebabkan kerusakan pada mesin.

### **Yield Volume Produk Crude Biodiesel**

*Yield* volume produk biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini ditampilkan berdasarkan suhu operasi dan katalis alumina yang digunakan.



Gambar 3. Perbandingan *Yield* Volume *Crude* Biodiesel Berdasarkan Suhu Operasi dan Jumlah Katalis Alumina

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa semakin tinggi suhu operasi maka *yield* produk *crude* biodiesel yang dihasilkan akan cenderung semakin besar. Hal ini karena pada suhu yang tinggi, molekul-molekul reaktan akan bergerak dan saling bertumbukan sehingga makin mudah bereaksi membentuk ester asam lemak. Semakin tinggi suhu operasi, maka makin besar konstanta kecepatan reaksi dan semakin cepat laju reaksinya (Sari 2009), sehingga pada waktu operasi yang sama, suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan *yield* produk yang semakin besar.

*Yield* terbesar yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 70,5% yang diperoleh pada suhu operasi 60°C dengan katalis 5%, sedangkan pada suhu 70°C *yield*nya cenderung lebih rendah, hal ini karena pada pemanasan dengan temperatur melebihi titik didih methanol (65°C) akan menyebabkan trigliserida tidak dapat terkonversi menjadi biodiesel karena banyak methanol yang menguap (Syah 2006).

Jannah (2008) melalui penelitiannya mengenai pengaruh waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan katalis alumina teraktivasi  $K_2CO_3$  (karena alumina adalah zat yang merupakan asam lemah sekaligus basa lemah, sehingga diperlukan penambahan senyawa lain untuk memunculkan sifat basanya), menyimpulkan bahwa pada jumlah penambahan katalis alumina sebesar 2% dengan suhu operasi 65°C-70°C akan dihasilkan konversi maksimum sebesar 36,29% dengan waktu operasi optimum selama 2 jam. Konversi ini memang jauh berbeda apabila dibandingkan dengan penelitian yang kami lakukan. Hal ini mungkin terjadi karena suhu operasi pada penelitian Jannah yang telah mencapai titik didih metanol, sehingga konversi tidak maksimal karena banyak metanol yang menguap.

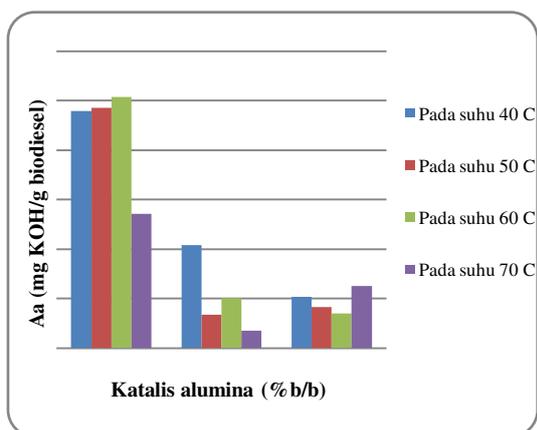
Hakim dan Irawan (2009) dalam penelitiannya mengenai sintesis biodiesel dengan katalis cair juga menyatakan bahwa suhu 60°C merupakan suhu optimal yang menghasilkan konversi terbesar dibandingkan suhu yang lebih rendah, dengan

konversi sebesar 89,72%. Hal ini sesuai dengan penelitian sintesis biodiesel dengan katalis alumina hasil *recovery* limbah PDAM yang menghasilkan suhu optimal sebesar 60°C.

Taharuddin, dkk (2010) mempelajari mengenai pengaruh penambahan jumlah dan ukuran partikel katalis padat *cordierit* pada metanolisis minyak kelapa, menyimpulkan bahwa secara umum kenaikan konversi terjadi seiring dengan kenaikan jumlah katalis. Dimana pada penambahan katalis 10% untuk ukuran katalis +600-300 µm, konversi produk mencapai optimal sebesar 88,52%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang kami lakukan, dimana pada penambahan katalis 5%, merupakan jumlah katalis optimal dibandingkan 3% dan 4%.

#### Analisis Angka Asam Crude Biodiesel

Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Ini ditunjukkan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralisasi 1 g asam lemak metil ester (Mittlebach dan Renschmidt 2006). Angka asam biodiesel pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 4. Perbandingan Angka Asam Crude Biodiesel Berdasarkan Suhu Operasi dan Jumlah Katalis Alumina

Analisis angka asam CPO sebelum proses sintesis biodiesel dilakukan adalah 6,31 dan setelah sintesis dilakukan, angka asam tersebut mengalami penurunan. Angka asam *crude* biodiesel yang dihasilkan pada suhu operasi 40°C dengan katalis 3%, 4%

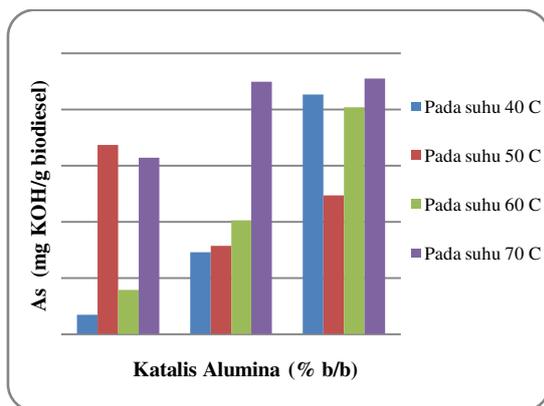
dan 5% secara berturut-turut adalah 4,7890; 2,0778 dan 1,00262 serta pada suhu 60°C secara berturut-turut adalah 5,0693; 1,0018 dan 0,7013. Data ini memperlihatkan bahwa semakin besar jumlah katalis yang digunakan, maka akan semakin kecil angka asam yang terbentuk yang menyatakan bahwa produk biodiesel yang terbentuk semakin baik. Hal ini menunjukkan bahwa asam lemak bebas yang pada awalnya tinggi telah terkonversi menjadi metil ester, sehingga kandungan asam lemak bebas di dalamnya menjadi lebih rendah dari keadaan semula.

Pada suhu 50°C untuk katalis 3%, 4% dan 5% secara berturut-turut adalah 4,8481; 0,6679 dan 0,8210 serta pada suhu 70°C secara berturut-turut adalah 2,7036; 0,3421 dan 1,2467. Berdasarkan data ini diketahui bahwa pada konsentrasi katalis yang paling besar (5%-b), angka asam yang dihasilkan justru mengalami kenaikan bila dibandingkan dengan katalis 4%. Hal ini terjadi karena jika dipanaskan pada suhu reaksi yang tinggi (70°C) maka metanol yang digunakan untuk bereaksi akan menguap terlebih dahulu sebelum membentuk metil ester, dimana titik didih metanol sekitar 65°C. Sehingga sebagian besar metanol akan teruapkan dan menghasilkan H<sub>2</sub>O. H<sub>2</sub>O ini yang nantinya akan bereaksi dengan trigliserida membentuk gliserol dan asam lemak bebas. Oleh karena itu, angka asam yang dihasilkan pada suhu 70°C dengan katalis 5% memiliki angka asam yang tinggi dibandingkan dengan katalis 4%. Sedangkan pada suhu yang rendah khususnya di bawah temperatur optimum proses (60°C), maka menyebabkan asam lemak bebas tidak banyak yang terkonversi menjadi metil ester sehingga asam lemak bebasnya pun tinggi.

Berdasarkan penelitian dari Azmi (2010) diperoleh angka asam rata-rata sebesar 0,53 mg KOH/g dengan menggunakan katalis padat K<sub>2</sub>O-CaO. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan jenis katalis yang berbeda namun masih termasuk dalam katalis heterogen, maka akan diperoleh angka asam

yang juga rendah dan sesuai dengan standar SNI. Asam lemak bebas dapat dijadikan indikator kerusakan metil ester akibat oksidasi. SNI-04-7182-2006 menyatakan bahwa batas standar nasional untuk nilai maksimal bilangan asam adalah 0,8 mg KOH/g. Bilangan asam yang lebih besar dari 0,8 mg KOH/g merupakan indikator biodiesel masih mengandung asam lemak bebas, yang berarti bahwa biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak pada injektor mesin diesel. Angka asam yang tinggi akan menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran, deposit bahan bakar dan mengurangi umur pompa bahan bakar dan filter. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada suhu 40°C biodiesel yang dihasilkan masih belum sesuai standar.

#### **Analisis Angka Penyabunan Crude Biodiesel**



Gambar 5. Perbandingan Angka Penyabunan Crude Biodiesel Berdasarkan Suhu Operasi dan Jumlah Katalis Alumina

Bilangan penyabunan menunjukkan banyaknya KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan minyak dan dinyatakan dalam mg KOH/g minyak (Mittlebach dan Remschmidt 2006). Angka ini menjelaskan banyaknya asam lemak yang terikat sebagai trigliserida maupun asam lemak bebasnya dalam minyak. Makin pendek rantai asam lemak, maka makin besar angka penyabunan.

Menurut Azmi (2010) angka penyabunan CPO berkisar antara 200-205 mgKOH/g. Berdasarkan Gambar 4.3. dapat diketahui bahwa angka penyabunan

biodiesel yang dihasilkan menurun, dimana pada suhu 40°C dengan katalis 3%, 4% dan 5 % secara berturut-turut dihasilkan angka penyabunan sebesar 3,366; 14,586 dan 42,636. pada suhu 50°C sebesar 33,660; 15,708 dan 24,684, suhu 60°C sebesar 7,854; 20,196 dan 40,3920 serta 70 °C sebesar 31,4160; 44,8800 dan 45,4410. Namun di dalam standar biodiesel Indonesias tidak tercantum batas kisaran angka penyabunan biodiesel. Oleh karena itu, hasil analisis penyabunan pada penelitian ini akan dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putra (2010) dengan menggunakan KOH sebagai katalis dalam proses transesterifikasi. Hal ini karena KOH merupakan katalis basa yang umumnya banyak digunakan dan salah satu katalis yang paling efektif untuk menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang baik. Berdasarkan hasil penelitiannya dihasilkan angka penyabunan biodiesel sebesar 199,09 mg KOH/g. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perbedaan yang cukup besar antara angka penyabunan yang dihasilkan oleh Putra dengan hasil penelitian. Perbedaan ini dapat disebabkan karena perbedaan dalam hal jenis katalis digunakan, dimana pada penelitian ini digunakan katalis alumina yang berasal dari hasil *recovery* limbah padat lumpur PDAM sedangkan Putra menggunakan katalis KOH.

Pada suhu 40°C, 60°C dan 70°C dihasilkan angka penyabunan yang cenderung semakin besar seiring dengan semakin tingginya konsentrasi katalis. Hal ini terjadi karena, pada suhu dan katalis yang semakin tinggi, akan semakin banyak metil ester yang terbentuk, sehingga akan semakin banyak pula jumlah metil ester yang dapat tersabunkan. Sedangkan pada suhu 50°C angka penyabunan yang tinggi justru dihasilkan pada katalis yang paling kecil (3%-b) hal ini karena karena masih adanya kandungan air dan asam lemak bebas sisa dari reaksi esterifikasi, sehingga jika digunakan sebagai bahan baku pada reaksi transesterifikasi yang berkatalis basa, maka asam lemak akan berinteraksi dengan

katalis membentuk sabun melalui reaksi safonifikasi (penyabunan), sehingga efektifitas katalis akan menurun. Selain itu, kondisi tersebut akan menurunkan yield metil ester dan meningkatkan viskositas serta mempersulit proses pemisahan gliserol dari metil ester.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Alumina hasil *recovery* dari limbah padat lumpur PDAM Intan Banjar dapat digunakan sebagai katalis untuk proses transesterifikasi dalam sintesis biodiesel.
- b. Semakin tinggi suhu, maka semakin baik proses sintesis biodiesel yang terjadi, dimana pada suhu 60°C akan dihasilkan *yield* produk *crude* biodiesel yang optimum.
- c. Semakin banyak % (b/b) katalis alumina yang ditambahkan, maka akan makin baik *crude* biodiesel yang dihasilkan, dimana jumlah katalis yang optimum adalah 5%.

## DAFTAR ACUAN

- Annisa N, Wulandari P. 2009. *Upaya Memanfaatkan Limbah Padat Lumpur PDAM Intan Banjar Sebagai Tawas Cair untuk Menjernihkan Air dari Sungai Martapura dengan Menggunakan Metode Koagulasi dan Flokulasi*. Banjarbaru: Jurnal Penelitian Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.
- Azmi, MF. 2009. *Transesterifikasi Heterogen antara Minyak Sayur Mentah dengan Metanol Menggunakan Katalis  $K_2O-CaO$* . Medan: USU.
- Dewajani H. 2008. *Potensi Minyak Biji Randu (Ceiba Pentand) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel*. <http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/>. Diakses Tanggal 27 Mei 2011.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Pertambangan dan Energi. 2007. *Rancangan Standar Nasional Indonesia*. <http://www.BSN.or.id>. Diakses Tanggal 8 Agustus 2010.
- FBI-A01-03. *Metode Analisis Standar untuk Angka Asam Biodiesel Ester Alkil*.
- FBI-A03-03. *Metode Analisis Standar untuk Angka Penyabunan dan kadar Ester Biodiesel Ester Alkil*.
- Hakim R, Irawan S. 2008. *Kajian Awal Sintesis Biodiesel dari minyak dedak Padi Proses Esterifikasi, Makalah penelitian Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP*. <http://jreaktor.undip.ac.id/>. Diakses Tanggal 29 Mei 2011.
- Hareesh. 2008. *Produksi Biodiesel: Proses Transesterifikasi*. <http://www.brighthup.com>. Diakses Tanggal 8 Agustus 2010.
- Jannah R. 2008. *Reaksi Transesterifikasi Trigliserida minyak jarak dengan methanol*. Jakarta: UI Press.
- Mittelbach M, Remschmidt C. 2006. *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Austria.
- Murthi BK. 2005. *Pengembangan Biofuel Berbahan Baku Jarak Pagar sebagai Bagian dari Kebijakan Diversifikasi Energi Nasional*. <http://ybkrisna@indo.net.id>. Diakses Tanggal 6 Oktober 2010.

- Najma AN, Retnowati DA. 2009. *Sintesis Crude Biodiesel dari Minyak Biji Karet*. Banjarbaru: Jurnal Penelitian Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.
- Prawito. 2009. *Biodiesel*. <http://chemical-engineer.digitalzones.com>. Diakses Tanggal 10 Oktober 2010.
- Putra, AK. 2010. *Pengolahan Biji Mahoni (Swietenia macrophylla King) sebagai Bahan Baku Alternatif Biodiesel*. <http://adytiaputtrak.blogspot.com>. Diakses Tanggal 29 Mei 2011.
- Richardson JT. 1989. *Principles of Catalyst Development*. New York: Plenum Press.
- Saito T. 2009. *Reaksi Katalis*. [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia). Diakses Tanggal 6 Oktober 2010.
- Sari AP. 2009. *Kinetika Reaksi Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Dedak Padi, Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia UNDIP*. <http://eprints.undip.ac.id/>. Diakses Tanggal 27 Mei 2011.
- Soerawidjaja T. 2001. *Menjadikan Biodiesel sebagai Bagian dari Liquid Fuel Mix di Indonesia*. Bandung: ITB Press.
- Suherman, Budiyono. 2003. *Pengolahan Air Rendaman Cengkeh Menggunakan Metode Koagulasi dan Flokulasi*. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.
- Syah ANA. 2006. *Biodiesel Jarak Pagar Bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan*. <http://www.indobiofuel.com/tokobuku.php>. Diakses Tanggal 28 Mei 2011.
- Taharuddin, Tua M, Silalahi N. 2010. *Cordierite sebagai Katalis Heterogen pada Metanolisis Minyak Kelapa (Coconut Oil)*, Seminar Rekayasa Kimia dan Proses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. <Http://eprints.undip.ac.id/>. Diakses Tanggal 27 Mei 2011.
- Wibowo W. 2007. *Reaksi Konversi Katalis 2*. Medan: USU Press.