

# Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga $\gamma$ -Alumina ( $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) Dalam Reaktor *Fluidized Bed*

Sunu R. Puspitaningati, Renata Permatasari, dan Ignatius Gunardi

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* gunardi\_tk@yahoo.com

**Abstrak**—Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar fosil dari hasil reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan metanol. Proses pembuatan biodiesel selama ini menggunakan katalis homogen NaOH atau KOH yang memiliki kelemahan terbentuknya produk samping berupa sabun dan rumitnya pemisahan produk biodiesel dengan katalis. Maka dari itu, mulai dikembangkan penggunaan katalis heterogen untuk menggantikan penggunaan katalis homogen. Penelitian ini mengembangkan katalis  $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Pembuatan katalis melalui metode presipitasi CaO pada  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  serta asam asetat sebagai larutan precursor selama 3 jam lalu impregnasi KI selama 3 jam. Kemudian, dioven selama 12 jam pada suhu  $110^\circ\text{C}$  dan dikalsinasi pada suhu  $650^\circ\text{C}$  selama 4,5 jam. Katalis yang diperoleh digunakan untuk membantu proses transesterifikasi biodiesel dengan variable massa katalis, rasio molar minyak dan metanol, dan suhu. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa biodiesel dapat diproduksi melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis  $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dalam reaktor fluidized bed. Kemurnian tertinggi dari biodiesel yang didapatkan yaitu sebesar 99,17%. Yield dan konversi tertinggi sebesar 97,19% dan 96,89% didapatkan pada penggunaan massa katalis 16 gram dan rasio molar minyak dan metanol 1 : 36 serta kondisi operasi suhu  $225^\circ\text{C}$  dan laju alir umpan 6 ml/menit (waktu tinggal 8 jam) memiliki densitas sebesar 0,853 gr/ml serta viskositas sebesar 5,53 mm<sup>2</sup>/s (cSt).

**Kata Kunci**— Biodiesel, Katalis Heterogen, Minyak Kelapa Sawit, Transesterifikasi.

## I. PENDAHULUAN

SAAT ini kebutuhan akan bahan bakar minyak semakin meningkat seiring semakin meningkatnya populasi dan semakin berkembangnya teknologi, akan tetapi cadangan sumber daya minyak bumi yang berasal dari fosil semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, usaha untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*) perlu ditingkatkan. Salah satu sumber energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan adalah *fatty acid methyl ester (FAME)* yang lazim dikenal dengan nama Biodiesel [1]. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang menjanjikan yang dapat dibuat dari minyak goreng bekas, lemak hewani atau minyak nabati yang dikonversikan ke dalam metil ester melalui proses transesterifikasi dengan alkohol [2].

Keuntungan dari biodiesel adalah campuran dari 20% biodiesel dengan 80% *petroleum* diesel dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi, biodiesel tidak beracun, biodiesel memiliki *cetane number* yang tinggi, yaitu diatas 100 sedangkan bahan bakar diesel hanya 40, penggunaan

biodiesel dapat memperpanjang umur mesin diesel karena biodiesel lebih licin. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar biodiesel adalah minyak kelapa sawit. Kelapa sawit berpotensi sebagai bahan baku biodiesel karena beberapa keuntungannya, seperti mengandung 44% massa minyak pada bagian inti (kernel), mudah didapat karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia dan relatif murah. Selain itu pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak sawit telah diteliti lebih ramah lingkungan karena bebas dari nitrogen, sulfur dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan [3].

Proses pembuatan biodiesel selama ini dilakukan melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan alkohol menggunakan bantuan katalis homogen NaOH atau KOH. Namun, beberapa kelemahan dari penggunaan katalis homogen adalah katalis tidak dapat digunakan kembali atau diregenerasi karena katalis bercampur dengan minyak dan metanol, terbentuknya produk samping berupa sabun dan pemisahan antara katalis dan produk lebih rumit serta kurang ramah lingkungan karena membutuhkan banyak air untuk proses pemisahan antara produk dan katalis [2]. Untuk mengatasi kelemahan tersebut di atas, mulai dikembangkan penggunaan katalis heterogen (padat) untuk menggantikan katalis alkali tersebut. Katalis heterogen yang pernah diteliti diantaranya  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ , dan lain sebagainya.

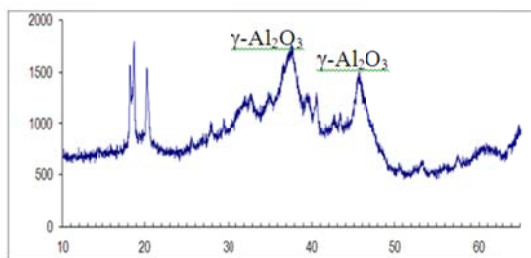
Dalam penelitian ini digunakan katalis  $\text{CaO/KI}$  dengan support  $\gamma$ -alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) untuk menghasilkan *Fatty Acid Metil Ester* (biodiesel) yang nantinya dapat dikembangkan untuk penelitian biodiesel dengan jenis katalis yang lain.

## II. URAIAN PENELITIAN

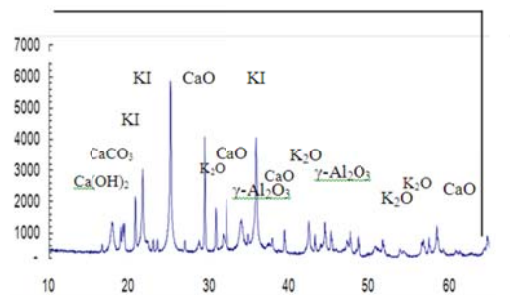
### A. Preparasi Katalis $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Katalis  $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dibuat dengan jalan menggabungkan metode presipitasi [4] dan impregnasi [5]. Proses pembuatan katalis diawali dengan melarutkan 4,286 gram CaO dengan aquadest sebanyak 50 ml dan mengaduk selama 30 menit. Kemudian menambahkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sesuai dengan stoikiometri lalu mengaduk larutan hingga jernih selama 5 menit. Menambahkan support katalis  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  sebanyak 10 gram dengan tetap mengaduk selama 3 jam. Melarutkan 4,286 gram KI dengan aquadest sebanyak 50 ml dan mengaduk selama 30 menit. Mengimpregnasi larutan KI ke dalam campuran disertai dengan pengadukan selama 3 jam.





Gambar 2. Hasil Uji XRD Senyawa  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$



Gambar 3. Hasil Uji XRD Senyawa  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Oleh karena itu, untuk menghindari adanya penurunan aktifitas katalis  $\text{CaO}$ , katalis perlu dikalsinasi dengan tujuan melepaskan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebelum digunakan pada reaksi [4]. Dari hasil analisa XRD diketahui bahwa katalis  $\text{CaO}$  memiliki puncak yang tajam dan sempit, yang mengindikasikan katalis tersebut bersifat kristalin [7].

Dari gambar 2 terlihat peak puncak KI muncul pada sudut  $2\theta$  pada  $22^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $36^\circ$ . Dari gambar 2 diketahui bahwa katalis KI memiliki puncak yang tajam dan sempit, yang mengindikasikan katalis tersebut bersifat kristalin [7].

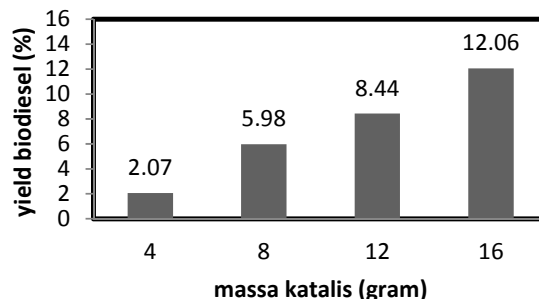
Dari gambar 2 terlihat bahwa  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  memiliki puncak yang tidak tajam dan cenderung lebar pada sudut  $2\theta$  pada  $37^\circ$  dan  $46^\circ$ , yang mengindikasikan bahwa *support*  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  bersifat amorf [8].

Dari gambar 3 terlihat bahwa  $\text{CaO}$ , KI masih muncul pada sudut  $2\theta$  yang sama. Pada sudut  $2\theta$  di  $31^\circ$ ,  $39^\circ$ ,  $54^\circ$  dan  $57.5^\circ$  muncul puncak dari senyawa  $\text{K}_2\text{O}$  yang mengindikasikan bahwa KI terdispersi dengan baik pada *support*  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dan berhasil terdekomposisi serta terkonversi menjadi  $\text{K}_2\text{O}$  [5].

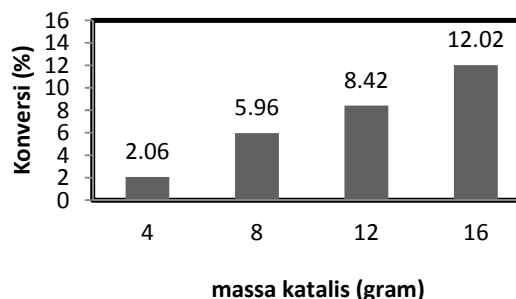
**B. Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi dalam Reaktor Fluidized Bed**

Pada proses transesterifikasi kontinu dalam reaktor *fluidized bed* ini menggunakan variabel suhu operasi untuk menghasilkan *yield* biodiesel terbaik. Namun sebelum menggunakan variabel suhu operasi, akan dicari massa katalis dan rasio molar minyak - metanol yang dapat menghasilkan *yield* biodiesel tertinggi terlebih dahulu.

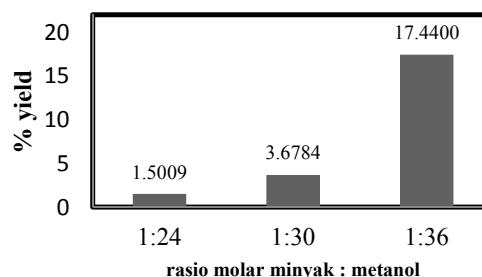
Pada gambar 4 dan 5 terlihat bahwa terjadi kenaikan *yield* biodiesel (%) dan konversi (%) seiring dengan kenaikan massa katalis yang digunakan. Hal ini terjadi



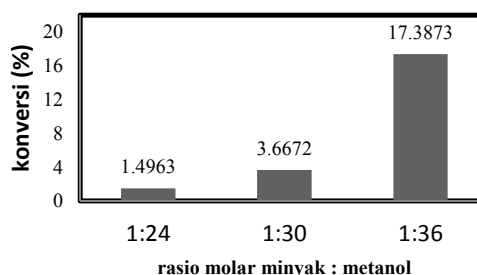
Gambar 4. Hubungan antara Massa Katalis dan % Yield Biodiesel



Gambar 5. Hubungan antara Massa Katalis dan % Konversi Biodiesel



Gambar 6. Hubungan antara Rasio Molar dan %Yield Biodiesel

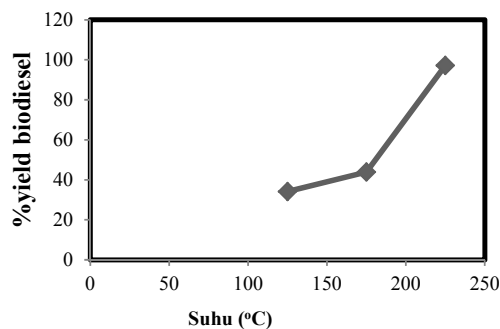


Gambar 7. Hubungan antara Rasio Molar dan %Yield Biodiesel

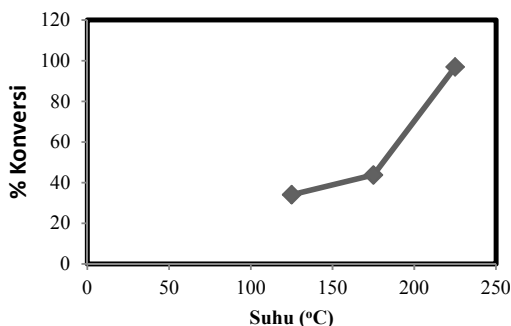
karena apabila semakin banyak katalis yang digunakan dalam reaktor *fluidized bed* maka akan semakin banyak katalis yang terfluidisasi di dalam reaktor bersamaan dengan mengalirnya minyak dan metanol sehingga semakin banyak reaktan yang terkonversi menjadi biodiesel maka *yield* biodiesel pun akan meningkat.

Tabel 2. Hasil transesterifikasi dalam reaktor fluidized bed dengan variabel suhu

Suhu (°C)	Kadar Biodiesel (%wt)	Yield (%)	Konversi (%)
125	34.73	34.15	34.04
175	45.17	43.91	43.77
225	99.17	97.19	96.89



Gambar 7. Hubungan antara Suhu dan % Yield



Gambar 8. Hubungan antara Suhu dan % Konversi

Literatur [3] menyebutkan bahwa apabila jumlah katalis ditingkatkan maka jumlah molekul yang bertumbuk akan bertambah dan kecepatan reaksi juga akan meningkat. Massa katalis terbaik yaitu 16 gram dengan *yield* biodiesel 12,06% dan konversi 12,02% akan digunakan pada penelitian dengan variabel suhu. Dari gambar 6 dan 7 terlihat bahwa terjadi kenaikan *yield* dan konversi biodiesel seiring dengan semakin besar rasio molar antara minyak dan metanol yang digunakan. *Yield* terbesar yaitu 17,44% dan konversi terbesar yaitu 17,387% dicapai pada saat penggunaan rasio molar sebesar 1 : 36. Literatur [9] menyebutkan bahwa secara stoikiometri reaksi transesterifikasi membutuhkan 3 mol alkohol per 1 mol trigliserida untuk membentuk 3 mol FAME dan 1 mol gliserol, namun penggunaan alkohol dalam jumlah yang berlebih dapat menyebabkan reaksi cenderung ke arah produk sehingga konversi FAME semakin besar dan *yield* yang diperoleh pun akan semakin besar. Namun, rasio molar yang terlalu besar dapat meningkatkan kelarutan dari gliserol di dalam lapisan metil ester dan menyebabkan proses pemisahan antara gliserol dan metil ester lebih sulit sehingga kadar biodiesel yang didapat pun akan kecil [10].

Data pada tabel 2 akan digunakan untuk membuat grafik pengaruh variabel tersebut terhadap *yield* biodiesel dan konversi minyak kelapa sawit.

Tabel 3. Perbandingan Standar Spesifikasi Biodiesel

Spesifikasi, SNI Biodiesel	Standar Biodiesel	Biodiesel Minyak Kelapa Sawit
Densitas	850-890 kg/m <sup>3</sup>	853 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	2,3-6 cSt	5,50 cSt

Reaksi transesterifikasi pada reaktor kontinu *fluidized bed* dengan variabel suhu 125, 175, 225°C dioperasikan pada laju alir 6 ml/menit.

Dari gambar grafik 7 dan 8 dapat terlihat bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya % *yield* dan % konversi dalam proses transesterifikasi. % *yield* dan % konversi biodiesel naik seiring dengan naiknya suhu operasi transesterifikasi, karena secara kinetika, kecepatan reaksi akan naik seiring dengan kenaikan suhu operasi. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan Arrhenius sebagai berikut :

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$$

dimana, nilai suhu (T) berbanding lurus dengan nilai k (konstanta kecepatan reaksi). Pada suhu yang tinggi, tumbukan antar partikel reaktan menjadi besar sehingga mudah menghasilkan energi aktivasi (E) yang dibutuhkan untuk bereaksi [11]. Semakin tinggi suhu reaksi transesterifikasi maka semakin besar konversi yang dihasilkan [12].

### C. Analisa Biodiesel

Dari hasil penelitian dengan variabel suhu (°C) didapatkan bahwa kadar biodiesel tertinggi sebesar 99,17%. *Yield* dan konversi tertinggi sebesar 97,19% dan 96,89% pada suhu 225°C. Berikut merupakan perbandingan biodiesel dengan kemurnian tertinggi yang telah didapatkan dengan Standar Nasional Indonesia. Dari hasil pengujian diperoleh lihat pada Tabel 3.

Dari hasil diatas didapatkan bahwa densitas dan viskositas dari biodiesel yang diperoleh sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel.

## IV. KESIMPULAN

Katalis padat CaO/KI/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat digunakan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel. Pada penelitian ini *yield* biodiesel dan konversi minyak kelapa sawit tertinggi sebesar 97,19% dan konversi tertinggi sebesar 96,89% didapatkan pada penggunaan massa katalis 16 gram, rasio molar minyak dan metanol 1:36, dan suhu 225°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis S.R dan R.P mengucapkan terima kasih kepada Ir. Ignatius Gunardi, MT selaku pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA selaku kepala laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mardiah, W. Agus, T. Efi, A. Purijatmiko. 2006. *Pengaruh Asam Lemak dan Konsentrasi Katalis Asam terhadap Karakteristik dan Konversi Biodiesel pada Transesterifikasi Minyak Mentah Dedak Padi*. Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.

- [2] E. M. M. Putri, M.Rachimoellah., N. Santoso., F. Pradana. 2012. "Biodiesel Production From Kapok Seed Oil (Ceiba Pentandra) Through The Transesterification Process by Using CaO as Catalyst". *Global Journal of Researches In Engineering*. Volume 12. Issue 2
- [3] Tuti Indah .S., M. Said Adhitya Summa .W. dan Ani .K. Sari. 2011. "Katalis Basa Heterogen Campuran CaO & SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit". *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3*. Palembang, Indonesia. Oktober 26-27.
- [4] Masoud Zabeti, Wan Mohd Ashri Wan Daud, dan Mohamed Kheireddine Aroua. 2009. A review of Activity of solid catalysts for biodiesel production. *Fuel Processing Technology* 90 pp 770-777. Kuala Lumpur, Malaysia
- [5] Wenlei Xie dan Haitao Li. 2006. Alumina-supported potassium iodide as a heterogeneous catalyst for biodiesel production from soybean oil. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 255 pp 1-9 Zhengzhou, China.
- [6] N. P. Asri, S. D. Savitri, Suprpto, K. Budikarjono, dan A. Roesyadi. 2012. *Transesterification of Palm Oil in refluxed methanol with heterogeneous Base Catalyst*. Makalah disajikan pada 19<sup>th</sup> Regional Symposium of Chemical Engineering. Bali, Indonesia. November 7-8
- [7] W. A. Fanny, Subagio, T. Prakoso. 2012. *Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biodiesel*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia. Volume 11 Nomor 2 pp. 66-73.
- [8] Y. H. Taufiq dan N. Fitriyah. 2011. *Biodiesel Production via Transesterification of Palm Oil Using NaOH/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts*. Sains Malaysiana. Volume 40 Nomor 6 pp. 587-594.
- [9] M. Mathiyazhagan dan A.Ganapathi. 2011. "Factors Affecting Biodiesel Production". *Research in Plant Biology*, 1(2): 01-05. Tamilnadu, India
- [10] Ramli Mat, Rubyatul A. Samsudin, Mhadhir Mohamed, dan Anwar Johari. 2012. "Solid Catalysts and Their Application in Biodiesel Production". *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 7 (2), pp 142 - 149. Johor, Malaysia.
- [11] P.Sivakumar, S. Sindhanaiselvan, N. N. Gandhi, S. S. Devi, S. Renganathan. 2013. Optimization and kinetics studies on biodiesel production from underutilized *Ceiba Pentandra* oil. *Fuel* 103 pp. 693 - 698.
- [12] Amish P. Vyas, Jaswant L. Verma, dan N. Subrahmanyam. 2011. "Effects of Molar Ratio, Alkali Catalyst Concentration and Temperature on Transesterification of Jatropha Oil with Methanol under Ultrasonic Irradiation". *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1, pp 45-50. Ahmedabad, India.