

Uji Coba Produksi *Biofuel* dari *RBD Stearin* dalam Reaktor *Fixed Bed* dengan Metode *Cracking*

Agus Budianto^{1*}, Sumari Sumari², Wahyu Setyo Pambudi³, Novi Andriani⁴,
A. Alif Mardianto⁵,

Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,4,5}

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang²

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya³

*email : budichemical@itats.ac.id*¹

ABSTRACT

Stearin is a product produced from palm oil processing. Stearin is usually used as solid cooking oil, but it is less popular among the public. Stearin can be processed into biofuel through a catalytic cracking process using the Zink HZSM-5/ γ -alumina catalyst. This study aims to study the effect of temperature and the composition of Zink HZSM-5/ γ -alumina catalysts on the selectivity and yield of biofuel products produced. The reaction is carried out at 350, 375, 400, 425 and 450 °C. The catalysts used were Zink HZSM-5/ γ -alumina (1:1) and (1:2) of mass composition. Catalytic cracking of stearin is carried out in a fixed bed reactor. The product mixture in the form of steam was condensed become a mixture of liquid and solid products. This mixture is separated. The liquid product composition is analyzed using GC-MS. The results showed that the highest selectivity is 75.94 wt% biokerosene when it is conducted at the reaction temperature of 425 °C using a catalyst composition of Zink HZSM-5 / γ -alumina 1: 1. However, the highest yield of the product was 26.40 wt% when the process is done at 450 °C using a catalyst composition of Zink HZSM-5/ γ -alumina 1: 1.

Keywords: Biofuel, CPO, Cracking Catalytic, Fixed Bed, Reaktor, Stearin, katalitik

ABSTRAK

Stearin merupakan satu produk yang dihasilkan dari pengolahan minyak sawit. Stearin biasanya dijadikan minyak goreng padat, akan tetapi kurang diminati masyarakat. Stearin dapat diproses menjadi *biofuel* melalui proses perengkahan katalitik dengan katalis Zink HZSM-5/ γ alumina. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur dan katalis Zink HZSM-5/ γ alumina terhadap selektivitas dan yield produk *biofuel* yang dihasilkan. Reaksi dilakukan pada temperatur 350, 375, 400, 425, dan 450 °C. Katalis yang digunakan dengan komposisi massa Zink HZSM-5/ γ alumina (1:1) dan (1:2). Reaksi Perengkahan katalitik stearin dilakukan dalam sebuah reaktor *fixed bed*. Campuran produk dalam bentuk uap dikondensasi menghasilkan produk campuran *liquid* dan padat. Campuran ini dipisahkan. Produk *liquid* dianalisa komposisinya menggunakan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selektivitas tertinggi adalah *biokerosen* 75,94 % pada suhu reaksi 425 °C menggunakan katalis 1:1. Yield produk tertinggi sebesar 26,40% pada suhu 450 °C menggunakan katalis Zink HZSM-5/ γ alumina 1:1.

Kata kunci : Biofuel, CPO, Fixed Bed, Reaktor, Perengkahan katalitik, Stearin

PENDAHULUAN

Bahan bakar konvensional yang bersumber dari fosil suatu saat akan habis. Pencarian energi terbarukan perlu dilakukan untuk mengganti energi konvensional [1]–[6]. Akhir akhir ini usaha untuk mendapatkan bahan bakar alternatif telah banyak dilakukan. Berbagai bahan baku pembuatan *biofuel* dari tumbuh-tumbuhan terus diteliti seperti minyak sawit [7]–[9], minyak kelapa [10]–[12], minyak kedelai [7], minyak nyamplung [6], [13]–[15], minyak kemiri [5], [16], minyak jarak [17] dan minyak bintaro [16], [18]. Menariknya penggunaan minyak tumbuhan ini adalah rendahnya kadar sulfur dan dapat diperbarui.

Pembuatan *biofuel* dapat dilakukan dengan beberapa metode transesterifikasi [18]–[22], perengkahan termal dan perengkahan katalitik termal [2], [3], [5], [8], [14], [15], [23] dan bio proses [24]–[26]. Metode transesterifikasi hanya menghasilkan *biofuel* jenis Fatty acids metyl ester (FAME) dengan hasil samping gliserol. Kelemahan metode ini terletak pada dibutuhkannya bahan baku tambahan berupa methanol atau etanol yang merupakan bahan bakar cair juga. Metode bioproses secara umum lebih lambat dan sensitive terhadap perubahan lingkungan. Metode yang menarik dan banyak dikembangkan saat ini adalah perengkahan baik thermal maupun perengkahan katalitik. Penggunaan katalitik selain memberikan produk yang lebih banyak dan bervariasi tetapi juga tidak membutuhkan bahan baku tambahan. Perengkahan termal membutuhkan suhu operasi yang tinggi yakni 850 °C, selain itu jenis bahan baku yang digunakan akan menentukan jenis produk yang dihasilkan [27]. Proses *hydrocracking* membutuhkan penambahan gas hidrogen selama operasi yang membuatnya kurang ekonomis dibandingkan perengkahan katalitik [27], [28].

TINJAUAN PUSTAKA

Sirajudin, dkk. (2013) melakukan penelitian perengkahan katalitik minyak sawit menggunakan katalis HZSM-5. *Yield* tertinggi yang dapat dicapai adalah fraksi *biogasoline* dan yang terendah fraksi *biodiesel* [29]. Kejadian ini didukung oleh kenyataan bahwa katalis *Zeolite Socony Mobile 5* merupakan material yang memiliki Kandungan unsur Si pada katalis ZSM-5 lebih tinggi dibandingkan dengan unsur Al dan porositas tinggi [30]. Selain itu katalis ZSM-5 memiliki sifat organofil dan berstruktur dimensi tiga sehingga membuatnya lebih selektif terhadap pembentukan hidrokarbon dengan rantai C kurang dari 11 dan tahan terhadap panas dan pH rendah [8].

Katalis HZSM-5 diperbarui dengan pengembangan logam transisi Ni, Zn serta Cu dalam katalis HZSM-5, hasilnya menunjukkan adanya peningkatan *yield* dibandingkan HZSM-5. Penggunaan katalis Zn/HZSM-5 memberikan hasil *yield biogasoline* 29.38% *biokerosen* 12.86% dan *biodiesel* 4.78 (Nurjannah, 2010), Budianto, *et al* 2014 mencoba memperbaiki katalis HZSM-5 dengan melakukan pengembangan logam Pt dan Pd. Katalis Pt-HZSM-5 dan Pd-HZSM-5 diuji pada reaksi perengkahan *palm oil*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa logam Pt dan Pd meningkatkan fraksi *biogasoline* dalam *biofuel*. Namun demikian aplikasi katalis ini sangat sulit dilakukan karena mahalnya logam mulia Pt dan Pd yang hampir 500-700 % harga Zn. Pengembangan katalis Zn-HZSM-5 keudian dimodifikasi dengan gamma alumina untuk mendapatkan ketahanan panas [5]. Oleh karena itu katalis Zn/HZSM-5 ini dapat digunakan untuk pembuatan *biofuel* dari *RBD stearin*. Pada penelitian ini, katalis digunakan untuk pembuatan *biofuel* dari *palm stearin* dengan metode perengkahan katalitik.

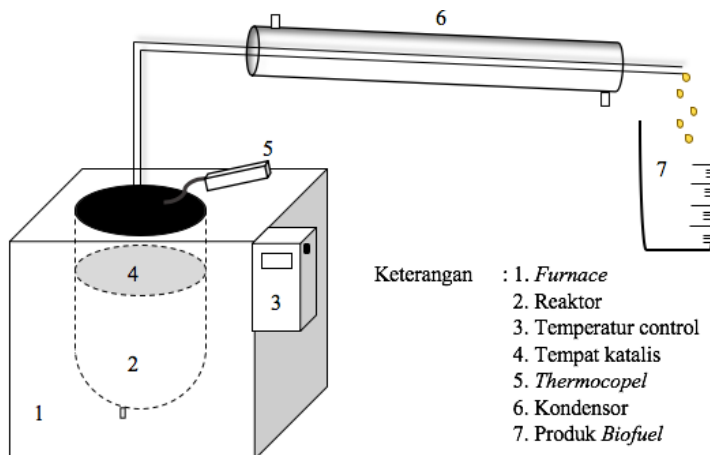
METODE

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah *RBD Stearin* dan katalis Zn-HZSM-5/ γ alumina.

Alat yang digunakan dalam penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah *RBD Stearin* dan katalis Zn-HZSM-5/ γ alumina. Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini tergambar di Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat perengkahan.

Prosedur Penelitian

RBD Stearin yang telah dimasukkan kedalam reaktor dipanaskan hingga suhu reaksi yang ditentukan. RBD Stearin akan mengalami penguapan dan melewati katalis yang tersedia di reaktor. Perengkahan terjadi dan campuran produk keluar reaktor melalui kondensor. Produk cair dan padat akan terpisah setelah melewati kondensor. Campuran produk cair didiamkan untuk memisahkan padatan yang terikut dalam produk cair. Produk cair dianalisa menggunakan GCMS untuk mendapatkan komposisi produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

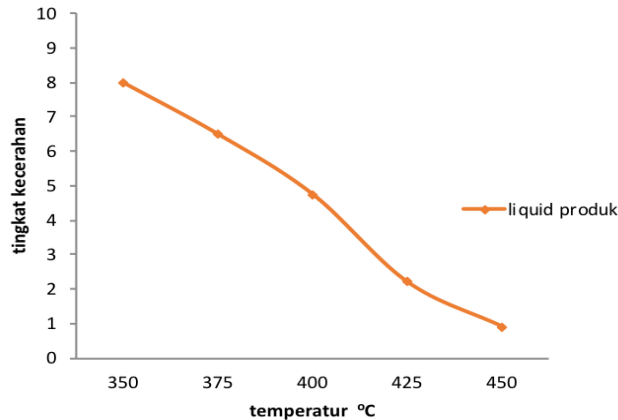
Analisa Tampak fisik *biofuel* dari bahan baku RBD Stearin menggunakan metode Perengkahan katalitik dari masing-masing tiap sampel produk dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil produk *biofuel* Stearin dengan perengkahan katalitik

Gambar 2 merupakan hasil produk *biofuel* menggunakan katalis Zn-HZSM-5/*alumina* dengan komposisi 1 : 1. Gambar 2 (a) pada temperatur 350 °C dengan menghasilkan warna kuning muda. Gambar 2 (b) merupakan hasil produk *biofuel* pada temperatur 375 °C dengan menghasilkan wana kuning muda. Gambar 2 (c) merupakan hasil produk *biofuel* pada temperatur 400 °C dengan menghasilkan warna kuning kecoklatan. Gambar 2 (d) merupakan hasil produk *biofuel* pada temperatur 425 °C dengan menghasilkan warna coklat. Gambar 2 (e) merupakan

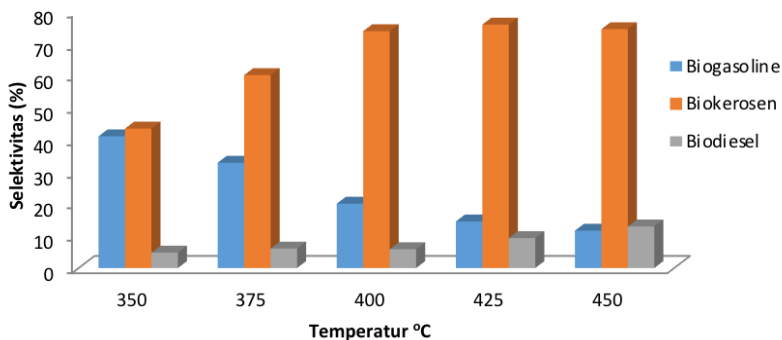
hasil produk *biofuel* pada temperatur 450 °C dengan menghasilkan warna hitam. Adapun grafik analisa penampakan warna dari skala 0 - 10 terhadap kecerahan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik tingkat kecerahan *liquid* terhadap temperatur *cracking*

Pada Gambar 3. dapat dijelaskan bahwa semakin besar suhu reaksi maka warna *liquid* produk semakin hitam dikarenakan suhu reaksi yang sangat panas, sedangkan pada suhu yang lebih rendah menghasilkan warna yang lebih terang. Perbedaan warna ini dapat disebabkan oleh pengaruh dari kadar beta-karoten atau mineral yang sangat kecil.

Hasil analisa *yield* produk cair perengkahan *RBD-Stearin* dengan katalis *Zn-HZSM-5/γ alumina* ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur dan katalis *Zn-HZSM-5/γ alumina* dengan komposisi 1 : 1 terhadap selektivitas *biofuel*

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka selektivitas *biogasoline* yang diperoleh semakin rendah, dapat dilihat bahwa selektivitas *biogasoline* mencapai nilai maksimal sebesar 41,09% pada temperatur 350 °C, kemudian terus turun seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini disebabkan karena pada temperatur yang tinggi terjadi peningkatan pada produk gas karena bertambahnya produk perengkahan. Hal ini didukung oleh Iqbal bahwa semakin tinggi suhu perengkahan maka semakin rendah selektivitas *biogasoline*. Selektivitas *biokerosene* terus naik seiring dengan kenaikan temperatur[31]. Nilai maksimal sebesar 75,94% pada temperatur 425 °C Sementara selektivitas *biodiesel* terus naik seiring dengan kenaikan temperatur yaitu dengan nilai maksimal sebesar 12,98% pada temperatur 450 °C, hal ini disebabkan karena pada kenaikan selektivitas *biodiesel* dan *biokerosen* dipicu oleh pengaruh katalis *Zn-HZSM-5*.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa suhu 350 °C adalah suhu yang paling optimal untuk mendapatkan selektivitas *biogasoline* yang maksimal. Sementara itu selektivitas *biokerosen* yang paling optimal pada suhu 425 °C dan *biodiesel* yang paling optimal tercapai pada suhu 450 °C.

KESIMPULAN

Penelitian perengakan RBD Stearin membuktikan bahwa semakin tinggi temperatur perengkahan maka semakin tinggi nilai selektivitas *biokerosene* dan *biodiesel*. Kenaikan temperature reactor menyebabkan penurunan selektivitas *biogasoline*. Komposisi katalis Zn-HZSM-5/ γ alumina (1:1) pada suhu 450 °C dengan selektivitas biodiesel tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. A. A. Parahita, Y. W. Mirzayanti, I. Gunardi, A. Roesyadi, and D. H. Prajitno, "Production of Biofuel via Catalytic Hydrocracking of Kapuk (Ceiba pentandra) Seed Oil with NiMo/HZSM-5 Catalyst," *MATEC Web Conf.*, vol. 156, p. 06001, 2018.
- [2] A. Budianto, D. H. Prajitno, A. Roesyadi, and K. Budhikarjono, "Hzsm-5 catalyst for cracking palm oil to biodiesel: A comparative study with and without pt and pd impregnation," *Sci. Study Res. Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–90, 2014.
- [3] Y. W. Mirzayanti, F. Kurniawansyah, D. H. Prajitno, and A. Roesyadi, "Zn-Mo/HZSM-5 catalyst for gasoil range hydrocarbon production by catalytic hydrocracking of ceiba pentandra oil," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 13, no. 1, pp. 136–143, 2018.
- [4] Y. Putrasari, A. Praptijanto, W. B. Santoso, and O. Lim, "Resources, policy, and research activities of biofuel in Indonesia: A review," *Energy Reports*, vol. 2, pp. 237–245, 2016.
- [5] A. Budianto, D. H. Prajitno, and K. Budhikarjono, "Biofuel Production From Candelnut Oil Using Catalytic Cracking Process With Zn / Hzsm-5 Catalyst," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 11, pp. 2121–2124, 2014.
- [6] A. Budianto, W. S. Pambudi, S. Sumari, and A. Yulianto, "PID control design for biofuel furnace using arduino," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 16, no. 6, 2018.
- [7] N. P. Asri *et al.*, "Transesterification of Vegetables Oil Using Suband Supercritical Methanol," *Reaktor*, vol. 14, no. 2, p. 123, 2012.
- [8] A. Roesyadi, D. Hariprajitno, N. Nurjannah, and S. D. Savitri, "HZSM-5 catalyst for cracking palm oil to gasoline: A comparative study with and without impregnation," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 7, no. 3, pp. 185–190, 2013.
- [9] M. A. Tadda *et al.*, "A review on activated carbon: process, application and prospects," *J. Adv. Civ. Eng. Pract. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–13, 2016.
- [10] M. Chinnamma *et al.*, "Production of coconut methyl ester (CME) and glycerol from coconut (Cocos nucifera) oil and the functional feasibility of CME as biofuel in diesel engine," *Fuel*, vol. 140, pp. 4–9, 2015.
- [11] A. Bouaid, H. Acherki, A. García, M. Martinez, and J. Aracil, "Enzymatic butanolysis of coconut oil. Biorefinery approach," *Fuel*, vol. 209, pp. 141–149, 2017.
- [12] V. Vara Prasad, "Performance of 4 Stroke Diesel Engine Using Coconut Oil As Biofuel Material," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 4, pp. 5312–5319, 2017.
- [13] A. Budianto, D. H. Prajitno, and K. Budhikarjono, "Biofuel production from candelnut oil using catalytic cracking process with Zn/HZSM-5 catalyst," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 11, pp. 2121–2124, 2014.
- [14] B. Agus, S. Sumari, P. Wahyu Setyo, and Wahyudi, "Production of Various Chemicals from Nyamplung Oil with Catalytic Cracking Process," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 37, pp. 1–7, 2018.

- [15] A. Budianto, S. Sumari, and K. Udyani, "Biofuel production from nyamplung oil using catalytic cracking process with Zn-HZSM-5/ γ alumina catalyst," *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 22, pp. 10317–10323, 2015.
- [16] L. Marlinda, "Rekayasa Katalis Double Promotor Berbasis Hierarchical H-ZSM-5 untuk Memproduksi Biofuel dari Minyak Nabati," p. 152, 2017.
- [17] A. Santoso, Sumari, D. Sukarianingsih, and R. M. Sari, "Optimization of Synthesis of Biodiesel from *Jatropha curcas* L. with Heterogeneous Catalyst of CaO and MgO by Transesterification Reaction Using Microwave," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1093, no. 1, 2018.
- [18] Khairil *et al.*, "The potential biodiesel production from *Cerbera odollam* oil (Bintaro) in Aceh," *MATEC Web Conf.*, vol. 159, p. 01034, 2018.
- [19] D. Y. C. Leung, X. Wu, and M. K. H. Leung, "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 4, pp. 1083–1095, 2010.
- [20] M. S. Gad, R. El-Araby, K. A. Abed, N. N. El-Ibiari, A. K. El Morsi, and G. I. El-Diwani, "Performance and emissions characteristics of C.I. engine fueled with palm oil/palm oil methyl ester blended with diesel fuel," *Egypt. J. Pet.*, vol. 27, no. 2, pp. 215–219, 2018.
- [21] P. Collet, D. Spinelli, L. Lardon, A. Hélias, J. P. Steyer, and O. Bernard, *Life-Cycle Assessment of Microalgal-Based Biofuels*, Second Edi. Elsevier B.V., 2013.
- [22] B. Narowska, M. Kułczyński, M. Łukaszewicz, and E. Burchacka, "Use of activated carbons as catalyst supports for biodiesel production," *Renew. Energy*, vol. 135, pp. 176–185, 2019.
- [23] R. Rasyid, A. Prihartantyo, M. Mahfud, and A. Roesyadi, "Hydrocracking of *Calophyllum inophyllum* oil with non-sulfide CoMo catalysts," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 10, no. 1, pp. 61–69, 2015.
- [24] N. Bin Chang, G. Parvathinathan, and J. B. Breeden, "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region," *J. Environ. Manage.*, vol. 87, no. 1, pp. 139–153, 2008.
- [25] B. Behera, A. Acharya, I. A. Gargey, N. Aly, and B. P., "Bioprocess engineering principles of microalgal cultivation for sustainable biofuel production," *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 5, pp. 297–316, 2019.
- [26] Y. Y. Choi, A. K. Patel, M. E. Hong, W. S. Chang, and S. J. Sim, "Microalgae Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS): An emerging sustainable bioprocess for reduced CO₂ emission and biofuel production," *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 7, no. March, p. 100270, 2019.
- [27] S. N. Hassan, Y. M. Sani, A. R. Abdul Aziz, N. M. N. Sulaiman, and W. M. A. W. Daud, "Biogasoline: An out-of-the-box solution to the food-for-fuel and land-use competitions," *Energy Convers. Manag.*, vol. 89, pp. 349–367, 2015.
- [28] V. Han-U-Domlarpyos, P. Kuchonthara, P. Reubroycharoen, and N. Hinchiranan, "Quality improvement of oil palm shell-derived pyrolysis oil via catalytic deoxygenation over NiMoS/ γ -Al₂O₃," *Fuel*, vol. 143, pp. 512–518, 2015.
- [29] N. Sirajudin, K. Jusoff, S. Yani, L. Ifa, and A. Roesyadi, "Biofuel production from catalytic cracking of palm oil," *World Appl. Sci. J.*, vol. 26, no. 26, pp. 67–71, 2013.
- [30] E. Buzetzi, K. Sidorová, Z. Cvengrošová, A. Kaszonyi, and J. Cvengroš, "The influence of zeolite catalysts on the products of rapeseed oil cracking," *Fuel Process. Technol.*, vol. 92, no. 8, pp. 1623–1631, 2011.
- [31] M. Iqbal, V. Purnomo, and D. H. Prajitno, "Rekayasa Katalis Ni/Zn-HZSM-5 untuk Memproduksi Biofuel dari Minyak Bintaro," *J. Tek. Pomits*, vol. Vol 3, no. 2, pp. 153–157, 2014.