

Kumpulan Abstrak

PROSIDING

ISSN 1411 - 4216



SEMUNAR NASIONAL *REKAYASA KIMIA & PROSES 2008*

13 - 14 AGUSTUS 2008



JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG



PROSES GLISEROLISIS CPO MENJADI MONO DAN DIACYL GLISEROL DENGAN PELARUT TERT-BUTANOL DAN KATALIS MgO

Faleh Setia Budi, Didi Dwi Anggoro, Silviana

Yanuar Sigit Pramana dan Sri Mulyani

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Produksi CPO Indonesia yang cenderung meningkat dan sebagian besar diekspor perlu. CPO mempunyai nilai ekonomi yang lebih rendah dibanding produk turunannya sehingga perlu dilakukan usaha untuk mengkonversi CPO menjadi produk lain. Mono dan diasilgliserol (MAG-DAG) dapat dibuat dari CPO dengan gliserol. Pada penelitian ini digunakan pelarut tert-butanol untuk menurunkan suhu reaksi gliserolisis minyak sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, rasio gliserol/CPO, dan jumlah katalis terhadap hasil proses gliserolisis CPO menjadi MAG-DAG, menentukan variabel yang paling berpengaruh, serta menentukan suhu, rasio gliserol/CPO, dan jumlah katalis optimal. Percobaan dirancang dengan metode central composite design dengan 3 variabel bebas, yaitu: suhu, rasio gliserol/CPO, dan katalis (%w). Variabel tetapnya antara lain: berat total campuran reaksi (300 gr), kecepatan pengadukan (400 rpm), waktu (240 menit), dan jumlah pelarut (20 ml/10gr CPO). Proses optimasi dilakukan dengan metode respon permukaan. Dari hasil pengolahan data penelitian didapatkan grafik 3 dimensi dan kontur permukaan yang menyatakan hubungan antara konversi dengan variabel bebas. Hubungan antara konversi dengan variabel rasio gliserol/CPO cenderung linier sehingga tidak bisa ditentukan titik optimumnya. Hasil optimum dapat dicapai jika rasiogliserol/CPO 5-7, suhu 70-90 °C dan katalis 1,5% -5%. Penggunaan pelarut tert-butanol dapat menurunkan suhu reaksi gliserolisis dari 220-250°C menjadi 70-90°C tanpa menurunkan konversi reaksi.

Kata kunci : gliserolisis; MAG-DAG; MgO; suhu rendah; tert-butanol

1. Pendahuluan

Produksi minyak sawit mentah (CPO) Indonesia menunjukkan kenaikan yang sangat signifikan selama 5 tahun terakhir. Lebih dari setengah produksinya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang banyak di dominasi oleh industri minyak goreng. Kebutuhan minyak sawit industri minyak goreng dalam negeri mencapai 6,3285 juta ton pada tahun 2005 (52 %) dan sebagian kecil digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri oleokimia (5 %), industri sabun & industri margarin (3 %) serta sisanya (\pm 40 %) diekspor (BPS, 2006). Besarnya jumlah minyak sawit yang diekspor disebabkan rendahnya konsumsi minyak sawit oleh industri hilir minyak sawit non minyak goreng dalam negeri akibat tidak berkembangnya industri hilir minyak sawit yang dapat menyerap kelebihan produksi minyak sawit tersebut. Harga minyak sawit dunia pada tahun 2006 sekitar US\$ 600 per ton, sedangkan harga produk turunan minyak sawit seperti Mono Asil dan Diasil Gliserol (MAG-DAG) mencapai US\$ 1.800 per ton (Kompas, 3 February 2007). Perbedaan harga produk turunan minyak sawit yang mencapai 3 kali lipat perlu mendapat perhatian. Oleh karena itu ekspor dalam bentuk minyak sawit tidak memberikan keuntungan yang besar karena minyak sawit mempunyai nilai ekonomi yang lebih rendah.

Pada penelitian ini dilakukan upaya peningkatan nilai ekonomi minyak sawit dan gliserol menjadi produk turunannya yang mempunyai nilai ekonomi relatif tinggi, salah satunya yaitu menjadi produk mono dan diasil gliserol. Mono dan diasil gliserol banyak digunakan sebagai zat pengemulsi (emulsifier), zat pembasah (wetting agent/surfactant), pelumas, pengaglomerasi di industri makanan, kosmetik, farmasi dan lain-lain. Di industri pangan MAG-DAG juga digunakan untuk meningkatkan performan margarine, shortening dan aplikasi pangan yang lain. Krog (1990) memprediksi kebutuhan mono dan diasilgliserol sebagai emulsifer pangan pada era pasar global berkisar 132.000 ton/tahun. Oleh karena itu perlu dikembangkan industri hilir minyak sawit khususnya industri mono dan di asil gliserol dengan menggunakan bahan baku dari minyak sawit dan gliserol.

MAG-DAG dapat dibuat dari semua senyawa gliserida baik yang berasal dari lemak maupun minyak. Senyawa gliserida tersebut direaksikan dengan gliserol dan menggunakan katalis Sodium / Kalium Gliserolat



yang dibuat dari NaOH/KOH dan gliserol. Reaksi dilakukan pada suhu 220–250 °C dan tekanan atmosfer (Noureddini H. et al, 2004). Reaksi ini juga dikenal sebagai reaksi interesterifikasi atau transesterifikasi karena terjadi pertukaran alkohol/glisерol. Oleh karena alkohol yang digunakan adalah gliserol maka reaksi ini juga dinamakan reaksi gliserolisis. Persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:

Reaksi gliserolisis suatu lemak (triglisерida) dapat dituliskan sesuai persamaan reaksi berikut:



Keterangan :

TG = Triglisерida

G = Gliserol

MG = Monoglisерida

DG = Diglisерida

Kelemahan reaksi gliserolisis dengan menggunakan katalis logam alkali adalah suhu reaksi cukup tinggi yaitu 220 – 250 °C. Temperatur yang tinggi ini menyebabkan produk yang dihasilkan berwarna gelap dan terbentuk bau yang tidak diinginkan (Noureddini H et. al, 2004). Produk yang berwarna gelap dan munculnya bau kemungkinan disebabkan oleh terbakarnya sebagian bahan. Mono dan diglisерida yang dihasilkan biasanya mempunyai kadar monoglisерida 40-50 %. Konsentrasi monoglisерida ini bisa ditingkatkan sampai minimal 90 % dengan proses distilasi. Proses distilasi juga berfungsi untuk menghilangkan warna dan bau.

Selain menggunakan katalis sodium gliserolat, reaksi gliserolisis bisa juga dilakukan dengan menggunakan katalis enzim. Enzim yang sering dipakai adalah enzim lipase, temperatur yang digunakan sekitar 30 °C. Hal ini disebabkan katalis enzim tidak bisa bekerja atau akan mati pada suhu yang tinggi sehingga reaksi gliserolisis dengan katalis enzim membutuhkan energi yang rendah. Kelemahan dari penggunaan enzim sebagai katalis adalah mahalnnya harga enzim (Kaewthong W. et al, 2005). Di samping itu Indonesia harus mengimpor enzim lipase ini karena belum ada industri di dalam negeri yang memproduksi enzim ini.

Katalis lain yang bisa dipakai adalah senyawa MgO. Dalam laporannya Corma A. et al, 1997) bahwa katalis MgO bisa memberikan konversi reaksi sampai 97 %. Kelebihan yang dimiliki katalis MgO adalah katalis MgO mudah dipisahkan dari produk hasil reaksi karena berbentuk padat. Tetapi proses reaksi gliserolisis dengan katalis MgO ini masih dilakukan pada suhu yang tinggi untuk meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan pelarut tert-butanol untuk meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol sehingga proses gliserolisis dapat dilakukan pada suhu rendah (di bawah 200 °C).

Penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, rasio gliserol/CPO, dan jumlah katalis terhadap hasil proses gliserolisis minyak sawit menjadi MAG-DAG dalam pelarut tert-butanol; menentukan variabel yang paling berpengaruh, serta menentukan suhu, rasio gliserol/CPO, dan jumlah katalis optimal untuk memperoleh konversi yang maksimal.

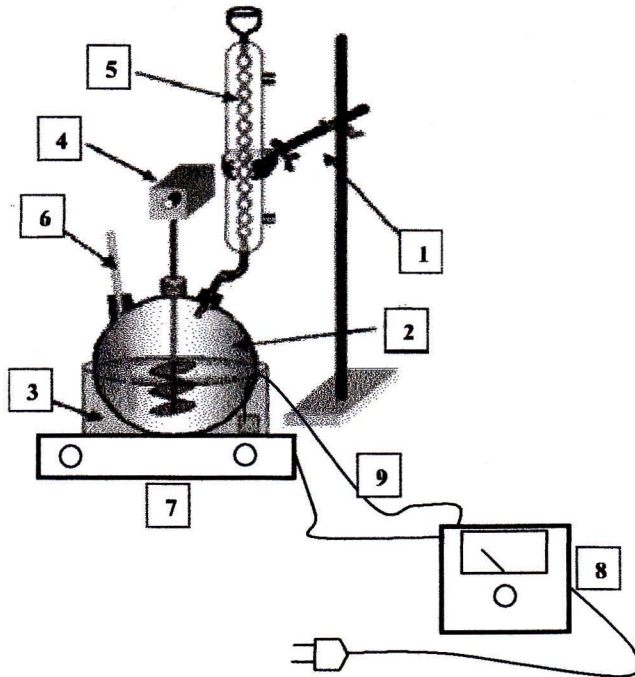
2. Bahan dan Metode Penelitian

Reaksi gliserolisis dilakukan dengan menggunakan minyak sawit (CPO). Hasil karakterisasi bahan baku menunjukkan bahwa minyak sawit memiliki bilangan iod 67,3438, kandungan asam lemak bebas 3,43 %, kandungan mono gliserid 4,46 %, kandungan di gliserid 3,88 %, dan kandungan tri gliserid 88,23 %. Gliserol yang digunakan adalah gliserol teknis dari C.V. Multi Kimia Raya, sedangkan pelarut yang digunakan adalah tert-butanol p.a dengan katalis MgO p.a dari Merck.

Peralatan yang dipakai terdiri dari reaktor gliserolisis, pengaduk, motor pengaduk, pemanas, termometer, termokontrol, termokopel, pendingin balik, dan pompa vakum.

Metode optimasi berdasarkan metode permukaan respon (RSM) melibatkan 3 langkah utama yaitu: rancangan percobaan yang menggunakan pendekatan statistik, estimasi koefisien model matematik dan prediksi respon dan terakhir pencocokan model. Model persamaan diuji dengan analisa varian (ANOVA) dengan derajat kepercayaan 99%. Keluaran RSM seperti grafik permukaan kontur dan 3 dimensi memberikan kondisi operasi optimum dan variabel yang paling berpengaruh.

Percobaan dirancang dengan metode central composite design dengan 3 variabel bebas. Variabel yang dipilih sebagai variabel bebas adalah suhu reaksi (level bawah = 60 °C; level tengah = 75 °C; dan level atas = 90 °C), rasio gliserol/CPO (level bawah = 3; level tengah = 4; dan level atas = 5), dan jumlah katalis %w (level bawah = 2; level tengah = 3; dan level atas = 4). Sedangkan variabel tetap yang dipilih antara lain berat total campuran reaksi (300 gr), kecepatan pengadukan (400 rpm), waktu reaksi (240 menit), dan jumlah pelarut (20 ml/10gr CPO). Jumlah percobaan yang dilakukan sebanyak 16 run percobaan. Respon yang diamati adalah konversi tri asil gliserol menjadi mono dan di asil gliserol dimana pada setiap akhir percobaan dilakukan uji hasil terhadap kadar mono dan diglisерid yang dihasilkan dengan analisa menggunakan kromatografi kolom. Data-data yang diperoleh, selanjutnya diolah dengan perangkat lunak Statistica 6. Design percobaan seperti disajikan dalam Tabel 2, dimana design percobaan ini juga diperoleh dari perangkat lunak Statistica 6.



Gambar 1. Rangkaian Alat Utama : (1).Statif dan klem holder; (2).Labu leher tiga; (3).Water bath; (4).Motor pengaduk; (5).Pendingin balik; (6).Termometer; (7). Pemanas; (8).Termo kontrol; (9). Termokopel

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisa kadar mono dan di asil gliserol sampel hasil running percobaan ditampilkan dalam Tabel

3.

Tabel 3. Hasil analisa kadar mono dan digliserid sampel hasil running percobaan.

Run	% monogliserida	% trigliserid	% mono + digliserid	konversi reaksi (%)
1	67,47	6,23	92,36	92,94
2	65,14	6,12	92,81	93,06
3	72,80	2,60	96,97	97,05
4	78,97	3,11	95,20	96,48
5	71,43	3,22	96,20	96,35
6	72,78	5,72	93,34	93,52
7	78,67	3,44	95,75	96,10
8	80,79	1,88	97,41	97,87
9	72,72	6,23	91,95	92,94
10	68,92	4,82	94,62	94,54
11	70,88	6,12	92,54	93,06
12	81,23	3,37	96,31	96,18
13	80,68	5,02	94,14	94,31
14	79,47	3,70	95,69	95,81
15	82,33	3,13	95,73	96,45
16	78,46	3,87	95,71	95,61



Data-data yang diperoleh, selanjutnya diolah dengan perangkat lunak Statistica 6. Hasil proses gliserolisis minyak sawit dengan pelarut tert-butanol menurut rancangan eksperimen diberikan dalam tabel 2. Aplikasi metode respon permukaan menghasilkan persamaan model matematis yang merupakan hubungan empiris antara konversi dan variabel percobaan yang diberi kode (X_1 , X_2 dan X_3). Hasil penelitian yang diperoleh seperti disajikan dalam tabel 2 merupakan perbandingan hasil percobaan dan hasil perhitungan dengan model. Model matematika yang diperoleh adalah sebagai berikut ;

$$Y = 65,18345 + 0,54165 X_1 + 3,95895 X_2 - 0,89873 X_3 - 0,02858 X_1X_2 - 0,00508 X_1X_3 + 0,48875 X_2X_3 - 0,00252 X_1^2 - 0,25571 X_2^2 - 0,10014 X_3^2$$

Tabel 2. Hasil percobaan dengan rancangan komposisi tengah (central composite design) dan hasil prediksi dengan persamaan model matematis.

Run	X_1	X_2	X_3	Y_o teramati	Y_p prediksi	$(Y_o - Y_p)$
1	60,00	3,00	2,00	92,94	93,16792	-0,22792
2	60,00	3,00	4,00	93,06	92,49123	0,56877
3	60,00	5,00	2,00	97,05	95,51952	1,53048
4	60,00	5,00	4,00	96,48	96,79783	-0,31783
5	90,00	3,00	2,00	96,35	95,20317	1,14683
6	90,00	3,00	4,00	93,52	94,22148	-0,70148
7	90,00	5,00	2,00	96,10	95,83978	0,26022
8	90,00	5,00	4,00	97,87	96,81308	1,05692
9	49,77	4,00	3,00	92,94	93,46406	-0,52406
10	100,23	4,00	3,00	94,54	95,18832	-0,64832
11	75,00	2,32	3,00	93,06	93,12781	-0,06781
12	75,00	5,68	3,00	96,18	97,28455	-1,10455
13	75,00	4,00	1,32	94,31	95,52147	-1,21147
14	75,00	4,00	4,68	95,81	95,77089	0,03911
15	75,00	4,00	3,00	96,45	95,92944	0,52056
16	75,00	4,00	3,00	95,61	95,92944	-0,31944

Keterangan :

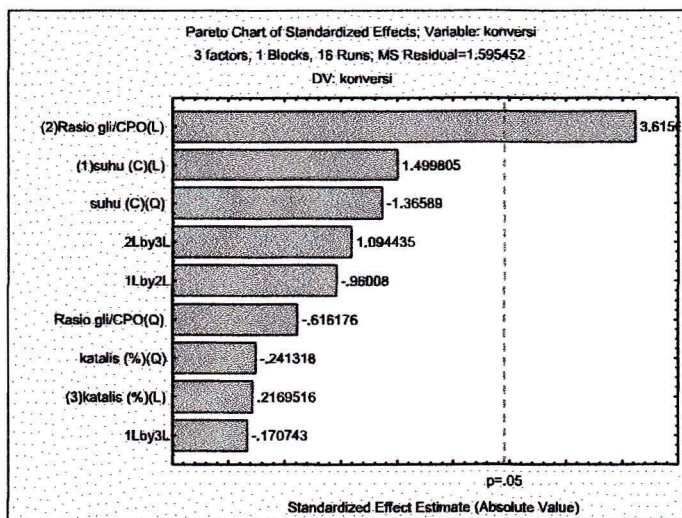
X_1 : Variabel Suhu ($^{\circ}C$)

X_2 : Variabel Rasio Gliserol/CPO

X_3 : Variabel Katalis (% w)

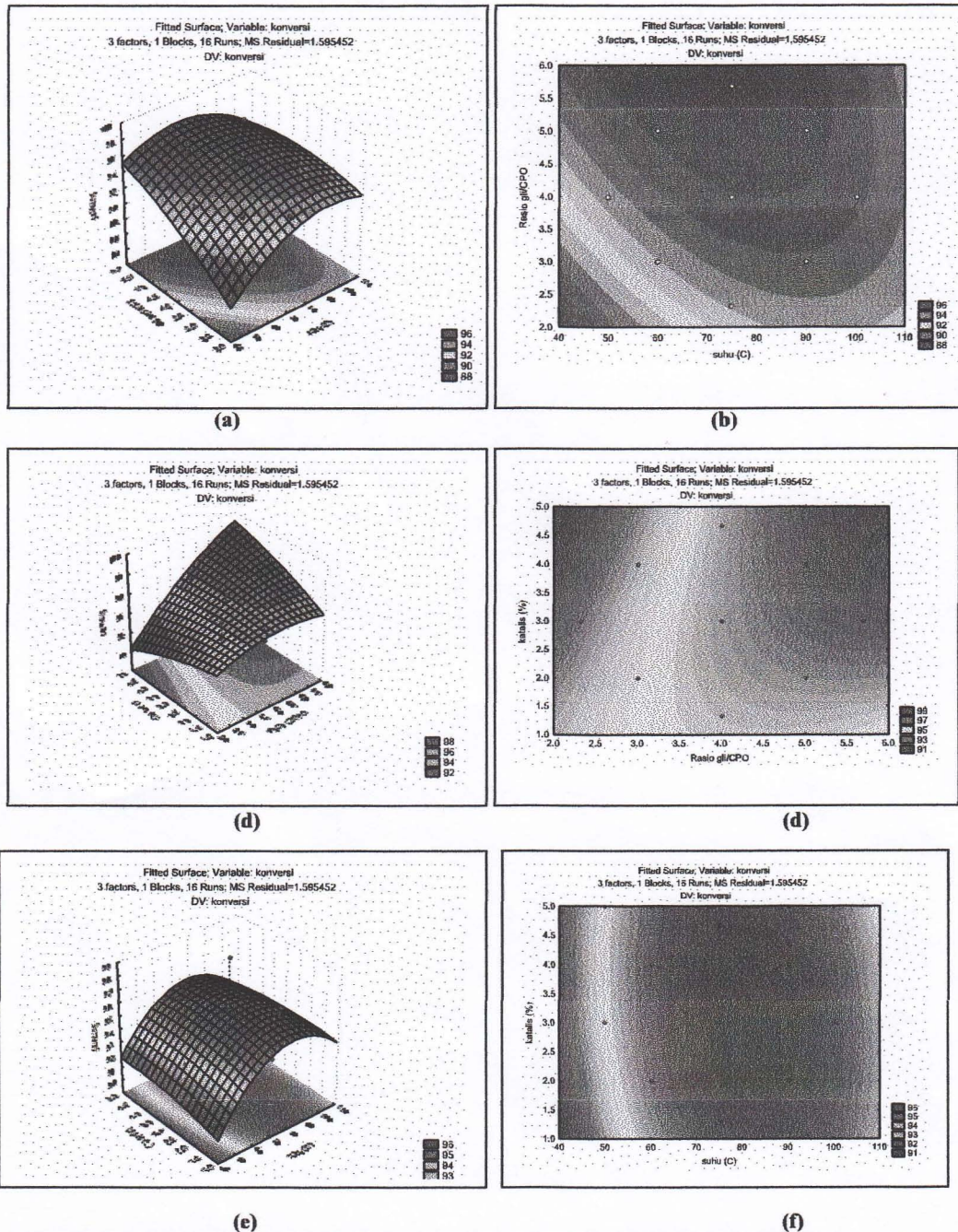
Y : konversi (%)

Pengaruh masing-masing variabel terhadap konversi dan penentuan kondisi optimum



Gambar 2. Grafik pareto efek terstandarisasi dari konversi

Dari gambar 2 (grafik pareto) terlihat bahwa harga efek variabel Rasio Gliserol/CPO melebihi garis $p=0,5$ sedangkan harga efek dari variabel lain tidak melewati garis $p=0,5$. Ini berarti bahwa variabel rasio gliserol/CPO merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap konversi, sedangkan pengaruh variabel yang lain terhadap hasil kurang signifikan. Kondisi operasi optimum dicari dengan melihat grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan dari variabel rasio gliserol/CPO yang terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik optimasi 3 dimensi dan kontur permukaan untuk variabel-variabel berikut ini:

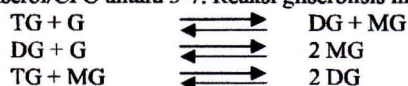


- Grafik (a) dan (b) untuk variabel suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan rasio gliserol/CPO.
- Grafik (c) dan (d) untuk variabel rasio gliserol/CPO dan katalis (%).
- Grafik (e) dan (f) untuk variabel suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan katalis (%).

Dari grafik optimasi 3 dimensi dan kontur permukaan diperoleh bahwa konversi optimum/maksimal dapat dicapai jika rasio gliserol/CPO antara dari 5-7, harga variabel suhu pada kisaran $70-90^{\circ}\text{C}$ sedangkan harga variabel katalis berada pada kisaran 1,5% - 5 %.

Pengaruh Rasio gliserol/CPO

Dari grafik optimasi 3 dimensi dan kontur permukaan diperoleh bahwa konversi optimum dapat dicapai jika rasio gliserol/CPO antara 5-7. Reaksi gliserolisis ini merupakan reaksi *reversible*, dengan tahapan reaksi :



Jumlah gliserol yang berlebih (secara stoikiometri) dapat meningkatkan pembentukan mono dan digliserida. (H.Noureddin.i et al, 1997).

Semakin besar rasio gliserol/CPO, konversi tri gliserida menjadi mono dan di gliserida akan semakin besar, sampai pada batas nilai rasio tertentu. Rasio gliserol/CPO yang melebihi batas nilai maksimum tidak akan meningkatkan *yield*. (Corma. et al,1997)

Pengaruh rasio gliserol/CPO terhadap konversi reaksi gliserolisis ini dapat dilihat dari gambar 3a, 3b, 3c, dan 3d. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kurva yang dihasilkan tidak berbentuk parabola sempurna, sehingga agak sulit untuk menentukan kondisi operasi optimumnya. Meskipun demikian, dari gambar kontur permukaan (3b dan 3d) dapat diperkirakan secara kasar rasio gliserol/CPO yang optimum dimana rasio gliserol/CPO optimum ini diperkirakan terjadi pada kisaran 5-7 pada kisaran suhu $70-90^{\circ}\text{C}$.

Pengaruh Temperatur

Gliserolisis berjalan baik pada suhu yang cukup tinggi. Hal ini karena suhu dapat meningkatkan homogenitas campuran reaksi. Semakin homogen campuran, semakin banyak molekul yang bertumbukan dan menghasilkan produk. Pada reaksi ini gliserol yang polar harus ditingkatkan kelarutannya pada minyak yang cenderung bersifat non polar, yaitu dengan menaikkan suhu reaksi. Pada kondisi kamar, kurang lebih hanya 4% gliserol saja yang bisa terlarut dalam minyak tanpa adanya pelarut. Temperatur yang cukup tinggi diperlukan untuk meningkatkan kelarutan gliserol dalam minyak (fase tri gliserid). Semakin banyak gliserol yang larut dan bereaksi dengan CPO, makin besar pula konversi yang diperoleh. (Corma. et al,1997). Pada penelitian ini kondisi optimum bisa dicapai jika harga variabel suhu pada kisaran $70-90^{\circ}\text{C}$.

Pengaruh suhu terhadap konversi reaksi gliserolisis ini dapat dilihat dari gambar 3a, 3b, 3c, dan 3f, khususnya pada gambar 3e dan 3f dimana kurva pengaruh suhu terhadap konversi reaksi gliserolisis berbentuk parabola. Kondisi suhu optimum dicapai pada kisaran suhu $70-90^{\circ}\text{C}$. Pada suhu di bawah 70°C , kenaikan suhu akan meningkatkan konversi reaksi. Dengan meningkatnya suhu, molekul-molekul akan mendapatkan energi dan bebas bergerak sehingga akan menimbulkan terjadinya tumbukan yang menghasilkan reaksi. Tetapi setelah mencapai suhu 90°C , kenaikan suhu akan menyebabkan turunnya konversi reaksi. Hal ini terjadi karena kenaikan suhu sampai di atas 90°C akan menyebabkan pelarut tert-butanol yang mempunyai titik didih $82,4^{\circ}\text{C}$ banyak berada dalam fase uap sehingga kelarutan CPO dalam gliserol akan menurun. Menurunnya kelarutan CPO dalam gliserol menyebabkan tumbukan antar molekul minyak dengan gliserol akan berkurang sehingga konversi reaksi akan menurun. Seperti yang telah dijelaskan dalam tinjauan pustaka bahwa kelarutan minyak dalam gliserol sangat rendah pada suhu yang rendah. Sehingga untuk meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol dapat dilakukan dengan menaikkan suhu reaksi atau dengan menggunakan pelarut.

Pengaruh Jumlah Katalis

Reaksi gliserolisis merupakan reaksi yang berjalan lambat tanpa adanya katalis. Katalis sangat berperan penting dalam meningkatkan laju reaksi. Pada penelitian ini digunakan katalis MgO. Pemilihan katalis MgO ini didasarkan pada kemampuan katalis MgO yang bisa memberikan konversi reaksi lebih dari 90% (Corma.et al., 1997). Kelebihan yang dimiliki katalis MgO adalah katalis MgO mudah dipisahkan dari produk hasil reaksi karena berbentuk padat. Tetapi proses reaksi gliserolisis dengan katalis MgO ini masih dilakukan pada suhu yang tinggi untuk meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol. Oleh karena itu diperlukan pelarut organik yang dapat meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol supaya reaksi gliserolisis dapat dilakukan pada suhu yang relatif rendah untuk menghindari terbentuknya warna coklat dan bau tidak sedap akibat terbakarnya bahan dan produk.



Berdasarkan grafik pareto efek terstandarisasi dari konversi diperoleh bahwa *jumlah katalis* tidak begitu berpengaruh terhadap konversi. Dari gambar 3e dan 3f diketahui pula bahwa katalis tidak terlalu berpengaruh terhadap konversi reaksi gliserolisis. Pada gambar 3c dan 3d diperlihatkan pengaruh katalis terhadap konversi reaksi, akan tetapi belum bisa digunakan menentukan jumlah katalis yang optimal. Meskipun demikian gambar 3c, 3d, 3e, dan 3f dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah katalis optimum untuk menghasilkan konversi reaksi yang optimum. Berdasarkan grafik optimasi 3 dimensi dan kontur permukaan tersebut diperoleh bahwa harga optimum variabel katalis berada pada kisaran 1,5% - 5%. Konversi yang diperoleh dapat mencapai 97,87 %.

Perbandingan Reaksi Gliserolisis Dengan Katalis MgO Serta Dengan dan Tanpa Pelarut tert-Butanol

Proses gliserolisis yang dilakukan pada temperatur tinggi (200-240°C) dengan menggunakan katalis MgO tanpa pelarut dapat mencapai konversi hingga 97% (Corma et al., 1997). Sedangkan proses gliserolisis yang dilakukan dengan menggunakan pelarut (tert-butanol) dan katalis MgO dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah (60-90°C). Pada kondisi ini konversi dapat dicapai hingga 97,87%. Hal ini menunjukkan bahwa proses gliserolisis dengan menggunakan pelarut (ter-butanol) lebih efektif karena reaksi dapat dilakukan pada suhu rendah dan mencapai konversi yang relatif sama. Hal ini disebabkan karena pelarut (tert-butanol) dapat meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol.

4. Kesimpulan

Kesimpulan

- Variabel rasio gliserol/CPO merupakan variabel yang paling berpengaruh.
- Kondisi optimum bisa dicapai jika rasio gliserol/CPO antara 5 - 7 dan harga variabel suhu pada kisaran 70-90 °C sedangkan harga variabel katalis berada pada kisaran 1,5% - 5 %.
- Penggunaan pelarut tert-butanol dapat menurunkan suhu reaksi dari 220-250°C menjadi 70-90°C tanpa menurunkan konversi reaksi (konversi tetap 97 %).

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian yang telah membiayai program penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonym, (2005), "Blueprint Rencana Pengembangan CPO dan Produk Turunannya", Balitbang-Deptan, Jakarta.
- Anonym, (2006), "Laporan Perdagangan CPO dan Olein", Jakarta Future Exchange, Jakarta.
- BPS, (2000-2005), "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia" vol 2 Jakarta.
- Budi, F.S, et al (2001), "Pengembangan Proses Konversi Minyak Sawit (CPO) menjadi Polyurethane", Thesis, Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Corma A. et al (1997), "Catalysts for the Production fine Chemicals-Production of Food Emulsifiers, Monoglycerides, by Glycerolysis of fats Solid base Catalysts", Journal of Catalysis vol 173, hal: 315-321
- Cornell J.A., et al. (1990), "How to Apply Response Surface Methodology in USA", American Society for Quality Control
- Deffense E. et al (1985), "Fractionation of Palm Oil" Journal American Oil Chemistry Society vol 62 hal : 376 - 385
- George et. al (1992), "Lipid Profile of Process of Palm Oil", Journal America Oil Chemistry Society: vol 69 , page : 283-287.
- Guo Z. et al, (2006), "Lipase-Catalyzed Glycerolysis of Fat and Oils in Ionic Liquid", Journal of Royal Society of Chemistry vol 8; hal 54 – 62
- Kaewthong W, et al, (2005), "Continuous Production of Monoacylglycerols by Glycerolysis of Palm Olein with Immobilized Lipase", Journal of Process Biochemistry, Elsevier, vol 40 hal 1525-1530.
- Kaewthong W, et al, (2004), "Glycerolysis of Palm Olein by Immobilized Lipase PS in Organic Solvent", Journal Enzim and Microbial Technology, Elsevier, vol 35 hal 218-222.
- Kristensen J.B., et al, (2005), "Process Optimization Using Respon Surface Design and Pilot Plant Production of Dietary Diacylglycerols by Lipase-Catalyzed Glycerolysis", Journal of Agricultural and Food Chemistry vol 53 hal. 7059-7066.
- Marianne L, et al, (2006), "Evaluation of Binary Solvent Mixtures For Efficient Mono Acyl Glycerol Production By Continuous Enzymatic Glycerolysis", Journal of Agricultural and Food Chemistry vol 54 Hal. 7113-7119



PROSIDING SEMINAR NASIONAL REKAYASA KIMIA DAN PROSES 2008
ISSN : 1411 – 4216

- Noureddini H. et. al, (1997), "*Glycerolysis of Fats and Methyl Esters*", Journal of Biomaterials, University of Nebraska, Lincoln.
- Noureddini H. et. al, (1992), "*Physical Properties of Oils and Mixtures of Oils*" Journal American Oil Chemistry Society, vol 69.
- Noureddini H. et. al, (2004), "*A Continuous Process For The Glycerolysis of Soybean Oil*", Journal of American Oil Chemistry Society vol 81 no 2 Hal. 203-207