

Peramalan Hasil Reaksi Asetilasi Gliserol Menjadi Triacetin Menggunakan Katalis Silika Sulfat Dari Sekam Padi Dengan Analisa Persamaan Regresi

Didik Krisdiyanto

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto No. 1 Yogyakarta, Indonesia

Korespondensi; Email: didik_kris@yahoo.com

Abstrak

Gliserol adalah produk turunan dari proses transesterifikasi biodiesel untuk mendapatkan metil ester. Turunan Glicerol yang terbuat dari esterifikasi gliserol dan asam asetat dengan bantuan katalis. Dalam penelitian ini, asetilasi residu gliserol produksi biodiesel menggunakan katalis silika sulfat dari sekam padi dengan parameter rasio reaktan, waktu reaksi, suhu reaksi, jumlah katalis dan kecepatan pengadukan. Hasil dari analisis regresi linier menunjukkan bahwa persamaan dengan variasi waktu reaksi memiliki representasi tertinggi dari data yaitu 0,9984. Hal ini didukung oleh analisis peramalan untuk memprediksi hasil eksperimen dengan waktu reaksi variabel independen. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kesalahan yang kecil baik dengan menggunakan MAD, MSE, MAPE dan Tracking Signals. Ini berarti bahwa persamaan dengan waktu reaksi variabel independen dapat digunakan untuk memprediksi hasil reaksi kualitatif.

Kata Kunci: Gliserol; Regresi linier; MAD; MSE; MAPE; Tracking Signals

Abstract

Glycerol is a derivative product of biodiesel transesterification process to obtain methyl ester. Glycerol derivative made from esterification of glycerol and acetic acid with the aid of a catalyst. In this study acetylation residual glycerol production of biodiesel using silica catalyst sulfate from rice husk ask with parameter ratio of reactants, reaction time, reaction temperature, the amount of catalyst and stirring speed. Results from linear regression analysis showed that the equation with reaction time variations have the highest representation of the data that is 0.9984. This is supported by forecasting analysis to predicted the results of experiments with independent variable reaction times. This indicated by the small value of the error either by using MAD, MSE, MAPE and Tracking Signals. This is mean that the equation with independent variable reaction time can be used to predict the results of a qualitative reaction.

Keywords: Gliserol; Linear Regression; MAD; MSE; MAPE; Tracking Signals

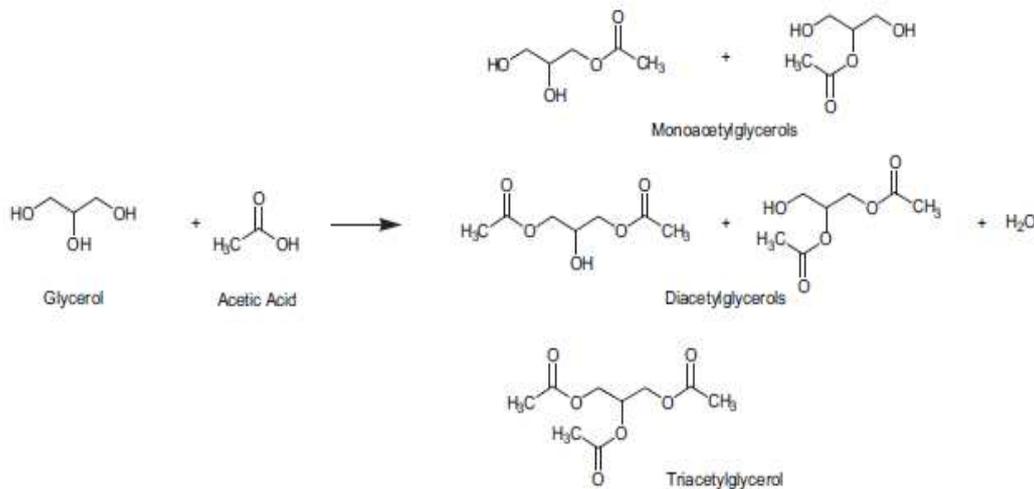
Pendahuluan

Gliserol merupakan produk samping dari biodiesel dari proses transesterifikasi untuk memperoleh metil ester. Pada tahun 2010 diperkirakan produksi gliserol sekitar 1,2 juta ton, yang lebih dari separuhnya berasal dari produksi biodiesel [1]. Berdasarkan Peraturan Presiden No. 5/ 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional menyebutkan bahwa kuota bahan bakar nabati (BBN) jenis biodiesel pada tahun 2011-2015 sebesar 3 persen dari konsumsi energi nasional atau setara dengan 1,5 juta kilo liter. Padahal kapasitas produksi biodiesel dalam negeri baru mencapai 680 ribu kilo liter. Jadi, target produksi biodiesel di Indonesia masih kurang 820 ribu kilo liter. [2]. Dengan melihat semakin banyaknya biodiesel yang akan diproduksi, maka akan menyebabkan semakin banyak pula terbentuk produk samping berupa gliserol.

Sebagai produk samping industri biodiesel, gliserol belum banyak diolah sehingga nilai jualnya masih rendah. Oleh karena itu perlu pengolahan terhadap gliserol agar dapat menjadi produk yang

lebih bernilai jual tinggi dan lebih banyak manfaatnya. Diantaranya adalah dengan membuat turunan gliserol melalui proses esterifikasi. Salah satu produk esterifikasi gliserol adalah *triacetin*.

Kegunaan *triacetin* sangat banyak baik untuk keperluan bahan makanan maupun non makanan. Untuk bahan makanan, *triacetin* dapat digunakan sebagai bahan aroma pada permen (gula-gula), minuman dari susu, minuman ringan dan permen karet. Sedangkan untuk bahan non makanan *triacetin* dapat digunakan untuk pelarut pada parfum, tinta cetak, pelarut pada aroma, plastisizer untuk resin selulosa, polimer dan ko-polimer, bahkan dapat digunakan sebagai bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi knocking pada mesin mobil [3]. Selain produk *Tri acetyl Glicerol* (TAG) / *Triacetin*, produk lain yang terbentuk pada proses esterifikasi gliserol dengan asam asetat adalah *Mono Acetyl Gliserol* (MAG) dan *DiAcetyl Gliserol* (DAG).



Gambar 1 Reaksi asetilasi gliserol.

Turunan glicerol seperti *Mono Acetyl Gliserol* (MAG), *DiAcetyl Gliserol* (DAG) dan *Tri acetyl Glicerol* (TAG) / *Triacetin* dapat menjadi alternatif bahan tambahan pangan (zat aditif). Zat aditif makanan atau bahan tambahan makanan merupakan bahan yang sengaja ditambahkan dalam makanan untuk memperbaiki penampilan, tekstur, rasa dan daya simpan makanan. *Mono Acetyl Gliserol* (MAG), *DiAcetyl Gliserol* (DAG) merupakan zat aditif makan sebagai bahan pengental atau *emulsifier*. Sedangkan *Tri acetyl Glicerol* (TAG) / *Triacetin* merupakan bahan pelarut bagi aditif yang lain misalnya perasa maupun pewarna.

Reaksi esterifikasi gliserol biasanya menggunakan asam asetat. Silva telah melakukan penelitian untuk membandingkan reaksi esterifikasi gliserol antara menggunakan asam asetat dan asam asetat anhidrat. Dalam penelitiannya dijelaskan untuk kondisi yang sama esterifikasi gliserol menggunakan asam asetat anhidrat memberikan selektivitas yang tinggi terhadap *Tiacetin* (100 % pada 80 menit) dibandingkan dengan asam asetat (7% pada 120 menit) [4].

Turunan glicerol dibuat dari proses esterifikasi antara gliserol dan asam asetat dengan bantuan katalis. Penelitian Sebelumnya menggunakan katalis homogen seperti yang dilakukan oleh Widayat, dia menggunakan katalis asam sulfat karena unggul dalam sifat higroskopiknya yang dapat menyerap air, sehingga reaksi esterifikasi berjalan kearah produk. Namun, penggunaan katalis homogen mempunyai kelemahan yaitu katalis sulit untuk dipisahkan dengan produk setelah reaksi karena berada dalam satu fase [5].

Sehingga penggunaan katalis heterogen menjadi alternatif dalam reaksi esterifikasi gliserol. Katalis silika dapat menjadi pilihan yang digunakan karena memiliki situs asam sebagai pengganti gugus asam dalam katalis homogen. Selain itu silika relatif mudah diperoleh di alam baik di kerak bumi maupun dari organisme. Sekam padi menjadi salah satu sumber silika yang potensial karena sekam padi mempunyai kandungan silika yang cukup melimpah yaitu 18,0-22,3 % [6]. Dan metode yang digunakan untuk mensintesis katalis silika adalah metode sol-gel. Metode sol gel mempunyai kelebihan yakni prosesnya sederhana, mempunyai homogenitas yang tinggi, dapat mengontrol ukuran dan morfologi partikel, dapat dilakukan pada suhu rendah [7].

Dalam penelitian terdahulu, peneliti hanya melakukan penelitian dengan menggunakan perbandingan katalis untuk mendapatkan esterifikasi gliserol. Hal ini dilakukan dengan menggunakan asumsi katalis merupakan hal yang mempengaruhi esterifikasi gliserol selain dari lamanya pengambilan data dan mahal biaya percobaan. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian yang membandingkan beberapa variabel independent untuk mengetahui hal-hal yang paling berpengaruh lainnya dan prediksi hasil esterifikasi untuk minimasi biaya.

Statistik merupakan metode ilmiah untuk menyusun, meringkas, menyajikan dan menganalisis data sehingga dapat ditarik kesimpulan dan dapat dibuat keputusan yang masuk akal berdasarkan kesimpulan tersebut. Terdapat dua macam statistika yakni: inferensi dan deskriptif. Statistik deskriptif adalah statistika yang menggambarkan kegiatan berupa pengumpulan data, penyajian data, pengolahan data dan penyusunan data dalam bentuk tabel, grafik, maupun diagram sehingga dapat memberikan gambaran yang teratur, ringkas, dan jelas mengenai suatu keadaan atau peristiwa.

Statistika deskriptif dapat pula diartikan sebagai metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna. Data hanya dilakukan penyajian saja tidak dilakukan penarikan kesimpulan/inferensia [8]. Statistika inferensia adalah bagian dari statistika yang membahas mengenai metode penarikan kesimpulan data sehingga dapat ditarik suatu informasi yang diinginkan. Terdapat beberapa macam statistika inferensia diantaranya: uji normalitas, uji chi square, uji hipotesis dua sampel, regresi linear dan lain-lain.

Regresi Linear sederhana merupakan regresi dengan satu faktor x (faktor independent) dan satu faktor y (dependent). Persamaan garis regresi adalah merupakan model hubungan antara dua variabel atau lebih, yaitu antara variabel dependent dan independent. Sedangkan yang dimaksud dengan garis regresi adalah suatu garis yang ditarik di antara titik-titik sedemikian rupa hingga dapat digunakan untuk menaksir besarnya variabel yang satu berdasarkan besarnya variabel yang lain dan juga dapat digunakan untuk mengetahui macam korelasinya, maka perubahan nilai variabel diartikan sebagai variabel yang satu mempengaruhi variabel lainnya. Hubungan antarvariabel tersebut biasanya dinyatakan dengan model matematis misalnya: $y=f(x)$, dimana y adalah variabel yang dependent atau bisa juga disebut variabel yang dipengaruhi oleh indikator dan x yang merupakan variabel bebas, atau bisa juga disebut sebagai variabel yang mempengaruhi (prediktor). Hubungan sederhana dinyatakan dengan:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (1)$$

Dimana nilai β merupakan koefisien regresi dan ϵ merupakan error yang tidak dapat digambarkan oleh persamaan regresi tersebut. Ketepatan persamaan regresi dinyatakan dengan koefisien r^2 dan dinyatakan bagus apabila nilai berada diatas 0,75. Analisis regresi dan korelasi digunakan untuk mempelajari hubungan antara dua variabel atau lebih, dengan maksud bahwa dari hubungan tersebut dapat memperkirakan besarnya dampak kuantitatif yang terjadi dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian yang lainnya. Untuk menentukan nilai intercept, koefisien regresi digunakan metode Ordinary Least Square (OLS).

Metode kuadrat terkecil adalah pendekatan standar untuk memperkirakan persamaan pada situasi yang tidak diketahui. Metode ini menggunakan pendekatan Least Square yakni pendekatan minimasi jumlah error kuadrat dari persamaan tunggal yang didapatkan. Hal yang paling penting pada pendekatan ini adalah fitting data. Melakukan penggambaran jenis data dengan scatter diagram kemudian melakukan analisis ketepatan data melalui minimasi error- error merupakan perbedaan nilai hasil prediksi dengan nilai hasil yang diperoleh melalui percobaan yang dilakukan. Metode Least Square dapat digunakan untuk melakukan pendekatan pada persamaan linier maupun nonlinier. Selain itu metode ini dapat digunakan sebagai salah model pendekatan prediksi atau peramalan hasil pendekatan.[9].

Metode Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan mereaksikan gliserol dengan asam asetat anhidrat. Sebelum pereaksian keduanya, dilakukan pemanasan terhadap gliserol dan asam asetat anhidrat secara terpisah (gliserol dipanaskan dalam labu leher tiga) hingga keduanya mencapai suhu 80°C. Setelah mencapai

suhu 80°C, keduanya direaksikan kedalam labu leher tiga dan ditambahkan katalis silika. Larutan campuran tersebut kemudian direaksikan sambil dipanaskan pada suhu 115° c dan diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan 1000 rpm selama 4 jam.

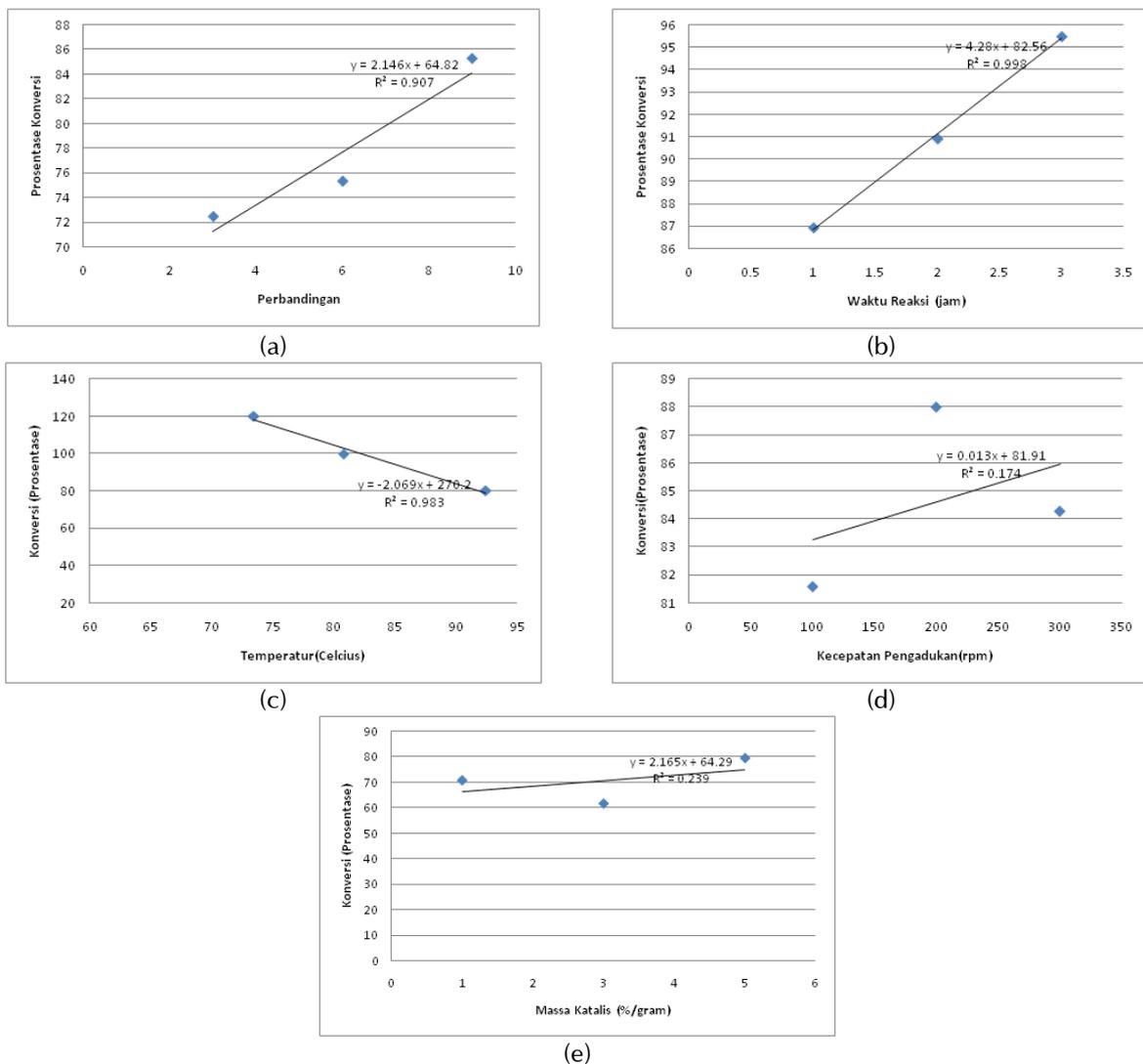
Parameter yang diteliti dalam percobaan ini adalah:

- a. Variasi perbandingan gliserol dan asam asetat yaitu 1:3; 1:6 dan 1:9
- b. Variasi berat katalis silika sulfat yaitu 0,1; 0,3 dan 0,5 gram
- c. Variasi suhu reaksi yaitu 80C; 100C dan 120C
- d. Variasi waktu reaksi yaitu 1 jam; 2 jam dan 3 jam
- e. Variasi kecepatan pengadukan yaitu 100 rpm; 200 rpm dan 300 rpm

Hasil dan Pembahasan

Analisa regresi linier

Pada penelitian ini terdapat beberapa persamaan regresi linear yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan gliserol dan asam asetat terhadap konversi (dinyatakan dengan prosentase) dilakukan dengan beberapa perlakuan yakni pada perbandingan 1:3, 1: 6 dan 1: 9. Sedangkan untuk kondisi yang lain memakai kondisi dasar dari waktu reaksi, temperatur dan kecepatan pengadukan yakni 1 jam untuk waktu reaksi, 80°C untuk temperatur dan 100 rpm (rotation per minute) untuk kecepatan pengadukan. Hasil persamaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2 Persamaan regresi linier untuk (a) Perbandingan Gliserol dan Asam Asetat, (b) variasi waktu reaksi, (c) pengaruh temperatur, (d) pengaruh kecepatan pengadukan, (e) pengaruh massa katalis.

Berdasarkan keseluruhan persamaan regresi linear yang telah terbentuk maka dapat dinyatakan bahwa persamaan linear yang paling mendekati dalam penggambaran data dependent(y) adalah persamaan linear dengan waktu sebagai faktor independent yakni sebesar 0,9984 yang kemudian diikuti oleh temperature (0,9832), perbandingan gliserol dan asam asetat (0,9076), massa katalis (0,2396) dan yang terakhir adalah kecepatan pengadukan (0,1748). Keseluruhan persamaan linear yang terbentuk dan nilai keterwakilan data terhadap persamaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan persamaan linear.

Variabel Independent	Persamaan	R ²
Perbandingan gliserol dan asam asetat	$y = 2,146x + 64,823$	0,9076
Waktu Reaksi	$y = 4,28x + 82,56$	0,9984
Temperatur	$y = -2,0699x + 270,22$	0,9832
Pengadukan	$y = 0,0135x + 81,913$	0,1748
Massa Katalis	$y = 2,165 x + 64,292$	0,2396

Pada Tabel 1 terlihat hanya persamaan dengan variabel independent temperatur yang memiliki nilai negatif pada koefisien x sedangkan persamaan dengan variabel perbandingan gliserol dan asam asetat, waktu reaksi, pengadukan dan massa katalis memiliki nilai koefisien positif. Berdasarkan nilai R² yang terlihat pada Tabel 1, maka dapat dinyatakan bahwa persamaan dengan variabel independent waktu reaksi dengan kecepatan pengadukan 1 jam, massa katalis 1 gram, temperatur 80°C, perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3 merupakan persamaan dengan keterwakilan data tertinggi yakni sebesar 0,9984. Keterwakilan data diikuti oleh persamaan dengan parameter temperatur, perbandingan gliserol dan asam asetat yang kesemua persamaan berada diatas batas 0,75. Sedangkan dua persamaan lain yaitu dengan parameter massa katalis dan kecepatan pengadukan memiliki keterwakilan yang cukup rendah yakni 0,2396 dan 0,1748.

Peramalan hasil

Metode regresi linear, pola hubungan antara suatu variable yang mempengaruhinya dapat dinyatakan dengan suatu garis lurus. Metode ini paling banyak digunakan sebagai metode peramalan, karena lebih mudah dipahami dan hasil peramalan dengan metode ini lebih akurat dalam berbagai situasi. Konsep dari penggunaan analisa regresi untuk peramalan adalah bahwa semua faktor yang mempengaruhi system dimasa lalu akan terus berlanjut dimasa yang akan datang. Dengan demikian peramalan menjadi sebuah penentuan garis trend secara umum dan garis tersebut dapat diextrapolisasi dimasa yang akan datang.

Untuk memastikan ketepatan peramalan, terdapat beberapa metode validasi peramalan diantaranya: *mean absolute deviation(MAD)*, *mean absolute percentage error(MAPE)*, *mean squared error(MSE)*, *tracking signal*.

Pada penelitian ini persamaan regresi linear yang telah diperoleh digunakan untuk melakukan peramalan hasil percobaan yang kemudian dibandingkan dengan hasil data berdasarkan percobaan.

Guna menentukan jenis persamaan yang paling tepat dalam melakukan peramalan, maka dilakukan perbandingan beberapa estimasi error. Perbandingan estimasi error dari persamaan-persamaan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan estimasi error persamaan.

Analisis Error	Variabel Independent				
	Asam Asetat	Waktu Reaksi	Temperatur	Kecepatan Pengadukan	Massa Katalis
MSE	2,816	0,02	1040,475	5,735	47,475
MAD	1,583	0,133	27,122	2,257	6,659
MAPE	2,06	0,15	35,06	2,64	9,4

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Error2	Abs. E	Abs. E
1	72,45	71,261	-1,189	1,413721	1,189	1,64%
2	75,33	77,699	2,369	5,612161	2,369	3,14%
3	85,33	84,137	-1,193	1,423249	1,193	1,40%
SUM						-0,013
MEAN						-0,00433333
MSE						2,816377
MAD						1,583666667
STd Dev.						2,055367931
Tracking Signal						6,161770461
						-6,17043713
MAPE						2,06%

(a)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Error2	Abs. E	Abs. E
1	86,94	86,84	-0,1	0,01	0,1	0,12%
2	90,92	91,12	0,2	0,04	0,2	0,22%
3	95,5	95,4	-0,1	0,01	0,1	0,10%
SUM						1,42109E-14
MEAN						4,73695E-15
MSE						0,02
MAD						0,133333333
STd Dev.						0,173205081
Tracking Signal						0,519615242
						-0,51961524
MAPE						0,15%

(b)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Error2	Abs. E	Abs. E
1	92,45	104,628	12,178	148,3037	12,178	13,17%
2	80,8	63,23	-17,57	308,7049	17,57	21,75%
3	73,45	21,832	-51,618	2664,418	51,618	70,28%
SUM						-57,01
MEAN						-19,0033
MSE						1040,476
MAD						27,122
STd Dev.						31,92214
Tracking Signal						76,7631
						-114,77
MAPE						35,06%

(c)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Error2	Abs. E	Abs. E
1	81,57	83,263	1,693	2,866249	1,693	2,08%
2	88	84,613	-3,387	11,47177	3,387	3,85%
3	84,27	85,963	1,693	2,866249	1,693	2,01%
SUM						-0,001
MEAN						-0,00033333
MSE						5,734755667
MAD						2,257666667
STd Dev.						2,932939367
Tracking Signal						8,798484769
						-8,79915144
MAPE						2,64%

(d)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Error2	Abs. E	Abs. E
1	70,91	66,457	-4,453	19,82921	4,453	6,28%
2	61,88	68,622	6,742	45,45456	6,742	10,90%
3	79,57	70,787	-8,783	77,14109	8,783	11,04%
SUM						-6,494
MEAN						-2,16466667
MSE						47,474954
MAD						6,659333333
STd Dev.						8,011476664
Tracking Signal						21,86976332
						-26,1990967
MAPE						9,40%

(e)

Gambar 3 Estimasi peramalan untuk (a) Perbandingan Gliserol dan Asam Asetat, (b) variasi waktu reaksi, (c) pengaruh temperatur, (d) pengaruh kecepatan pengadukan, (e) pengaruh massa katalis.

Pada Tabel 2. dapat dinyatakan penentuan jenis error persamaan berdasarkan MSE memiliki nilai terendah pada persamaan dengan variabel independent waktu reaksi yang hanya sebesar 0,02. Nilai ini kemudian diikuti oleh persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dengan asam asetat (2,816), kecepatan pengadukan (5,735), massa katalis (47,475) dan temperatur dengan nilai yang sangat tinggi yakni 1040,475.

Pada penentuan jenis error persamaan berdasarkan MAD persamaan dengan variabel independent waktu reaksi juga menempati urutan terendah yang hanya sebesar 0,133. Nilai ini kemudian diikuti oleh persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dengan asam asetat (1,583), kecepatan pengadukan (2,257), massa katalis (6,659) dan temperatur dengan nilai yang tinggi yakni 27,122.

Pada penentuan jenis error persamaan berdasarkan MAPE persamaan dengan variabel independent waktu reaksi juga menempati urutan terendah yang hanya sebesar 0,15%. Nilai ini kemudian diikuti oleh persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dengan asam asetat (2,06%), kecepatan pengadukan (2,64%), massa katalis(9,40) dan temperatur dengan nilai yang tinggi yakni 35,06%.

Dari ketiga jenis estimasi error diatas, nilai MSE memiliki range yang paling tinggi yakni sebesar 1040,455 kemudian diikuti oleh MAPE yang sebesar 34,91% dan terakhir MAD dengan 26,989. Sedangkan persamaan yang memiliki range error paling kecil baik pada MSE, MAD maupun MAPE adalah persamaan dengan waktu reaksi sebagai varaibel independent. Maka persamaan dengan variabel

independent waktu reaksi pada kecepatan pengadukan 100 rpm, temperatur 80oCelcius, perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3, massa katalis 1 gram merupakan persamaan terbaik dalam memprediksi hasil.

Analisis Tracking Signals

Analisis tracking signals bermanfaat untuk mengetahui apakah error yang terjadi dalam melakukan prediksi hasil berada di atas hasil (positive) atau di bawah hasil (negatif).

Tracking signals yang baik adalah apabila hasil yang diperoleh memiliki nilai positive cumulative error atau lebih banyak data yang memiliki nilai error positif. Ukuran yang digunakan untuk menyatakan hasil tracking signals dalam +/- 4 MADs yang setara dengan 3,2 Standard Deviasi. Data tracking signals ditunjukkan pada Gambar 4.

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Cum. Error	Abs. E	Cum. Abs. Error	MAD	Tracking Signal
1	72,45	71,261	-1,189	-1,189	1,189	1,189	-1,189	1
2	75,33	77,699	2,369	1,18	2,369	3,558	1,779	0,663293985
3	85,33	84,137	-1,193	-0,013	1,193	4,751	1,58367	-0,008208798

(a)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Cum. Error	Abs. Error	Cum. Abs. Error	MAD	Tracking Signal
1	86,94	86,84	-0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	1
2	90,92	91,12	0,2	0,1	0,2	0,3	0,15	0,666666667
3	95,5	95,4	-0,1	1,421E-14	0,1	0,4	0,13333	1,06581E-13

(b)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Cum. Error	Abs. E	Cum. Abs. Error	MAD	Tracking Signal
1	92,45	104,628	12,178	12,178	12,178	12,178	12,178	1
2	80,8	63,23	-17,57	-5,392	17,57	29,748	14,874	-0,362511765
3	73,45	21,832	-51,618	-57,01	51,618	81,366	27,122	-2,10198363

(c)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Cum. Error	Abs. Error	Cum. Abs. Error	MAD	Tracking Signal
1	81,57	83,263	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1
2	88	84,613	-3,387	-1,694	3,387	5,08	2,54	-0,666929134
3	84,27	85,963	1,693	-0,001	1,693	6,773	2,25767	-0,000442935

(d)

No.	Y (output)	Y prediksi	Error	Cum. Error	Abs. E	Cum. Abs. Error	MAD	Tracking Signal
1	70,91	66,457	-4,453	-4,453	4,453	4,453	-4,453	1
2	61,88	68,622	6,742	2,289	6,742	11,195	5,5975	0,408932559
3	79,57	70,787	-8,783	-6,494	8,783	19,978	6,65933	-0,97517269

(e)

Gambar 4 Analisa tracking signal untuk (a) Perbandingan Gliserol dan Asam Asetat, (b) variasi waktu reaksi, (c) pengaruh temperatur, (d) pengaruh kecepatan pengadukan, (e) pengaruh massa katalis.

Pada data dengan perbandingan reaktan gliserol dan asam asetat terlihat bahwa nilai Tracking Signal berada diantara + 1 MAD dan -1 MAD atau setara dengan 0,8 Standard Deviasi. Nilai tertinggi terdapat pada data pertama yang tepat bernilai 1 MAD, sedangkan kedua data yang lain bahkan lebih rendah daripada 1 MAD. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa variabilitas error

yang terjadi sangat kecil (jauh lebih rendah daripada ± 4 MADs) dan persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dan asam asetat pada waktu reaksi 1 jam, temperatur 80°C , kecepatan pengadukan 100 rpm dan massa katalis 1 gram terhadap konversi dinyatakan valid untuk memprediksi hasil percobaan.

Data reaksi dengan variasi waktu nilai Tracking Signal berada diantara + 1 MAD dan -1 MAD atau setara dengan 0,8 Standard Deviasi. Nilai tertinggi terdapat pada data pertama yang tepat bernilai 1 MAD, sedangkan kedua data yang lain bahkan lebih rendah daripada 1 MAD yakni hanya sebesar 0,667 dan $1,06 \times 10^{-13}$. Nilai ini jauh lebih kecil daripada tracking signals pada persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dan asam asetat. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa variabilitas error yang terjadi sangat kecil (jauh lebih rendah daripada ± 4 MADs) dan persamaan dengan variabel independent waktu reaksi pada perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3, temperatur 80°C , kecepatan pengadukan 100 rpm dan massa katalis 1 gram terhadap konversi dinyatakan valid untuk memprediksi hasil percobaan.

Untuk data pengaruh temperatur terlihat bahwa nilai Tracking Signal berada diantara + 1 MAD dan -2 MAD atau setara dengan 1,6 Standard Deviasi. Nilai tertinggi terdapat pada data pertama yang tepat bernilai 1 MAD, sedangkan kedua data yang lain bahkan lebih tinggi daripada 1 MAD yakni hanya sebesar -2,10198. Nilai ini jauh lebih besar daripada tracking signals pada persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dan asam asetat dan waktu reaksi. Namun masih dapat dinyatakan bahwa variabilitas error yang terjadi sangat kecil (jauh lebih rendah daripada ± 4 MADs) dan persamaan dengan variabel independent temperatur dengan waktu reaksi 1 jam, perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3, temperatur 80°C , kecepatan pengadukan 100 rpm dan massa katalis 1 gram terhadap konversi dinyatakan valid untuk memprediksi hasil percobaan.

Pada data pengaruh kecepatan pengadukan terlihat bahwa nilai Tracking Signal berada diantara + 1 MAD dan -1 MAD atau setara dengan 0,8 Standard Deviasi. Nilai tertinggi terdapat pada data pertama yang tepat bernilai 1 MAD, sedangkan kedua data yang lain bahkan lebih rendah dari daripada 1 MAD yakni hanya sebesar -0,666929 dan -0,00044. Nilai ini jauh lebih kecil daripada tracking signals pada persamaan dengan variabel independent temperatur dan sama dengan persamaan dengan variabel independent erbandingan gliserol dan asam asetat dan waktu reaksi. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa variabilitas error yang terjadi sangat kecil (jauh lebih rendah daripada ± 4 MADs) dan persamaan dengan variabel independent kecepatan pengadukan dengan waktu reaksi 1 jam, perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3, temperatur 80°C , dan massa katalis 1 gram terhadap konversi dinyatakan valid untuk memprediksi hasil percobaan.

Variasi berat katalis terlihat bahwa nilai Tracking Signal berada diantara + 1 MAD dan -1 MAD atau setara dengan 0,8 Standard Deviasi. Nilai tertinggi terdapat pada data pertama yang tepat bernilai 1 MAD, sedangkan kedua data yang lain bahkan lebih rendah dari daripada 1 MAD yakni hanya sebesar -0,97517 dan 0,408932. Nilai ini jauh lebih kecil daripada tracking signals pada persamaan dengan variabel independent temperatur dan sama dengan persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dan asam asetat dan waktu reaksi. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa variabilitas error yang terjadi sangat kecil (jauh lebih rendah daripada ± 4 MADs) dan persamaan dengan variabel independent massa katalis dengan waktu reaksi 1 jam, perbandingan gliserol dan asam asetat 1:3, temperatur 80°C , dan kecepatan pengadukan 100 rpm terhadap konversi dinyatakan valid untuk memprediksi hasil percobaan.

Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisa data maka dapat dinyatakan bahwa persamaan dengan variabel independent perbandingan gliserol dan asam asetat, waktu reaksi dan temperatur merupakan persamaan yang mampu mewakili data hasil percobaan ($r^2 > 0,75$). Sedangkan persamaan yang paling tepat dalam meramalkan hasil percobaan adalah persamaan dengan variabel independent waktu reaksi dilihat dari kecilnya nilai error baik dengan menggunakan pendekatan MAD, MSE, MAPE maupun Tracking Signals.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh anggaran BOPTN UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta tahun 2014.

Referensi

- [1] **Appleby, D.** 2003. *The impact of biodiesel production on the glycerine market*. Oral presentation of Procter & Gamble at American Oil Chemist Society, Champaign, Illinois.
- [2] **Budiman, A.**, 2012, *Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri*, UGM.
- [3] **Nuryoto, Sulisty, H., Rahayu S.S., Sutijan.**, 2010. *Uji Performa Katalisator Resin Penukar Ion Untuk Pengolahan Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menjadi Triacetin*. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010.
- [4] **Silva. Leonardo N, Valter L.C, Goncalves, Claudio J.A. Mota.**, 2010. *Catalytic Acetylation of Glycerol With Acetic Anhydride*.
- [5] **Widayat, Hantoro Satriadi, Abdullah, Ika Windrianto K. Handono.** 2013. *Proses Produksi Triasetat dari Gliserol dengan Katalis Asam Sulfat*.
- [6] **Luh, B.S.** (1991) *Rice Utilization, Second Edition, Vol. 2*, Van Nostrand Reinhold, USA.
- [7] **Jarza, A.U., Damian, A., Maruszewski, K., Halina, P and Wieslaw, S.** 1999. *Advantages of Sol-gel Technologies for Biomedical Application*. Proc. SPIE3567, Optical and Imaging Techniques for Biomonitoring IV, 50, doi:10.1117/12.339188.
- [8] **Walpole. R.E dan Myers. R.H.**, 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Penerbit ITB, Bandung.
- [9] **Hiezer, J., Render, B.**, 2011, *Operation Management*, Prentice Hall, New Jersey.