



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VI

"Pemantapan Riset Kimia dan Asesmen Dalam Pembelajaran
Berbasis Pendekatan Saintifik"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 21 Juni 2014



MAKALAH
PENDAMPING

KIMIA ANORGANIK
DAN KIMIA FISIKA

ISBN : 979363174-0

IDENTIFIKASI PENGARUH VARIABEL PROSES DAN PENENTUAN KONDISI OPTIMUM DEKOMPOSISI KATALITIK METANA DENGAN METODE RESPON PERMUKAAN

Praswasti PDK Wulan^{1,*}

¹*Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia*

* tel/fax : 6221-78885335 / 6221-7863515, email: wulan@che.ui

praswasti.pdk.wulan@gmail.com

ABSTRAK

Nanokarbon merupakan salah satu produk nanoteknologi yang dapat diperoleh melalui Dekomposisi Katalitik Metana atau *Methane Decomposition Reaction (MDR)*. Nanokarbon menarik perhatian para peneliti karena mempunyai sifat mekanik, elektrik, dan sifat lainnya yang unik. Sifat-sifat unik tersebut mempunyai keunggulan dan potensi yang besar untuk diaplikasikan di berbagai bidang seperti transistor, penyimpan hidrogen dan elektroda pada peralatan *display*. Penentuan kondisi optimum proses diperlukan untuk menghasilkan nanokarbon dengan kualitas baik. Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi dan signifikansi variabel proses terhadap respon konversi metana menggunakan metode ANOVA. Kondisi operasi yang divariasikan adalah suhu reaksi dengan rentang 650°C-750°C, waktu reaksi rentang 5-40 menit dan laju alir metana pada 120 mL/menit – 160 mL/menit. Proses penentuan kondisi optimum dilakukan dengan metode respon permukaan. Eksperimen dilakukan dalam 2 tahap, yaitu orde I dan orde II. Desain eksperimen pada tahap orde satu menggunakan desain faktorial dua level, sedangkan desain eksperimen pada tahap orde dua menggunakan *Central Composite Design (CCD)*. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi metode respon permukaan pada eksperimen mendapatkan konversi optimum nanokarbon pada suhu reaksi 716°C dengan laju alir 118 mL/menit dan waktu reaksi 20 menit.

Kata Kunci : ANOVA, Desain Faktorial, Nanokarbon, Respon Permukaan



PENDAHULUAN

Nanosains dan nanoteknologi (iptek nano) merupakan pengembangan teknologi dalam skala nanometer. Salah satu contoh produk nanoteknologi tersebut adalah nanokarbon. Berdasarkan bentuknya, nanokarbon terbagi menjadi tiga, yaitu *fullerene* yang berbentuk bulat, karbon nanotube yang berbentuk pipa, dan karbon nanofiber yang berbentuk serabut dan tidak teratur [Peterson dkk, 1999].

Reaksi dekomposisi metana merupakan salah satu metode untuk mendapatkan nanokarbon. Pada reaksi ini terjadi pemutusan ikatan H-C dari metana menjadi komponen yang lebih sederhana yaitu hidrogen dan karbon (Muradov, 2000) melalui reaksi endotermis.

Penentuan kondisi optimum merupakan salah satu parameter yang berkaitan dengan pembentukan nanokarbon berkualitas tinggi.

Kondisi operasi yang berpengaruh terhadap kualitas nanokarbon diantaranya adalah suhu reaksi, waktu reaksi dan laju alir gas umpan. Untuk meneliti besarnya pengaruh variabel atau parameter proses tersebut diperlukan evaluasi dan penentuan metode yang paling efektif.

Beberapa analisis seperti ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor-faktor signifikan dalam eksperimen. ANOVA merupakan metode analisis yang telah terbukti dapat menyeleksi faktor-faktor berdasarkan signifikansi dan responnya terhadap sistem atau proses kimia (Lazic, 2004). Analisis varians (ANOVA) dilakukan pada 95% *confidence interval*.

Desain faktorial merupakan solusi paling efisien pada eksperimen yang menggunakan pengaruh dari dua atau lebih faktor. Metode konvensional untuk mempelajari pengaruh dari beberapa parameter proses telah dilakukan dengan mengatur semua parameter lain seperti tekanan, jenis katalis dan metode preparasi dianggap konstan. Metode yang tepat untuk mengetahui pengaruh tiap variabel adalah *Response Surface* (respon permukaan) yang dapat digunakan untuk membuat model dan menganalisa beberapa variabel untuk mengoptimalkan respon.

Metode respon permukaan merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi hasil dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001). Meskipun banyak percobaan sebelumnya yang

mempelajari efek dari variabel proses, tetapi belum ada yang meneliti interaksi dan penentuan kondisi optimum konversi metana dengan metode respon permukaan.

Tujuan utama penelitian ini adalah memberikan analisis terhadap variabel yang paling berperan dalam produksi nanokarbon berkualitas baik, yaitu tiga parameter reaksi : suhu reaksi, waktu reaksi dan laju alir umpan CH₄. Nilai optimum dari suatu variabel ini dapat diterapkan pada penelitian selanjutnya untuk mengoptimalkan kondisi operasi dekomposisi katalitik metana.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode statistik yang diakomodasi dengan software Minitab.

Rancangan Eksperimen (Design of experiment)

Pada desain orde I digunakan rancangan *full factorial design* 2³ dan diperoleh 8 *run*. Rancangan orde I digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon yang dipengaruhi oleh beberapa faktor atau variabel **x**. Faktor merupakan variabel pengamatan dan *level* adalah jumlah perubahan dalam setiap faktor. Suhu reaksi, waktu reaksi dan laju alir dipilih sebagai variabel bebas dan konversi metana sebagai variabel terikat.

Dengan tiga variabel bebas *level* pada tiap variabel bebas dikodekan dengan -1 untuk *level* rendah dan 1 level tinggi. Lebih lanjut, Tabel 1 menunjukkan model empiris sehubungan dengan pengkodean tiga variabel pada tiap level.

Tabel 1. Range eksperimen dan level dari independen variabel untuk konversi metana

Independen Variabel	Range (kode level)		
	Rendah (-1)	Center point (0)	Tinggi (+1)
Suhu reaksi (x1), °C	650	700	750
Waktu reaksi (x2), menit	5	22.5	40
Laju alir CH ₄ (x3), mL/min	120	140	160

Desain Orde I

Desain eksperimen yang digunakan dalam eksperimen tahap 1 adalah desain faktorial dua level (2³) ditambah dengan 6 *center point*. Langkah pertama dari metode permukaan respon adalah menemukan hubungan antara respon *y* dengan variabel independen *x_i* melalui persamaan polinomial orde satu (model orde I). Model respon orde I :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon \quad (1)$$

Dimana :

y = variabel dependen (respon)

x_i = variabel independen (variabel bebas), *i* = 1,2,...,k

ε = error

k = jumlah faktor atau variabel

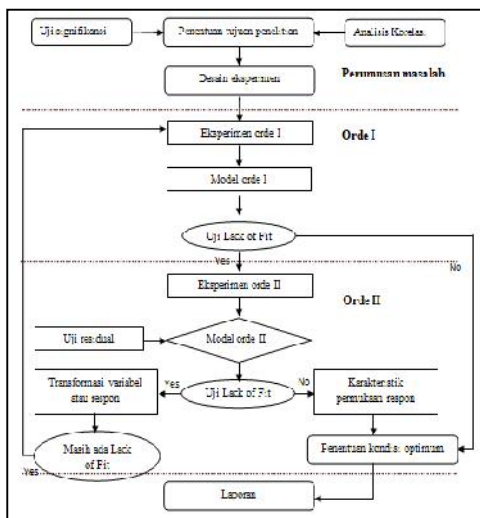
Uji orde I dilanjutkan dengan uji kelengkungan dan Uji Steepest Ascent untuk penentuan titik mendekati optimum pada permukaan respon.

Desain Orde II

Digunakan metode *Central Composite Design* (CCD) agar memiliki sifat ortogonal dan *rotatable*. Rotabilitas dapat dibuat dengan penambahan level, dimana $\alpha = (n_f)^{\frac{1}{4}}$. Pengujian model orde II dilakukan dengan uji *lack of fit*, uji serentak dan uji individual. Sedangkan pemeriksaan asumsi residual meliputi uji asumsi identik, independen, dan normal. Jika ketiga uji telah terpenuhi dilanjutkan pembuatan plot kontur dan grafik respon permukaan untuk penentuan kondisi optimum. Model persamaan respon orde II :

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j, \quad i < j$$

(2)



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter penting yang berpengaruh terhadap respon konversi metana, diantaranya suhu reaksi, waktu reaksi dan laju alir umpan (CH_4). Pengaruh masing-masing variabel diamati menggunakan metode respon permukaan. Range setiap variabel proses seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Desain Eksperimen dan Analisis Orde I

Metode rancangan eksperimen yang digunakan adalah *two level factorial design*. Variasi kondisi operasi adalah rentang suhu 650°C - 750°C , waktu reaksi 5-40 menit dan laju alir metana 120 mL/menit – 160 mL/menit. Adapun respon proses yang akan diamati adalah konversi metana. Hasil *output* program minitab hasil desain eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan Desain Tiga Faktor dan Dua Level

No	Center	Conv	Time	Flow	Temp	Flow	Temp	Flow	Temp	Flow	Temp
1	1	1	1	-1	-1	-1	650	5	120		
2	2	1	1	-1	-1	-1	750	40	120		
3	3	1	1	-1	-1	-1	650	5	120		
4	4	1	1	-1	-1	-1	750	40	120		
5	5	1	1	-1	-1	1	650	5	160		
6	6	1	1	-1	-1	1	750	40	160		
7	7	1	1	-1	-1	1	650	5	160		
8	8	1	1	-1	-1	1	750	40	160		
9	9	0	1	0	0	0	700	22.5	140		
10	10	0	1	0	0	0	700	22.5	140		
11	11	0	1	0	0	0	700	22.5	140		
12	12	0	1	0	0	0	700	22.5	140		
13	13	0	1	0	0	0	700	22.5	140		
14	14	0	1	0	0	0	700	22.5	140		

Tabel 2 menunjukkan kekuatan model rancangan desain 2 level dan 3 faktor dengan 6 *center point*. Pengkodean level ditunjukkan pada range (rendah pada -1, center poin pada 0 dan dan tinggi pada +1). Pengamatan

dengan tiga faktor adalah pengamatan dengan menggunakan tiga variabel. Sedangkan dua *level* artinya bahwa dalam setiap faktor didesain dalam dua nilai perubahan.

Pengujian p_{value} menunjukkan signifikansi atau peluang untuk memperoleh

kesalahan maksimal 5% (toleransi kesalahan) dengan tingkat kepentingan (*confidence interval*) 95%. Sehingga semakin kecil p_{value} maka semakin signifikan pengaruh dari variabel. Uji *lack of fit* (ketidaksesuaian model) digunakan untuk analisis model hasil *output* minitab. Semakin besar nilai P akan semakin baik berarti model semakin sesuai.

Tabel 3. Hasil output program minitab Orde I

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	4429.63	4429.63	739.94	1.92	0.206
Linear	3	4202.60	4202.60	1420.87	3.69	0.070
SUWU	1	229.43	229.43	229.43	0.60	0.465
WAKTU	1	62.10	62.10	62.10	0.21	0.650
LAJU	1	5981.14	5981.14	5981.14	16.27	0.018
Interaction	3	176.94	176.94	88.98	0.18	0.924
SUWU*WAKTU	1	3.71	3.71	3.71	0.01	0.924
SUWU*LAJU	1	121.25	121.25	121.25	0.32	0.582
WAKTU*LAJU	1	51.00	51.00	51.00	0.13	0.724
Residual Error	7	2601.51	2601.51	371.66		
Lack-of-Fit	2	1833.08	1833.08	916.54	3.14	0.130
Pure Error	6	4488.46	4488.46	748.08		
Total	18	7191.64				

Term	Coef
Constant	-252.318
SUWU	0.669609
WAKTU	-0.404121
LAJU	1.40145
SUWU*WAKTU	-7.78098E-04
SUWU*LAJU	-0.00380477
WAKTU*LAJU	0.00727879

Tabel 3 menunjukkan p_{value} yang diperoleh lebih dari angka signifikansi yang ditetapkan yaitu 0,05. p_{value} laju alir $0,015 < 0,05$ dan uji *lack of fit* $0,130 > 0,05$. Hal ini berarti terdapat variabel yang signifikan berpengaruh terhadap respon serta model orde I

masih sesuai. Namun uji parameter regresi secara serentak diperoleh $p_{value} = 0,206 > 0,05$, berarti secara keseluruhan variabel independen tidak mewakili. Sehingga model orde I tidak cocok untuk wilayah eksperimen dan model dengan orde yang lebih tinggi dibutuhkan untuk analisis.

Desain dan Analisis Orde II

Tabel 4. Level dan Nilai Level Eksperimen Orde II

Kode Level	-1.682	-1	0	1	1.682
x_1	615.91	650	700	750	784.089
x_2	-6.932	5	22.5	40	51.932
x_3	106.364	120	140	160	173.636

Tabel 4 menunjukkan pengkodean eksperimen II untuk variabel x_1 , x_2 dan x_3 (suhu, waktu dan laju alir umpan). Pada eksperimen orde II digunakan *Central Composite Design* (CCD), dengan penambahan 6 titik aksial dan nilai rotabilitasnya $(2^3)^{1/4} = 1,682$.

Tabel 5. Analisis Regresi dan ANOVA Orde II

Response Surface Regression: konv versus suhu, laju

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for konv

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1741.20	420.354	-4.142	0.000
suhu	4.25	1.143	3.728	0.002
laju	4.09	1.432	2.852	0.002
suhu*suhu	0.00	0.003	-0.000	0.993
laju*laju	0.02	0.002	-4.049	0.000

S = 11.0976 DMS = 5922.12
R-Sq = 74.88% R-Sq(pred) = 62.48% R-Sq(adj) = 72.01%

Analysis of Variance for konv

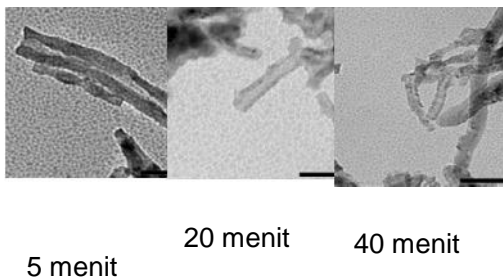
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	12641.9	12642	3160.5	26.25	0.000
Linear	2	9377.0	2799	1399.4	11.55	0.000
Quadratic	2	3264.9	2284	1142.0	9.47	0.000
Interaction	1	1277.0	1277.0	1277.0	10.66	0.001
Residual Error	38	4240.9	4241	111.6		
Lack of Fit	4	1053.6	1054	262.9	2.26	0.051
Pure Error	34	3187.3	3187	94.6		
Total	42	16882.7				

Estimated Regression Coefficients for konv using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-1741.20
suhu	4.20553
laju	4.88565
suhu*suhu	-0.00294759
laju*laju	-0.0206518

Tabel 5 menunjukkan interpretasi output *response surface* orde II. Hasil pemodelan orde dua awal, waktu mempunyai angka p_{value} 0,097 dibandingkan dua variabel lainnya sebesar 0,000 untuk suhu dan 0,001 untuk laju alir. Maka variabel waktu diambil sebagai patokan yang merupakan bentuk penyederhanaan (simplifikasi). Hasil taksiran pada Tabel 5 berdasarkan analisis model orde II adalah :

$$y = -1741,2 + 4,20553 x_1 + 4,88565x_3 - 0,00294x_1^2 - 0,02065x_3^2 \quad (3)$$

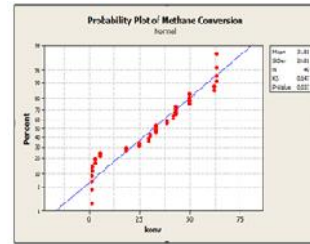


Gambar 2. Hasil SEM (50 nm) Pengaruh waktu reaksi terhadap pertumbuhan karbon

Wulan (2011) melaporkan seperti pada Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu 20 menit merupakan waktu terbaik. Jumlah karbon yang terdeposisi lebih banyak pada waktu 20 menit sekitar 86% dengan katalis hampir seluruhnya digunakan untuk produksi karbon. Pada menit ke-40 CNT mulai dipengaruhi oleh karbon berkualitas rendah. Kecenderungan laju pertumbuhan rata-rata menunjukkan penurunan produktivitas sesudah 40 menit karena hilangnya aktivitas katalis selama reaksi dan berimplikasi pada cacatnya struktur CNT. Semakin lama waktu reaksi maka morfologi CNT akan terlihat semakin banyak karbon amorf terbentuk akibat deaktivasi katalis.

Dari Tabel 5 diatas pendugaan model orde kedua untuk konversi metana terhadap variabel respon dilakukan beberapa uji. Pengujian koefisien regresi secara individu menunjukkan $p_{value} < 0,05$ berarti variabel-variabel tersebut mempunyai pengaruh signifikan terhadap respon. Pengujian koefisien regresi secara serentak diperoleh $p_{value} < 0,05$. Berarti terdapat variabel dari suhu maupun laju yang memberikan kontribusi signifikan terhadap model yang terbentuk. Uji kesesuaian model dengan *lack of fit* diperoleh p_{value} sebesar 0,051 sehingga

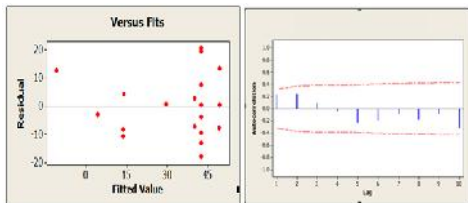
model yang diperoleh pada orde II telah sesuai. Pengujian asumsi residual dilakukan dengan tiga asumsi uji identik, independen dan distribusi normal.



Gambar 5 Uji kenormalan residual model *response surface*

Pengujian Pendugaan Model Orde II Untuk Respon Konversi Metana

Gambar 3 menunjukkan uji identik hubungan plot residual dengan *fitted value*, bertujuan untuk memeriksa apakah varians residual dari model yang diperoleh sama penyebarannya (*homokedastisitas*). Residual tersebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa asumsi residual identik terpenuhi.

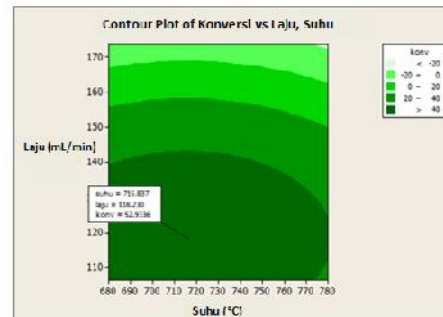


Gambar 3 Hubungan residual dengan *fitted value* untuk konversi metana

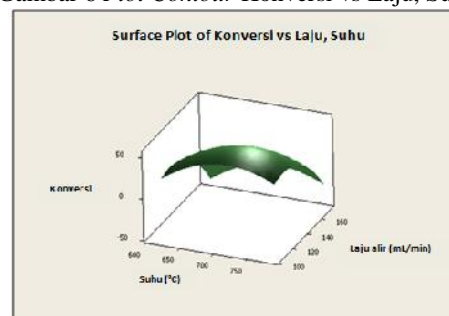
Gambar 4 *Autocorrelation Function* untuk konversi metana

Gambar 4 menunjukkan uji independen, bertujuan untuk mengetahui apakah ada dependensi antara residual pada pengamatan dengan waktu tertentu. Residual independen pada *Autocorrelation Function* (ACF) berada pada interval $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$. Untuk model orde II asumsi independen telah terpenuhi karena nilai ACF berada pada interval 0,632.

Gambar 5 menunjukkan uji distribusi normal untuk mengamati penyimpangan model dan titik residual harus mendekati garis lurus yang ditentukan. Uji ini dilakukan dengan membandingkan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (KS) output dengan tabel. Nilai statistik Kolmogorov-Smirnov output $0,147 < 0,210$ (Nur Iriawan, 2006) sehingga uji kenormalan residual telah mengikuti distribusi normal.



Gambar 6 *Plot Contour* Konversi vs Laju, Suhu



Gambar 7 *Plot permukaan respon*

Gambar 6 menunjukkan *plot contour* pengaruh suhu dan laju alir. Sedangkan *plot permukaan respon* dalam Gambar 7 menampilkan *plot contour* dalam tiga dimensi yang membentuk puncak optimum. Hasil penelitian diperoleh kondisi optimum proses untuk mendapatkan respon pada suhu 716°C dan laju alir CH₄ 118 mL/min dengan hasil konversi 52,93%.

Pengaruh Variabel Proses Terhadap Respon Konversi Metana

Suhu reaksi sangat berpengaruh pada terjadinya reaksi kimia. Laju reaksi kimia termasuk dekomposisi metana, akan bertambah dengan naiknya temperatur hingga tercapainya kondisi kesetimbangan. Hal ini terjadi karena reaksi dekomposisi metana merupakan reaksi endotermik sehingga peningkatan suhu reaksi mengakibatkan konversi semakin tinggi.

Pengaruh suhu reaksi terhadap laju spesifik pembentukan karbon adalah bahwa laju reaksi awal semakin tinggi namun juga semakin cepat turun seiring meningkatnya suhu (Sergei, 2004). Tetapi semakin tinggi suhu, pembentukan karbon berlebih akan menutupi permukaan katalis sehingga menyebabkan terjadinya enkapsulasi partikel katalis (Piao, Li,

Chen, Chang, & Lin, 2002; Snoeck, Froment, & Fowles, 1997). Semakin tinggi suhu reaksi, maka semakin cepat terjadinya deaktivasi.

Hasil RSM menunjukkan suhu optimum yang mempengaruhi besarnya konversi metana adalah 716°C. Pada suhu 600°C besarnya konversi CH₄ adalah 15,737% dan pada suhu 750°C sebesar 22,243%. Pertambahan suhu reaksi setelah 700°C akan menurunkan kualitas karbon yang terbentuk. Kemurnian H₂ dan konversi CH₄ mencapai nilai maksimal pada suhu 700°C yaitu 44,057 % dan 34,744%. (Wulan, 2011).

Variasi laju alir umpan diperlukan karena kenaikan laju alir umpan akan meningkatkan konversi CH₄. Hal ini disebabkan adanya peningkatan tumbukan antar molekul reaktan. Namun, pada nilai laju alir tertentu, konversi akan cenderung konstan walaupun laju alir terus ditingkatkan karena laju difusi eksternal telah mencapai maksimum. Produk karbon akan semakin bertambah dan konversi metana berkurang dengan peningkatan laju alir CH₄ (Shuanglin Zhan, 2007).

Peningkatan laju alir metana (F) dengan berat katalis (W) tetap menunjukkan bahwa semakin pendeknya waktu kontak (W/F) akan meningkatkan *yield* karbon. Naiknya laju alir di antara 40 - 120 mL/menit akan

mendorong ke arah reaksi dekomposisi sehingga diperoleh CNT lebih banyak (Wulan, 2011).

KESIMPULAN

Variabel suhu reaksi, waktu reaksi dan laju alir umpan mempunyai korelasi terhadap respon konversi metana secara signifikan, dengan nilai (tingkat signifikansi) pada variabel suhu reaksi 0,001 dan laju alir umpan 0,002 (dengan *confidence level* 95%).

Komposisi masing-masing variabel pada proses dekomposisi katalitik metana untuk mendapatkan konversi metana yang optimum adalah pada suhu 716°C, waktu reaksi 20 menit dan laju alir umpan 118 mL/menit. Hasil komposisi masing-masing variabel pada konversi metana menunjukkan optimasi dengan bentuk kurva tiga dimensi yang memuncak (maksimum).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana yang diberikan oleh Hibah Kompetisi Pengembangan Ilmu dan Pengetahuan Teknologi 2013. Penulis juga mengucapkan terima kasih pada

Ernawati atas kerja samanya selama ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] V.M.SIVAKUMAR,A.Z.ABDULLA H, A.R.MOHAMED, S.P.CHAH. 2010. *Studies on Carbon Nanotube Synthesis via Methane CVD Process Using CoOx as Catalyst on Carbon Support*. Journal of Nanomaterials and Biostructure
- [2] Pembangun Dyah Kencana Wulan, Praswasti. 2011. Reaksi Dekomposisi Metana Dengan Katalis Ni-Cu-Al Untuk Produksi Carbon Nanotube : Kinetika Reaksi dan Pemodelan Reaktor. Disertasi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [3] Yuni Parinduri, Wilda. 2011. Pengaruh Kondisi Operasi Terhadap Pertumbuhan Nanokarbon Melalui Dekomposisi Katalitik Metana. Skripsi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [4] Muradov, Nazim. 2000. *Termocatalytic CO₂-Free Production of Hydrogen From Hydrocarbon Fuels*. Journal of Proceedings of the 2000 Hydrogen Program Review, NREL/CP-570-28890
- [5] Furimsky, Edward. 2008. *Carbons and Carbon-Supported Catalyst in Hydroprocessing*. Canada: IMAF GROUP

- [6] Shuanglin Zhan, Yajun Tian, Yanbin Cui, Hao Wu, Yonggang Wang, Shufeng Ye, Yunfa Chen. 2007. Effect Process Conditions on the Synthesis of Carbon Nanotubes by Catalytic Decomposition of Methane. *China Particuology*; 213-219
- [7] Wahjudi, Didik. Aplikasi Metode Response Surface Untuk Optimasi Kualitas Warna Minyak Goreng. Center for Quality Improvement Fakultas Teknik Industri Universitas Kristen Petra
- [8] Jarrah, Nabel. 2009. Studying the Influence of Process Parameters on the Catalytic Carbon Nanofibers Formation Using Factorial Design. *Chemical engineering Journal* 151: 367-371
- [9] Jangan Ashok, Machiraju Subrahmanyam, Akula Venugopal. 2008. Hydrotalcite Structure Derived Ni-Cu-Al catalyst for the Production of H₂ by CH₄ Decomposition. *Hydrogen Energy*: 2704-2713
- [10] I Suelves, M.J Lazaro, R. Moliner, B.M Corbella, J.M Palacios. 2005. Hydrogen Production by Thermocatalytic Decomposition of Methane on Ni-based Catalyst : Influence of Operating Conditions on Catalyst Deactivation and Carbon Characteristics. *Hydrogen Energy*: 1555-1567
- [11] Nur Iriawan dan Septin, PA.2006. Mengolah data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. ANDI OFFSET, Yogyakarta
- [12] Momen, Awad A., Zachariadis, George, N. Anthemidis, Aristidis & Stratis, John. 2006. Use of Fractional Factorial Design For Optimization of Digestion Procedure Followed by Multi-Element Determination of Essential and Non-Essential Elements in Nuts Using ICP-OES Technique. *Statistics* ; 77 : 443-451
- [13] Nuryanti dan Djati H Salimy.2008. Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya Pada Optimasi Eksperimen Kimia. *Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir* ; 373-391

TANYA JAWAB

Pemakalah : praswati PDK wulan

Penanya : Wahyu Utomo

Pertanyaan:

Apakah menggunakan Analisis Metode lain pada pemodelan ini?

Jawaban

Memakai Software Consol dan Consol faktorial dengan sistem blo