

Optimasi Aktivasi Bentonit Lokal Riau sebagai Adsorben Proses Dehidrasi Etanol Menggunakan Rancangan Percobaan *Response Surface Methode-Central Composite Design (RSM-CCD)*

Afrizal, Amun Amri, Sunarno

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru-Riau

Email: af_fampii@yahoo.com.my

Abstrak

Penelitian optimasi aktivasi bentonit lokal Riau sebagai adsorben pada proses Dehidrasi Etanol telah dilakukan. Optimasi dilakukan dengan pendekatan statistik menggunakan *Response Surface Methode-Central Composite Design (RSM-CCD)* dengan faktor yang ditinjau adalah pengaruh konsentrasi larutan asam HNO_3 (X_1), suhu pemanasan (X_2) dan waktu pemanasan (X_3) terhadap daya jerap adsorben. Dari percobaan diperoleh model pengaruh variabel proses aktivasi terhadap respon daya jerap yaitu % Jerap = $10,652 + 1,292X_1 + 1,481X_2 - 0,986X_1^2 + 1,596X_1X_3$, dimana variabel suhu merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap daya jerap. Dari plot kontur dan respon permukaan diperoleh prediksi kondisi operasi aktivasi optimum pada konsentrasi HNO_3 0,88N, Suhu 85, 23 °C dan waktu aktivasi 3 jam 20 menit.

Kata kunci: bentonit lokal Riau, dehidrasi etanol, optimasi aktivasi, RSM-CCD.

1. Pendahuluan

Adanya krisis bahan bakar dan isu lingkungan terutama untuk kendaraan bermotor mendorong inovasi dalam mencari alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan. Premium merupakan salah satu bahan bakar konsumsi yang sangat tinggi pertumbuhannya di Indonesia yaitu sebesar 12 persen per tahun (Purnama, 2006). Kebutuhan premium Indonesia pada tahun 2008 adalah 16,97 kiloliter dan diprediksi meningkat konsumsinya pada tahun 2009 sebesar 20,44 juta kiloliter (Bisnis.com). Mengingat sepertiga dari kebutuhan ini diimpor dari luar negeri maka perlu dicarikan solusi untuk mengatasi masalah ini. Etanol merupakan salah satu solusi untuk mengurangi masalah ketergantungan bahan bakar yang diimpor. Pemakaian etanol pada premium digunakan sebagai aditif premium pengganti fungsi MTBE (Metil Tertier Butil Eter) untuk menaikkan angka oktan premium.

Penggunaan etanol pada premium sebagai aditif, menggunakan etanol dengan kemurnian yang sangat tinggi yakni sebesar 99,9 persen (Friedl, *et al.*, 2004). Pemurnian etanol biasanya dilakukan dengan menggunakan proses destilasi. Namun pada proses destilasi kemurnian etanol hanya diperoleh kemurnian sebesar 95,6 persen karena adanya azeotrop. Disamping itu proses destilasi menggunakan energi yang cukup besar. Sehingga perlu dicari alternatif proses salah satunya adalah proses adsorpsi. Adsorpsi melibatkan perpindahan massa dan menghasilkan kesetimbangan distribusi dari satu atau lebih larutan antara fasa cair dan partikel. Bahan yang banyak digunakan sebagai adsorben pada proses dehidrasi etanol adalah ZSM-5 (Benson, 2003). Pada penelitian ini adsorben ZSM-5 diganti dengan menggunakan bentonit.

Bentonit sangat menarik untuk diteliti karena lempung ini mempunyai struktur yang berlapis dan memiliki kemampuan untuk mengembang (*swelling*) dan memiliki kation-kation yang dapat ditukarkan. Meskipun bentonit sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas. Kelemahan ini dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam (HCl , H_2SO_4 , dan HNO_3) sehingga dapat dihasilkan bentonit dengan kemampuan jerap yang lebih baik.

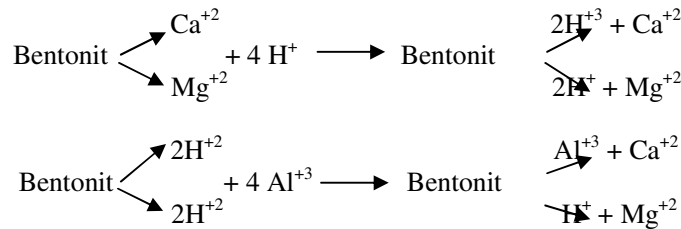
Aktivasi bentonit dilakukan untuk menaikkan kapasitas adsorpsi dan mendapatkan sifat bentonit yang diinginkan. Dalam keadaan awal, bentonit memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah tetapi melalui aktivasi (penambahan asam dan pemanasan) daya adsorpsinya akan meningkat (Setyanto, 2008).

Dalam hal ini, montmorillonit mempunyai struktur bertingkat dan kapasitas pertukaran ion yang aktif di bagian dasar. Oleh karena itu, strukturnya dapat diganti seperti struktur bagian dasar dengan cara penambahan asam. Asam tersebut akan menyebabkan penggantian ion-ion K^+ , N^+ dan

Ca⁺ dengan H⁺ dalam ruang interlamelar, serta akan melepaskan ion-ion Al⁺³, Fe⁺³ dan Mg⁺² dari kisi strukturnya sehingga menjadikan bentonit lebih aktif.

Aktivasi bentonit dipengaruhi oleh konsentrasi asam. Selain itu, perlu diperhatikan sifat dasar, distribusi ukuran pori, keasaman dan nilai SiO₂, atau Al₂O₃ dalam bentonit. Faktor-faktor tersebut bergantung juga kepada komposisi mineral lempung *bleaching earth* serta metoda aktivasinya. Aktivasi yang dilakukan dengan asam menimbulkan 3 tahap proses:

1. Mula-mula asam melarutkan komponen Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO dan MgO yang mengisi pori-pori adsorben. Hal ini menyebabkan terbukanya pori-pori yang tertutup sehingga menambah luas permukaan adsorben.
2. Selanjutnya ion-ion Ca⁺² dengan Mg⁺² yang berada permukaan adsorben diganti oleh ion-ion dari asam.
3. Sebagian ion H⁺ yang telah menggantikan ion Ca⁺² dan Mg⁺² akan ditukar oleh ion Al⁺² yang telah larut dalam larutan asam dengan reaksi:



Potensi bahan galian bentonit di Propinsi Riau terdapat di Kabupaten Kuantan Singingi dan Kampar (Distamben Propinsi Riau, 2004). Tabel 1 menunjukkan karakteristik bentonit Riau khususnya di Kabupaten Kampar dapat diketahui bahwa secara fisik bentonitnya berwarna abu-abu, bersifat lunak. Kandungan Na-nya lebih tinggi daripada kandungan Ca-nya, sehingga bentonit ini dikategorikan sebagai Na-bentonit. Proses pembentukan bentonit ini berasal dari proses pelapukan secara alamiah yang ditandai oleh komposisi kandungan magnesiumnya relatif kecil yaitu antara 0,78% sampai dengan 1,86%.

Tabel 1. Data Hasil Karakterisasi Riau (Kabupaten Kampar Desa Gema)

No	Parameter	Bentonit Lipat Kain (Desa Gema)
1	Warna	Abu-abu
2	pH	Netral
3	Kadar Air, %	0,75
4	SiO ₂ , %	63,50 - 68, 24
5	Al ₂ O ₃ , %	3,49 - 9,58
6	Fe ₂ O ₃ , %	0,79 - 2,34
7	CaO, %	1,81 - 2,12
8	Na ₂ O, %	1,50 - 2,90
9	MgO, %	0,78 - 1,86

Sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau, 2004.

Kondisi proses aktivasi bentonit pada penelitian ini dirancang dengan pendekatan statistik menggunakan metode *Response Surface Methodology-Centre Composite Design* (RSM-CCD). Dengan metode ini dapat diketahui bagaimana kombinasi proses yang cukup baik untuk menghasilkan adsorben bentonit dengan kemampuan daya jerap yang terbaik. Disamping itu, dalam metode ini juga ditinjau pengaruh interaksi antar variabel.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah bentonit dengan distribusi ukuran partikelnya 20-40 mesh yang berasal dari Desa Gema, Lipatkain, Kabupaten Kampar, etanol 96 %, HNO₃, dan akuades.

2.2. Rancangan percobaan

Pada penelitian ini digunakan RSM CCD tiga faktor untuk menentukan batasan dan level masing-masing percobaan, serta rancangan percobaan. Rancangan percobaan menggunakan kecocokan model CCD dengan 3 faktor, masing-masing faktor terdiri dari 5 level, dan 6 titik pusat (Montgomery, 2001). Variabel independen yang dipilih pada penelitian ini adalah konsentrasi HNO₃, suhu pemanasan aktivasi, waktu aktivasi. Batasan level yang digunakan untuk tiap variabel terlihat dalam Tabel 2. Harga α untuk *central composite design* ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\alpha = (F)^{1/4} \quad (1)$$

dimana $F = 2^k$, k merupakan jumlah faktor (variabel bebas). Karena dalam percobaan ini terdapat 3 variabel bebas, maka dari persamaan 1 diperoleh nilai α sebesar 1,682.

Tabel 2. RSM dengan kecocokan model CCD pada kondisi aktivasi bentonit

Perlakuan	Satuan	Level				
		$-\alpha$	-1	0	1	α
Konsentrasi (x_1)	N	0,1636	0,3	0,5	0,7	0,8634
Suhu (x_2)	⁰ C	35	45	60	75	85
Waktu (x_3)	Jam	1,66	2	2,5	3	3,34

Bentonit yang dipakai pada penelitian ini berasal dari Desa Gema Kecamatan Kampar Kiri Hulu Kabupaten Kampar. Mula-mula bentonit dibersihkan dan dikeringkan kemudian digiling dengan menggunakan *crusher* dan diayak (*screening*) untuk memperoleh ukuran distribusinya 20 hingga 40 mesh. Kemudian proses aktivasi dilakukan sebagai berikut: Bentonit dipanaskan pada suhu 80⁰C selama 3 jam. Timbang berat masing-masing bentonit untuk aktivasi sebesar 10 gram. Tambahkan masing-masing bentonit tersebut dalam larutan HNO₃ dengan normalitas yang telah ditetapkan (variabel 1). Campuran tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 20 rpm (Gambar 1.a) pada suhu yang ditetapkan (variabel 2) dan selama waktu yang telah ditetapkan (variabel 3). Setelah proses pemanasan selesai bentonit kemudian dibilas dengan akuades sampai pH akuades netral. Keringkan bentonit pada suhu 100⁰C selama 4 jam hingga bentonit benar-benar kering.

Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi vakum. Rangkaian penelitian ini adalah sebagai berikut: labu didih diisi dengan etanol sebanyak 500 ml, lalu ukur kadarnya terlebih dahulu dengan menggunakan alkoholmeter. Pada kolom adsorpsi dimasukkan 5 gram bentonit yang telah diaktifkan. Kemudian kolom adsorpsi dipasang pada salah satu lubang seperti pada Gambar 1.b. Labu yang berisi etanol dipanaskan dalam mantel untuk menguapkan etanol dan air pada suhu 80 hingga 100⁰C. Uap etanol kemudian dialirkan ke kondenser dan kondensatnya ditampung dalam erlenmeyer bersih. Pemanasan dihentikan jika tidak ada kondensat menetes lagi di erlenmeyer. Etanol di dalam erlenmeyer kemudian dimasukkan ke gelas ukur 100 ml untuk diukur kadarnya dengan menempatkan alkoholmeter di gelas tersebut.

Rangkaian peralatan aktivasi adsorben dan proses aktivasi dapat di lihat pada gambar 1a dan 1b. Rangkaian peralatan aktivasi terdiri dari *hot plate* (1), *magnetic stirrer* (2), erlenmeyer (3) dan termometer digital (4). Rangkaian peralatan adsorpsi terdiri atas manthel (1), labu leher 3 (2), termometer (3), kolom adsorben (4), slang plastik 3/4 (5), kondenser (6) dan erlenmeyer (7).

2.3. Analisis hasil penelitian

Data hasil percobaan dan variabel bebas diolah dengan menggunakan Minitab 14 untuk memperoleh model matematika dengan RSM CCD dan dioptimalkan dengan menggunakan *solver*

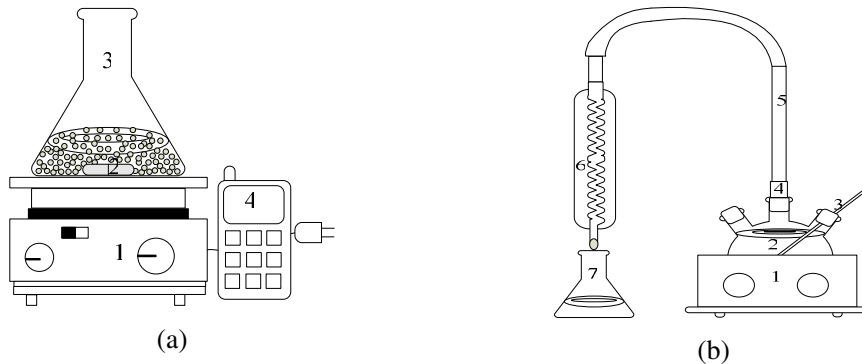
excel pada Office 2003. RSM CCD merupakan metode yang meliputi: perancangan percobaan, pengembangan model matematis dan penentuan harga optimum untuk variabel berubah sehingga diperoleh hasil maksimum atau minimum. Dengan RSM diperoleh persamaan polinomial kuadratik yang dapat digunakan untuk memperkirakan hasil yang merupakan fungsi variabel berubah serta interaksinya. Secara umum hasil yang diperoleh dapat diperkirakan menurut persamaan (2).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (2)$$

Keakuratan model matematis terhadap data hasil percobaan diperiksa dengan *analysis of variance* (ANOVA) menggunakan Uji-F. Ketepatan parameter persamaan untuk masing-masing suku di lihat dari uji parsial nilai *p-value* dan nilai-t. Response permukaan tiga dimensi dan grafik kontur yang dihasilkan digunakan untuk mengetahui apakah pengaruh variabel percobaan terhadap hasil yang diperoleh. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah persentase penjerapan bentonit terhadap air yang terdapat pada etanol, yang dapat dihitung menurut persamaan:

$$\% \text{ Daya Jerap} = \frac{\left[\frac{C_{Et,f} - C_{Et,0}}{C_{Et,0}} \right] \times 100 \% \text{ air}}{\text{Berat adsorben awal}} \quad (3)$$

Keterangan: $C_{Et,f}$ = Persentase etanol setelah penjerapan, $C_{Et,0}$ = Persentase etanol sebelum penjerapan dengan satuan dengan satuan $\frac{\% \text{ air}}{\text{gram adsorben}}$



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Aktivasi (a) dan Proses Adsorpsi (b).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Persamaan RSM-CCD.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan rancangan percobaan yang diacak oleh Minitab 14, diperoleh data persentase daya jerap adsorben untuk setiap variasi variabel proses (2 kali ulangan) tersaji pada Tabel 3. Dari tabel ini kemudian dilakukan pengolahan data sehingga mendapatkan persamaan awal aktivasi bentonit dengan respon daya jerap adalah:

$$\% \text{ Jerap} = 10,652 + 1,292X_1 + 1,481X_2 + 0,587X_3 - 0,986X_1^2 - 0,175X_2^2 - 0,491X_3^2 + 0,411X_1X_2 + 1,596X_1X_3 - 0,411X_2X_3 \quad (4)$$

Respon *surface* dan plot kontur dapat dilihat pada gambar 2 dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 58,9%. Ini menunjukkan bahwa variabel bebas hanya memiliki pengaruh 58,9 % terhadap daya jerap.

Keakuratan model ini juga dilakukan dengan menggunakan uji regresi. Karena tujuan dari uji hipotesis adalah mengurangi residual error. Pengujian regresi dilakukan dengan menggunakan analisis varians (ANOVA) uji F dan uji t.

Tabel 3. Daya Jerap Adsorben.

No.	Nilai Sebenarnya			Variabel Alias			Respon: Daya Jerap % air/gr adsorben
	Konsentrasi (N)	Suhu (⁰ C)	Waktu (Jam)	Konsentrasi (X ₁)	Suhu (X ₂)	Waktu (X ₃)	
1	0,5	35	2,5	0	-1,682	0	10,08
2	0,5	60	2,5	0	0	0	12,62
3	0,5	60	2,5	0	0	0	10,53
4	0,5	35	2,5	0	-1,682	0	10,08
5	0,7	45	2	1	-1	-1	2,22
6	0,3	75	2	-1	1	-1	10,22
7	0,5	85	2,5	0	1,682	0	10,67
8	0,3	75	3	-1	1	1	10,22
9	0,5	60	2,5	0	0	0	11,70
10	0,7	75	2	1	1	-1	11,68
11	0,8634	60	2,5	1,682	0	0	11,86
12	0,7	45	3	1	-1	1	10,67
13	0,5	60	2,5	0	0	0	6,97
14	0,7	75	3	1	1	1	12,71
15	0,5	60	2,5	0	0	0	11,69
16	0,3	75	3	-1	1	1	10,22
17	0,8634	60	2,5	1,682	0	0	11,87
18	0,5	60	2,5	0	0	0	12,62
19	0,3	45	2	-1	-1	-1	8,18
20	0,3	75	2	-1	1	-1	10,22
21	0,3	45	3	-1	-1	1	4,31
22	0,1636	60	2,5	-1,682	0	0	4,31
23	0,7	75	3	1	1	1	12,71
24	0,5	60	2,5	0	0	0	7,70
25	0,5	60	2,5	0	0	0	11,70
26	0,1636	60	2,5	-1,682	0	0	4,31
27	0,5	60	1,66	0	0	-1,682	8,67
28	0,5	60	2,5	0	0	0	10,52
29	0,3	45	2	-1	-1	-1	8,18
30	0,5	60	2,5	0	0	0	6,97
31	0,5	85	2,5	0	1,682	0	10,67
32	0,5	60	2,5	0	0	0	11,70
33	0,5	60	3,34	0	0	1,682	10,36
34	0,5	60	3,34	0	0	1,682	10,36
35	0,7	75	2	1	1	-1	11,86
36	0,7	45	2	1	-1	-1	2,22
37	0,7	45	3	1	-1	1	10,67
38	0,3	45	3	-1	-1	1	4,31
39	0,5	60	2,5	0	0	0	12,62
40	0,5	60	1,66	0	0	-1,682	8,67

3.2. Pengujian Model Regresi

Karena pengujian asumsi residual telah terpenuhi, maka pengujian model regresi layak untuk dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan persamaan pengaruh variabel terikat terhadap variabel independent. Pengujian model dilakukan dengan 3 cara (Kurniawan, 2008) yaitu:

a. Uji Simultan Model Regresi (Uji F)

Hasil pengujian model regresi secara simultan dengan hipotesa sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1 : Tidak semua $\beta_i = 0$

Dan statistik Uji F dengan $\alpha = 5 \%$ adalah:

Analysis of Variance for Dayajerap

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	193,68	193,68	21,520	4,77	0,001
Linear	3	114,90	114,90	38,299	8,50	0,000
Square	3	32,60	32,60	10,868	2,41	0,086
Interaction	3	46,18	46,18	15,393	3,41	0,030
Residual Error	30	135,24	135,24	4,508		
Lack-of-Fit	5	81,76	81,76	16,352	7,64	0,000
Pure Error	25	53,48	53,48	2,139		
Total	39	328,92				

Karena nilai $F_{hitung} > F_{0,05;3,36}$ yaitu sebesar 2,24 maka H_0 di tolak, jadi dapat dikatakan bahwa koefisien regresi (β) memiliki pengaruh terhadap daya jerap.

b. Uji Parsial

Karena pada uji simultan (uji F), diketahui bahwa koefisien regresi (β) memiliki pengaruh terhadap daya jerap, maka selanjutnya akan diselidiki, koefisien mana yang signifikan pada model dan mana yang tidak dengan statistik uji t pada $\alpha = 5 \%$ melalui hipotesa:

H_0 : $\beta_i = 0$

H_1 : $\beta_i \neq 0$

Hasilnya adalah sebagai berikut :

The analysis was done using coded units.
Estimated Regression Coefficients for Dayajerap

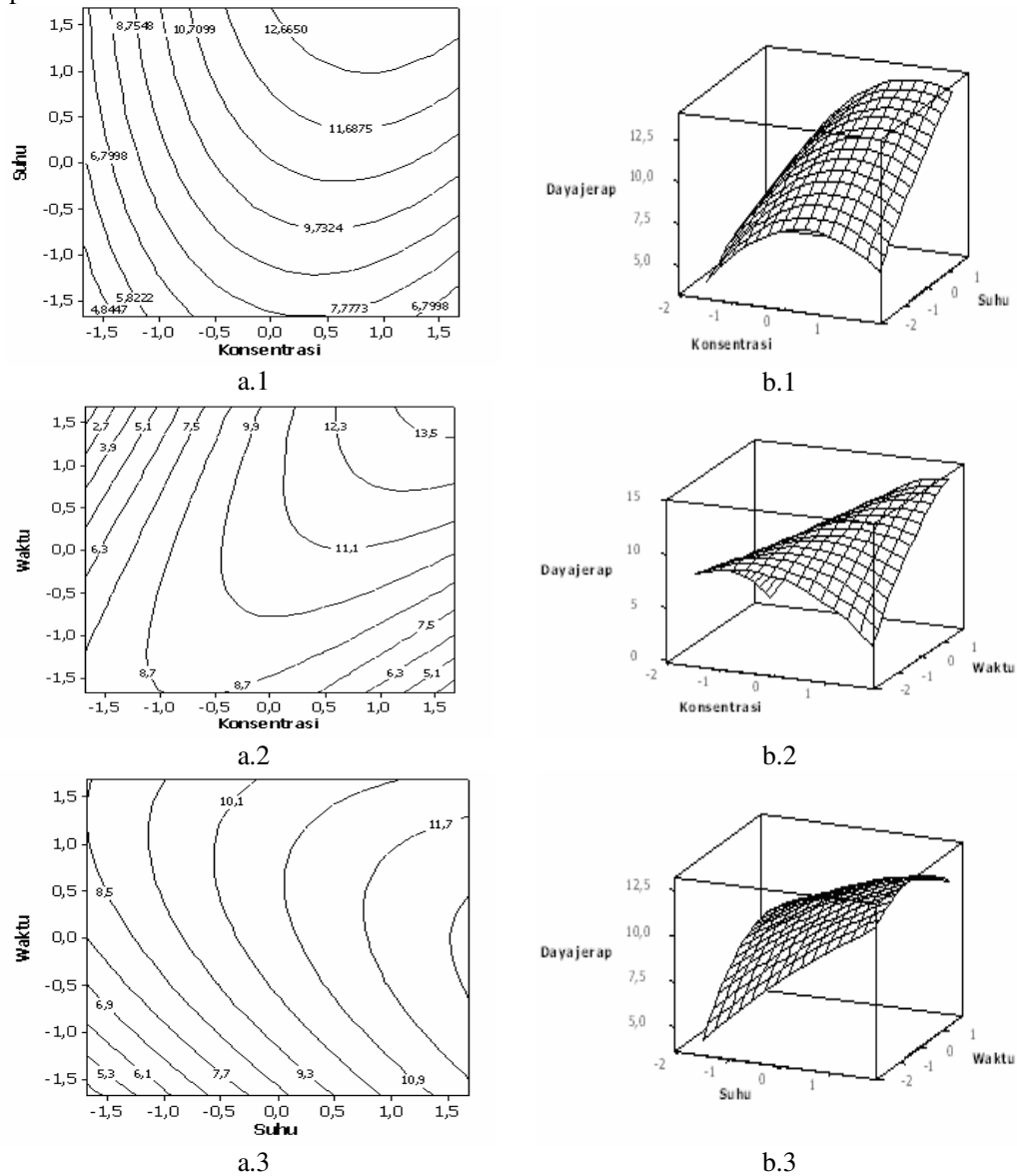
Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	10,6522	0,6123	17,397	0,000
Konsentrasi	1,2922	0,4063	3,181	0,003
Suhu	1,4805	0,4063	3,644	0,001
Waktu	0,5873	0,4063	1,446	0,159
Konsentrasi*Konsentrasi	-0,9864	0,3955	-2,494	0,018
Suhu*Suhu	-0,1750	0,3955	-0,443	0,661
Waktu*Waktu	-0,4915	0,3955	-1,243	0,224
Konsentrasi*Suhu	0,4112	0,5308	0,775	0,445
Konsentrasi*Waktu	1,5962	0,5308	3,007	0,005
Suhu*Waktu	-0,4113	0,5308	-0,775	0,445

Karena $t_{hitung} > t_{0,05;36}$ yaitu sebesar 1,689 maka hanya sebagian H_0 ditolak dan sebagian lagi H_0 diterima. Koefisien (β) pada model yang memiliki pengaruh terhadap daya jerap adalah konsentrasi (X_1), suhu pemanasan adsorben (X_2), konsentrasi kuadrat (X_1^2) dan interaksi konsentrasi dengan waktu (X_1*X_3). Pada hasil di atas ditunjukkan bahwa variasi suhu memiliki pengaruh terbesar terhadap daya jerap adsorben. Ini diketahui melalui uji t, pada uji tersebut ditunjukkan bahwa nilai t untuk variasi suhu adalah yang terbesar yaitu 3,644.

c. Pengambilan Keputusan dengan p -value

Keputusan yang diambil dari p -value hampir sama dengan keputusan uji simultan dan uji parsial di atas. Pada keputusan ini H_0 ditolak jika p -value yang diperoleh $<$ dari taraf nyata (level signifikansi) α pada 0,05. Koefisien (β) pada model yang memiliki pengaruh terhadap daya jerap adalah konsentrasi (X_1), suhu pemanasan adsorben (X_2), konsentrasi kuadrat (X_1^2) dan interaksi konsentrasi dengan waktu (X_1*X_3). Keputusan ini diambil karena nilai p -value koefisien variabel

tersebut $< 0,05$. Berdasarkan p-value maka variasi suhu memiliki pengaruh terbesar terhadap daya jerap adsorben.



Gambar 2. Plot Kontur (a) dan Respons Permukaan (b) Proses Aktivasi Bentonit dengan Respons Daya Jerap Adsorben

Berdasarkan uji ANOVA di atas maka persamaan yang diperoleh pada penelitian ini adalah:

$$\% \text{ Jerap} = 10,652 + 1,292X_1 + 1,481X_2 - 0,986X_1^2 + 1,596X_1X_3 \quad (5)$$

Gambar.2 menunjukkan plot kontur dan respons permukaan pengaruh tiga variabel proses terhadap daya jerap adsorben. Pada gambar 2.a.1 menunjukkan kontur pengaruh konsentrasi; suhu terhadap daya jerap. Pada gambar terlihat bahwa konsentrasi memberikan respons lebih baik daripada suhu, setiap perubahan konsentrasi terjadi perubahan respons. Hal yang sama terjadi pada gambar 2.a.2, pada gambar terlihat bahwa setiap perubahan konsentrasi dan waktu terjadi perubahan respons. Respons daya jerap yang paling baik pada penelitian ini terdapat pada gambar

2.a.3, pada gambar terlihat bahwa setiap perubahan suhu terjadi perubahan respon yang menuju titik optimal, hal ini tidak terjadi pada gambar 2.a.1 dan 2.a.2.

Pada gambar.2 plot kontur dan respons permukaan belum terlihat titik puncak (optimum) proses adsorpsi. Untuk menentukan titik optimum respons maka digunakan persamaan 5 dengan memakai *solver excel* pada office 2003. Sehingga hasil optimum respon daya jerap adsorben untuk variabel alias dari konsentrasi (X_1), suhu (X_2) dan waktu (X_3) adalah 1,917235; 1,682 dan 1,682; dan nilai variabel yang diperoleh pada titik tersebut adalah 0,88 N; 85,23 °C; 3 jam 20 menit dengan daya jerap sebesar 16,77%.

4. Kesimpulan

1. Persamaan yang diperoleh untuk aktivasi bentonit adalah persamaan orde 2 yaitu:
 $\% \text{ Jerap} = 10,652 + 1,292X_1 + 1,481X_2 - 0,986X_1^2 + 1,596X_1X_3$
2. Perubahan suhu mempunyai pengaruh terbesar pada aktivasi bentonit jika dibandingkan dengan konsentrasi dan waktu pemanasan.
3. Kemampuan jerap adsorben pada proses aktivasi menggunakan RSM-CCD memiliki titik maksimal optimum respon.
4. Hasil optimum respon daya jerap adsorben untuk variabel alias dari konsentrasi (X_1), suhu (X_2) dan waktu (X_3) adalah 1,917235; 1,682 dan 1,682; dan nilai variabel yang diperoleh adalah 0,88 N; 85,23 °C; 3 jam 20 menit dengan daya jerap sebesar 16,77%.

Daftar Pustaka

1. Amri, A. Fahrurozi, M. dan Supranto. 2004. "Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(III) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-mercaptobenzotiazol". Jurnal Natur Indonesia 6(2): 111-117 (2004)
2. Anonim. *Etanol*. www.wikipedia.com, 15 Februari 2007.
3. Anonim. Konsumsi Premium dan solar naik 5 %. Bisnis. Com . 3 Desember 2008
4. Benson, T.J. 2003. *Dehydration of an Ethanol/Water Mixture using Lignocellulosic Based Adsorbents*. Thesis, Chemical Engineering Mississippi State University.
5. Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau. 2004. *Laporan Akhir Penyelidikan Bahan Galian Bentonit, Batu Gamping, Dan Timah Di Kabupaten Singingi dan Kampar Propinsi Riau*, PT. Riodila Bumi Persada Konsultan Teknik. Pekanbaru.
6. Friedl, A. Pfeffer, M. and Wukovits, W. 2004. *Optimization of The Demand of Bioethanol Production by Process Integration*. Vienna University of Technology. afried@mail.zserv.tuwien.ac.at, 19 Februari 2007.
7. Iriawan, N. dan Astuti, S.P. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
8. Kurniawan, D. 2008. *Regressi Linier*. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://ineddeni.wordpress.com>, 28 Oktober 2008
9. Montgomery, D.C. 2001. *Design and Analysis of Experiments*, 5th ed. Arizona State of University. John Willey and Sons. Arizona.
10. Purnama, R. 2006. "Biofuel dan Kesejahteraan Petani". Makalah Temu Nasional Forum Anggota Muda Persatuan Insinyur Indonesia V. Yogyakarta.
11. Rosita, T.E. dan Moegihardjo, M. 2004. "Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit Sebagai Adsorben". Majalah Farmasi Airlangga. Vol.4 No.1
12. Setyanto, A. 2007. *Aktivasi Bentonit*. adhi_setyanto@asianagri.com. 10 maret 2008.
13. Sneanabrezovska. Biljanamarina. Biljanapanova. and Burevski, D. 2004. "The Adsorption Characteristics and Porous Structure of Bentonite Adsorbents as Determined from the Adsorption Isotherms of Benzene Vapor". Journal Serbian Chem.Soc. 69(2):145-155
14. Yusnimar dan Drastinawati. 2006. "Pemanfaatan Bentonit Sebagai Adsorben pada Proses Bleaching Minyak Sawit". Makalah Seminar Nasional Teknologi Petro-oleokimia Indonesia. Pekanbaru.