

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

Persen massa etanol yang telah mengalami proses adsorpsi ditampilkan pada tabel 4.1. Persen massa etanol pada tabel ini kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.1 (Tabel 4.2).

Tabel 4.1. Persentase Massa Etanol setelah Proses Adsorpsi

No.	Nilai Sebenarnya			Variabel Alias			%Massa Etanol Setelah Dijerap
	Konsentrasi (N)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (Jam)	Konsentrasi (X_1)	Suhu (X_2)	Waktu (X_3)	
1	0,5	35	2,5	0	-1,682	0	67,70
2	0,5	60	2,5	0	0	0	73,40
3	0,5	60	2,5	0	0	0	68,70
4	0,5	35	2,5	0	-1,682	0	67,70
5	0,7	45	2	1	-1	-1	50,00
6	0,3	75	2	-1	1	-1	68,00
7	0,5	85	2,5	0	1,682	0	69,00
8	0,3	75	3	-1	1	1	68,00
9	0,5	60	2,5	0	0	0	71,30
10	0,7	75	2	1	1	-1	71,70
11	0,8634	60	2,5	1,682	0	0	71,70
12	0,7	45	3	1	-1	1	69,00
13	0,5	60	2,5	0	0	0	60,70
14	0,7	75	3	1	1	1	73,60
15	0,5	60	2,5	0	0	0	71,30
16	0,3	75	3	-1	1	1	68,00
17	0,8634	60	2,5	1,682	0	0	71,70
18	0,5	60	2,5	0	0	0	73,40
19	0,3	45	2	-1	-1	-1	63,40
20	0,3	75	2	-1	1	-1	68,00
21	0,3	45	3	-1	-1	1	54,70
22	0,1636	60	2,5	-1,682	0	0	54,70
23	0,7	75	3	1	1	1	73,60
24	0,5	60	2,5	0	0	0	62,30
25	0,5	60	2,5	0	0	0	71,30
26	0,1636	60	2,5	-1,682	0	0	54,70
27	0,5	60	1,66	0	0	-1,682	64,50
28	0,5	60	2,5	0	0	0	68,00
29	0,3	45	2	-1	-1	-1	63,40
30	0,5	60	2,5	0	0	0	60,70
31	0,5	85	2,5	0	1,682	0	69,00
32	0,5	60	2,5	0	0	0	71,30
33	0,5	60	3,34	0	0	1,682	68,30
34	0,5	60	3,34	0	0	1,682	68,30
35	0,7	75	2	1	1	-1	71,70
36	0,7	45	2	1	-1	-1	50,00
37	0,7	45	3	1	-1	1	69,00
38	0,3	45	3	-1	-1	1	54,70
39	0,5	60	2,5	0	0	0	73,40
40	0,5	60	1,66	0	0	-1,682	64,50

Tabel 4.2 Daya Jerap Adsorben Berdasarkan Persamaan 3.1

No.	Nilai Sebenarnya			Variabel Alias			Respon: Daya Jerap % air/gr adsorben
	Konsentrasi (N)	Suhu (°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

Data pada tabel 4.2 selanjutnya diolah dengan menggunakan rancangan percobaan yang diacak oleh Minitab 14. Pengolahan data dengan menggunakan *software* Minitab 14 menghasilkan nilai tafsiran parameter model dan tabel anova (level signifikansi 5%) sebagai berikut:

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Central Composite Design

Factors: 3 Replicates: 2
Base runs: 20 Total runs: 40
Base blocks: 1 Total blocks: 1

Two-level factorial: Full factorial

Cube points: 16
Center points in cube: 12
Axial points: 12
Center points in axial: 0

Alpha: 1,68179

Response Surface Regression: Dayajerap versus Konsentrasi; Suhu; Waktu

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

S = 2,123 R-Sq = 58,9% R-Sq(adj) = 46,5%

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				

Estimated Regression Coefficients for Dayajerap using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	10,6522
Konsentrasi	1,29221
Suhu	1,48051
Waktu	0,587281
Konsentrasi*Konsentrasi	-0,986428
Suhu*Suhu	-0,175023
Waktu*Waktu	-0,491453
Konsentrasi*Suhu	0,411250
Konsentrasi*Waktu	1,59625
Suhu*Waktu	-0,411250

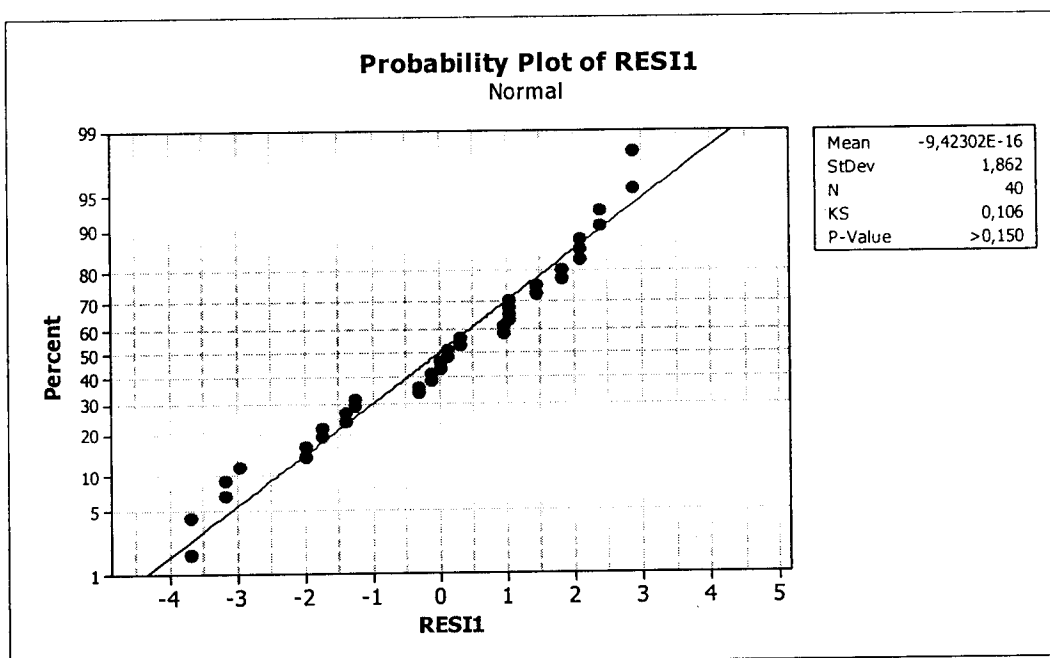
4.2. Pengujian Asumsi

Sebelum melakukan analisa dan interpretasi lebih lanjut terhadap model regresi yang dihasilkan, maka dilakukan beberapa uji asumsi sebagai berikut:

4.2.1. Pengujian Asumsi Residual

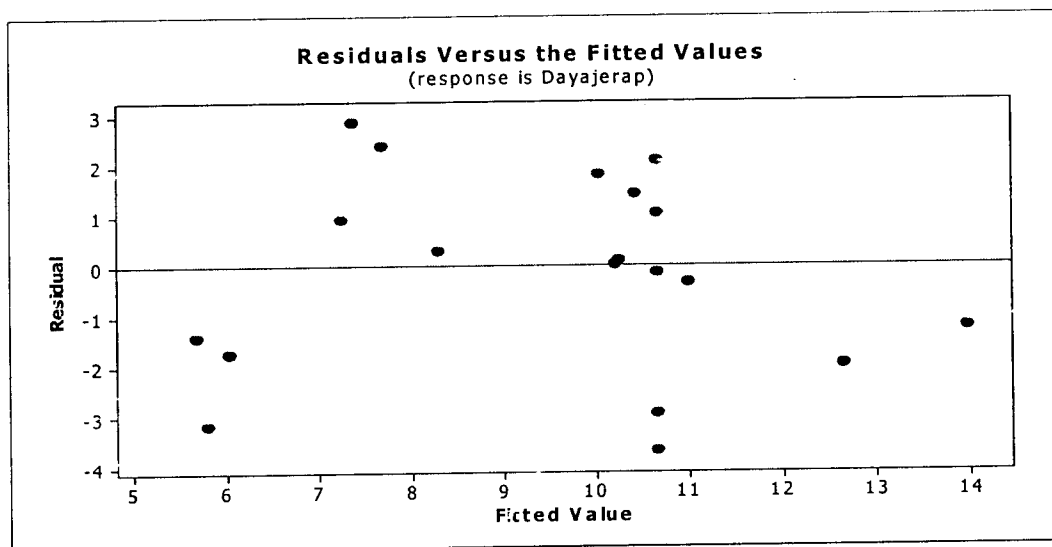
Untuk memeriksa kecukupan model regresi untuk melihat pengaruh variabel terikat (respon/y) perlu dilakukan analisa residual. Ada tiga hal yang dilakukan dalam analisa residual, yaitu memeriksa kenormalan residual model, memeriksa plot antara residual dengan taksiran model dan memeriksa plot antara residual dengan order model (X_{ij}).

Uji kenormalan residual dapat dilakukan secara kualitatif dengan uji kenormalan maupun secara kuantitatif menggunakan tabel statistik Kolmogorov-Smirnov (Iriawan, 2006). Secara kualitatif berdasarkan kurva uji kenormalan residual (gambar 4.1) terlihat bahwa sebaran data cenderung tersebar di sekitar garis lurus, hal ini mengindikasikan asumsi kenormalan tidak dilanggar. Secara kuantitatif, dari gambar terlihat nilai statistik Kolmogorov-Smirnov adalah sebesar 0,106, nilai ini lebih kecil dari patokan pada tabel Kolmogorov-Smirnov yaitu 0,189 (uji dua arah, 40 data pengamatan, $\alpha = 0,05$), oleh karena itu kesimpulan hasil uji kenormalan residual adalah residual model telah mengikuti distribusi normal.

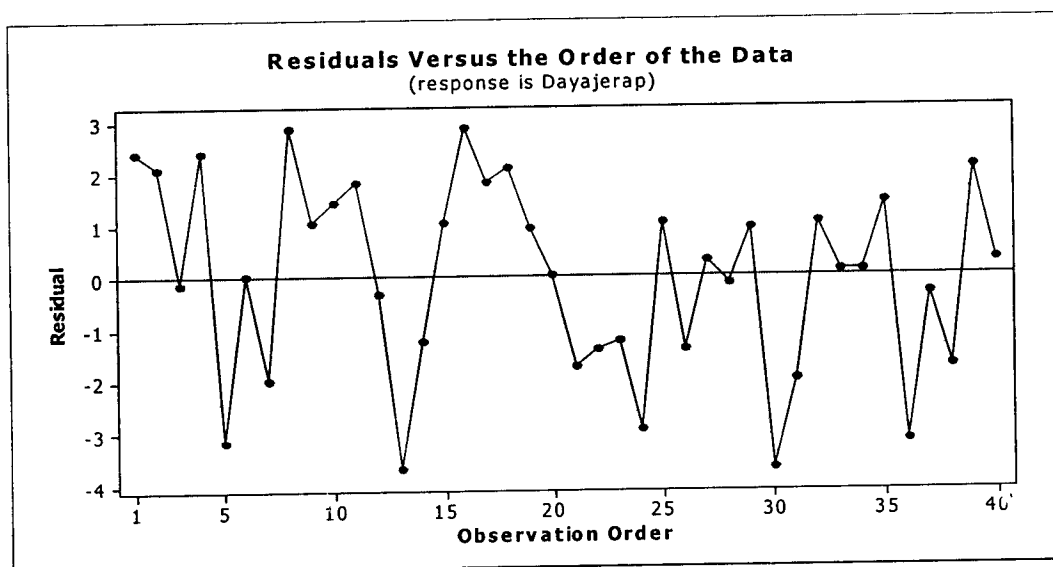


Gambar 4.1. Kurva Uji Kenormalan

Analisis residual selanjutnya adalah memeriksa plot antara residual dengan taksiran model (*residual VS fitted values*) dan memeriksa plot antara residual dengan order model (*residual VS the order of the data*). Hasil plot oleh Minitab 14 ditunjukkan dalam Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Dari kedua gambar tersebut bahwa telah membentuk pola acak dari garis horizontal residual 0 dan tidak membentuk pola tertentu. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model regresi yang dibuat telah cukup tepat dengan data.



Gambar 4.2. Plot antara residual dengan taksiran model (*residual VS fitted values*)



Gambar 4.3. Plot antara residual dengan order model (*residual VS the order of the data*)

4.2.2. 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:

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

$$H_1: \text{Tidak semua } \beta_i = 0$$

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 ($X_1 \cdot X_3$). 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 ($X_1 \cdot X_3$). Keputusan ini diambil karena nilai *p-value* koefisien variabel tersebut < 0,05.

4.3. Persamaan RSM dan Optimasi

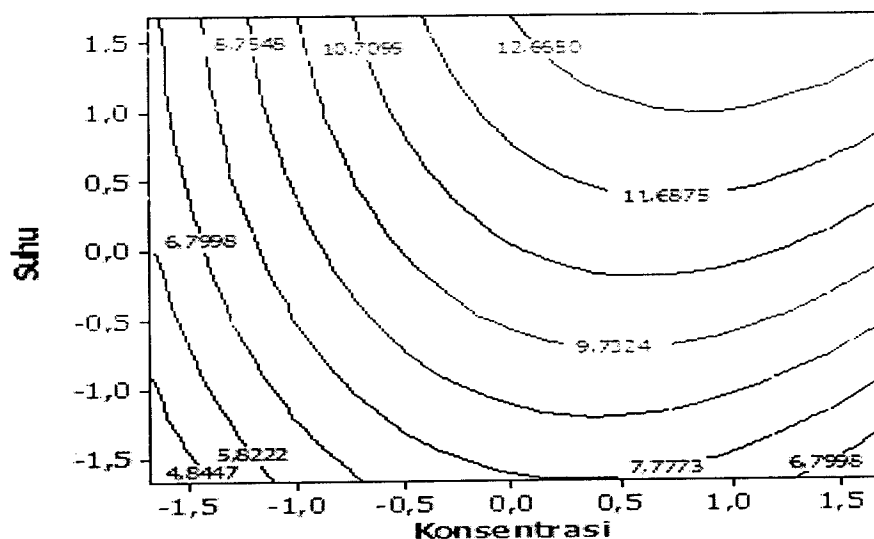
Berdasarkan hasil pengolahan data melalui Minitab 14 dan beberapa ulasan di atas dapat diperoleh dan ditetapkan model yang menggambarkan hubungan antara daya jerap (*yield*) dengan variabel bebas Konsentrasi asam, suhu, dan waktu pemanasan adalah

$$\% \text{ jerap} = 10,652 + 1,292X_1 + 1,481X_2 - 0,986X_1^2 + 1,596X_1X_3$$

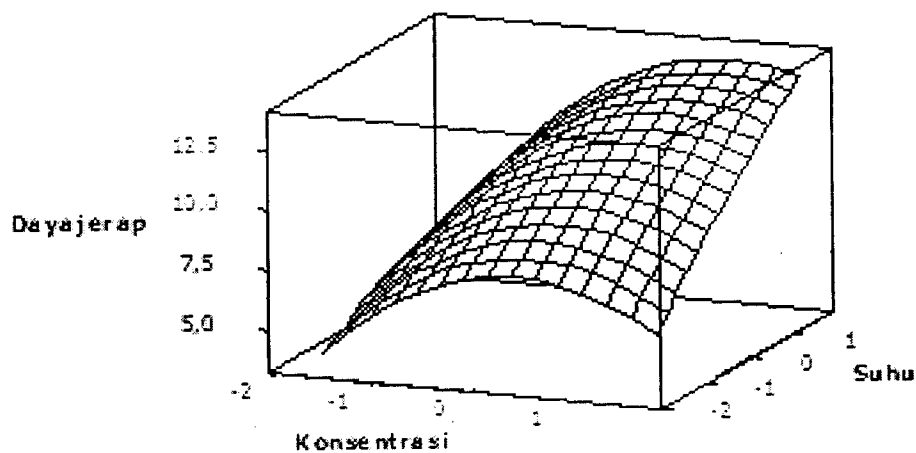
Dari persamaan di atas terlihat bahwa nilai variabel waktu (X_3), suhu kuadrat (X_2^2), waktu kuadrat (X_3^2), interaksi konsentrasi dengan suhu (X_1X_2), dan interaksi suhu dengan waktu pemanasan (X_2X_3) tidak dimasukkan pada model di atas. Hal ini disebabkan karena variabel-variabel tersebut baik *p-value* dan uji t-nya pada uji regresi menerima H_0 artinya variabel tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap model. Penambahan variabel yang tidak penting pada model bisa menambah rata-rata kuadrat error karena menurunkan kegunaan model di atas (Hines and Montgomery, 1990). Nilai *p-value* dan uji t digunakan untuk mengetahui signifikan atau tidaknya masing-masing suku. Semakin kecil nilai *p-value* semakin signifikan harga koefisiennya. Pada persamaan di atas suhu aktivasi (X_2) memberikan efek terbesar pada penjerapan bentonit terhadap etanol (Ulfah, dkk., 2006).

Untuk melihat visualisasi pengaruh masing-masing variabel terhadap daya jerap secara lebih jelas beserta optimasinya pada RSM-CCD ini disajikan dalam bentuk plot kontur dan plot respon permukaan. Gambar plot kontur dan respon permukaan disajikan pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9.

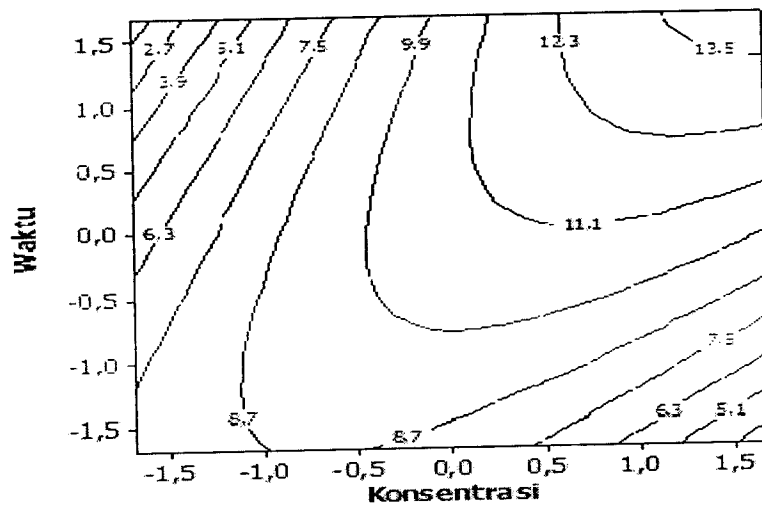
Berdasarkan hasil pengolahan data pada Tabel 4.1 dan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9, maka bisa diprediksi titik optimal optimasi aktivasinya. Optimasi dilakukan dengan menggunakan *tools solver* pada excel dengan *constrain* (faktor pembatas) $X_1 \geq -1,682$; $X_2 \leq 1,682$; $X_3 \leq 1,682$. Dari hasil analisa *solver* titik optimasi variabel alias untuk konsentrasi (X_1), suhu (X_2) dan waktu (X_3) adalah 1,917235; 1,682; 1,682. Sehingga nilai variabel aktivasi optimum bentonit untuk konsentrasi (X_1), suhu (X_2) dan waktu (X_3) adalah 0,88 N; 85,23 °C; 3 jam 20 menit dengan kemampuan daya jerap sebesar 16,77 %.



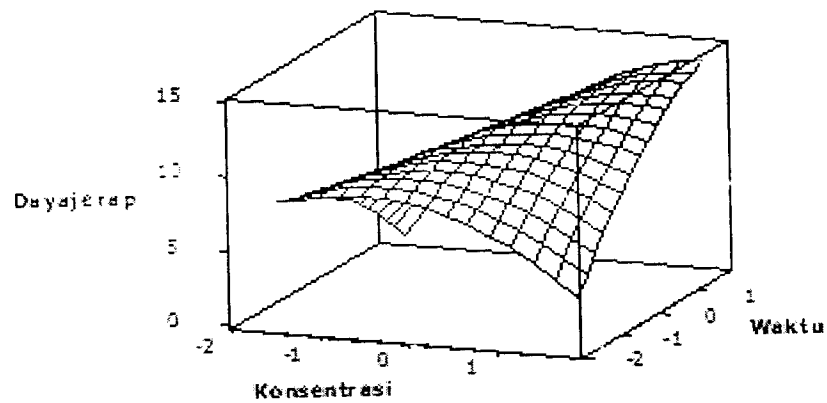
Gambar 4.4. Kontur pengaruh Konsentrasi dan suhu terhadap daya jerap



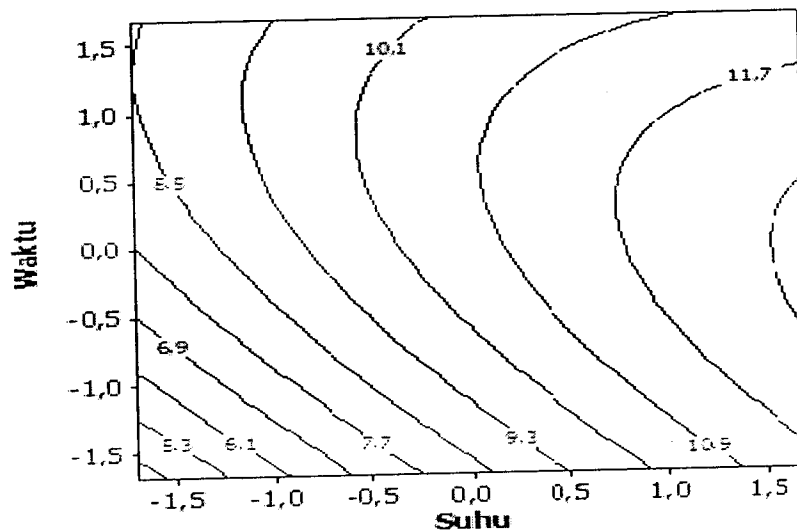
Gambar 4.5. Respon permukaan pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap daya jerap



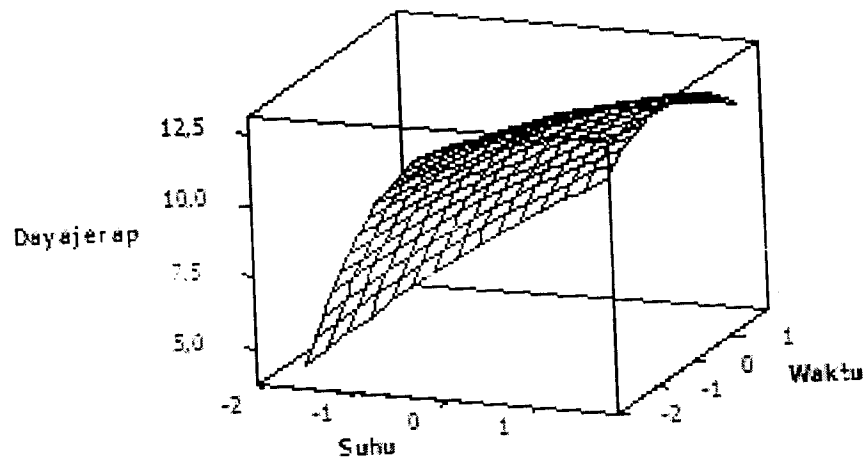
Gambar 4.6. Kontur pengaruh konsentrasi dan waktu terhadap daya jerap



Gambar 4.7. Respon permukaan pengaruh konsentrasi dan waktu terhadap daya jerap



Gambar 4.8. Kontur pengaruh suhu dan waktu terhadap daya jerap



Gambar 4.9. Respon permukaan pengaruh suhu dan waktu terhadap daya jerap