



**Chemical Engineering  
Journal Storage**

homepage jurnal:  
<https://ojs.unimal.ac.id/cejs/index>

**Chemical  
Engineering  
Journal  
Storage**

---

**APLIKASI PID LEVEL CONTROL PADA THREE PHASE SEPARATOR  
(221-D9002) PT PERTAMINA EP CEPU DENGAN MENGGUNAKAN  
HYSYS INTERCAFE MATLAB**

**Muhammad Razin, Nasrul ZA\*, Muhammad Muhammad, Lukman Hakim,  
Rizka Mulyawan, Raudhatul Ulfa**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

\*e-mail: [nasrulza@unimal.ac.id](mailto:nasrulza@unimal.ac.id)

---

**Abstrak**

*Penelitian Sistem kontrol Proportional, Integral dan Derivative (PID) merupakan controller untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (Feed back). Separator adalah tabung yang mempunyai tekanan dimana berfungsi untuk memisahkan fluida dari sumur pengeboran menjadi cairan, cairan dan gas untuk alat three phase separator dengan prinsip kerja yang sama yaitu pemisahan berdasarkan perbedaan densitas. Adapun metodologi penelitian ini adalah membuat model steady state Three Phase Separator, kemudian mengubah model steady state menjadi model dynamic, lalu membuat model kontrol PID, setelah itu melakukan tuning terhadap kontrol PID dan melakukan pengujian terhadap kontrol PID, dengan melakukan gangguan pada set point. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan waktu respon tercepat terhadap gangguan pada level control serta mendapatkan variable  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  terbaik. Hasil dari pengaplikasian sistem kontrol PID maka didapatkan waktu tercepat yaitu 0.51 menit dengan nilai  $K_c=18,5$ ,  $T_i=27,5$  dan  $T_d=0,1542$  pada setpoint 36-38% Sedangkan waktu terlama pada hasil pengujian kontrol PID dengan mengubah level dari 40% menjadi 38%, yaitu 0,54 menit dengan nilai  $K_c=18,5$ , nilai  $T_i=27,5$  dan  $T_d=0,1542$ .*

*Kata kunci: Separator, PID, Steady State, Dynamic, Set Point*

DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i2.8801>

**1. Pendahuluan**

Didalam separator terdapat suatu alat *level interface control* yang akan mengirimkan sinyal ke katup pembuangan air di bagian bawah, sehingga akan terbuka secara otomatis. Dengan itu, maka akan memungkinkan jumlah air yang tetap untuk dikeluarkan dari bejana, sehingga antar muka dan air tetap

dipertahankan pada ketinggian design separator. Antarmuka minyak dan air adalah batas kontak langsung antara permukaan minyak dan air yang saling menimpa di bagian bawah bejana separator (Prasetyo, 2016)

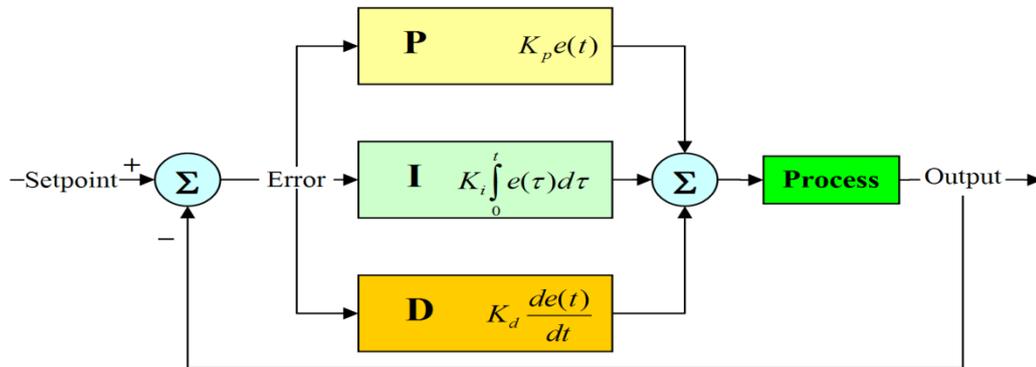
. Matlab ini bisa diintegrasikan dengan Aspen yang menggunakan pemrograman untuk menghemat waktu yang menggunakan bahasa *vector* seperti Matlab, dan untuk mengoptimisasikan pemodelan dalam suatu proses. Jadi, pada beberapa kasus pemodelan dalam suatu proses, Aspen dan Matlab sering dikombinasikan secara bersamaan untuk pemodelan, pengoptimasian, dan produktif dalam pendesainan (Fontalvo, 2014).

Sistem pengendali proses adalah sistem pengendalian suatu parameter dari berbagai macam proses. Di dalam suatu proses banyak parameter yang harus dikendalikan. Diantaranya yaitu suhu (temperature), aliran (flow), tekanan (pressure) dan sebagainya dengan tujuan mempertahankan nilai variabel proses agar bernilai sama dengan *setpoint*. Tetapi tujuan tersebut sulit dipenuhi disebabkan keterbatasan operasi dan kemampuan sistem pengendalian. Oleh sebab itu hakikat utama dari pengendalian proses pada industri merupakan suatu langkah yang digunakan guna memperoleh hasil akhir berupa produksi yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan oleh suatu industri. Makna dari pernyataan ini yakni suatu atau beberapa nilai variabel proses mungkin perlu dikorbankan untuk mencapai tujuan yang lebih besar yaitu hasil akhir proses produksi (Ir. Heriyanto, 2010)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing controller P, I, dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional plus integral plus diferensial (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibandingkan dengan yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan

memberikan kontribusi pengaruh pada respon secara keseluruhan. Pada aplikasi di lapangan, kontroler PID dapat kita identikan dengan; P: gain (penambahan/pencapaian), I: reset, dan D: rate (laju/kecepatan) (Arindya, 2017)

Menggabungkan ketiga pengontrol secara parallel menjadi pengontrol PID secara keseluruhan bertujuan untuk menghasilkan perubahan awal yang besar, menghilangkan offset dan mempercepat reaksi sebuah sistem. Pada gambar 2.4 berikut akan menunjukkan blok diagram controller PID analog.



**Gambar 1** Diagram Pengontrol PID Analog

Output dari *Proportional Integral Derivative controller* dinyatakan dengan persamaan 1 dibawah ini:

$$OP_{(t)} = OP_{ss} + K_c \cdot E(t) + \frac{K_c}{T_i} \int E(t) \cdot dt + K_c \cdot T_d \frac{dE(t)}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Efek yang berbeda dari PID controller dengan controller lainnya, yakni apabila pada proses terdapat kesalahan yang sangat besar, maka controller PI akan membutuhkan waktu yang Panjang untuk mencapai set point-nya, tetapi untuk controller PID akan mempercepat proses pencapaian set point tersebut. Rate time akan berpengaruh terhadap respon controller, rate time jika terlalu besar maka akan mempercepat laju pencapaian set point tetapi akan menyebabkan terjadinya osilasi atau getaran disekitar set point (Hidayatullah, 2012).

Untuk memaksimalkan kerja pengontrol diperlukan nilai batas minimum dan batas maksimum guna membatasi nilai manipulated variable yang dihasilkan. Kontroler dapat diset dengan menyesuaikan gain controller  $K_c$ , reset integral  $T_i$  dan keuntungan derivative  $T_d$ . Suatu sistem pengendalian terdapat proses tuning

agar mendapatkan sistem dengan hasil respon yang stabil. Tabel 1 menunjukkan parameter dalam melakukan penyetelan (tuning) pada PID (Julie, 2013).

**Tabel 1** Parameter Tuning PID

Sistem	$K_c$	$T_i$	$T_d$
Laju Alir	0,1	0,2	0
Tekanan	2	2	0
Temperatur	1	20	0
Level	2	10	0

(Sumber: Julie, 2013)

## 2. Bahan dan Metode

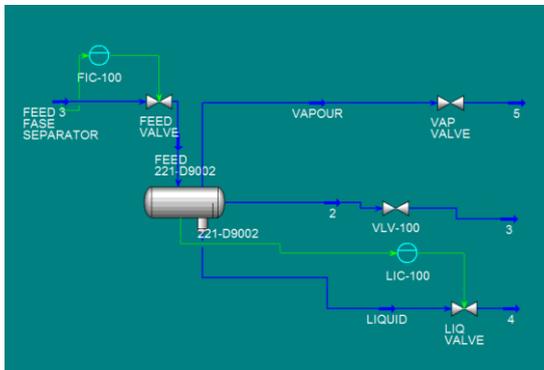
Bahan-bahan dan peralatan yang diperlukan dalam menjalani penelitian ini antara lain adalah Data *actual Condensate/Water Separator* (221-D9002), Jenis: Separator 3 fasa, Diameter: 2,84 meter, Panjang: 3,9 meter, Komponen: Gas H<sub>2</sub>S, air dan gas alam. Satu buah komputer Gigabyte, Processor Ryzen 5 3600, 64-Bit *Operating System Windows 10, Software Aspen Hysys V3.2, Software Design Expert V.7* dan *Software Matlab 5.2*.

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan model steady state dari *Three Phase Separator* dengan Hysys hingga model *convergen*. Selanjutnya persiapan untuk masuk ke mode *dynamic Hysys*. Hal ini dilakukan untuk memastikan sistem siap untuk masuk ke *Dynamic* tanpa ada indikasi *error*. Selanjutnya peneliti melanjutkan dengan menyiapkan modul PID di Matlab, kemudian melakukan *interfacing* Hysys dengan Matlab. Jika *interfacing* berhasil, maka tahap berikutnya memasukkan nilai  $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  di Matlab.

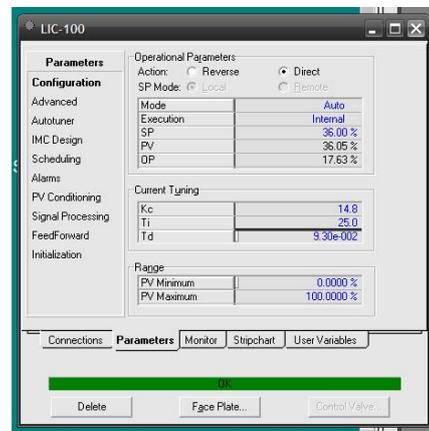
Pengujian dilakukan dengan cara mengubah harga setpoint dari matlab, dan amati apakah *Present Value* mengikuti harga *setpoint*. Jika *Present Value* sudah mengikuti harga *set point*, maka *platform* sudah siap untuk digunakan untuk penelitian. Jika belum, maka harga  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  perlu diubah hingga kontrol bekerja dengan baik.

Tahap kedua yaitu Rancangan percobaan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Design Expert Ver 7.0. RSM dengan model *Central Composite Design*.

RSM dilakukan 3 kali, RSM yang pertama menggunakan  $K_c=14,8$ ,  $T_i=25$  dan  $T_d=0,083$ . Selanjutnya untuk RSM yang ke dua, menggunakan dasar  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  pada *Run* dengan waktu tercepat dari RSM pertama. Penentuan nilai  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  pada RSM yang ke tiga dilakukan dengan cara yang sama pada RSM ke dua. Selanjutnya data dari RSM dengan hasil terbaik ini diolah hingga mendapatkan model matematikanya. Selanjutnya menguji nilai  $K_c$  dan  $T_i$  terbaik terhadap kemampuan merespon gangguan dengan cara mengubah-ubah *setpoint level* pada *three phase separator*.

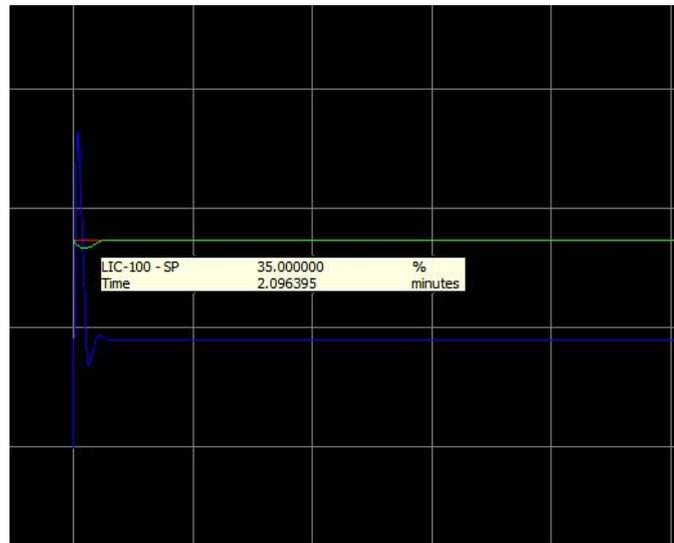


**Gambar 2** Platform Penelitian



**Gambar 3** Setting Platform Penelitian

Gambar 2 merupakan platform penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada gambar 2, bisa dilihat bahwa platform tersebut sudah terpasang kontrol dan sudah menjadi *dynamic mode*. Setting dan pengisian parameter untuk uji platform dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian pengujian PID ini dilakukan pengujian set point dinaikkan secara bertahap pada run 1 dari 36–38%, run 2 dari 38-40% dan diturunkan secara bertahap pada run 3 dari 40–38% dan run 4 dari 38-36% sehingga didapatkan waktu Present Value (PV) mengikuti nilai setpoint rata-rata selama 2 menit seperti yang terdapat pada Gambar 4



**Gambar 4** Respon *Controller* LIC 100.

Dari hasil diatas, perubahan setpoint (garis merah) dapat diikuti oleh present value (garis hijau) meski waktu responnya masih lama, maka platform penelitian sudah dapat digunakan.

### 3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini dijalankan berdasarkan desain *Response Surface Methodology* (RSM) yang menggunakan *software Design Expert V.7*. Hasil penelitian ini berupa waktu tercepat dalam merespon gangguan pada *level liquid* pada *three phase separator* (221-D9002) yang dihasilkan dengan cara mentuning nilai-nilai parameter yang telah ditentukan agar didapatkan waktu respon tercepat. Penentuan nilai  $k_c$ ,  $t_i$  adalah hal yang diperhatikan dalam pengontrolan PID. Nilai-nilai tersebut adalah hal yang sangat berpengaruh terhadap control PID sebagai tolak ukur sejauh mana kemampuan kontrol tersebut bekerja. Nilai konstanta yang tidak tepat dapat mengakibatkan *control* tidak bekerja dengan sempurna (Damanik et al., 2020). Nilai parameter  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  yang diperoleh dari *Response Surface Methodology* digunakan untuk mentuning proses kontrol PID sehingga didapat nilai respon yang tercepat.

**Tabel 2** Data Hasil Penelitian RSM 3 Menggunakan Aplikasi *Design Expert v.7.0*

Run	Variabel Bebas			Variabel Terikat
	A:Kp	B:Ti	C:Td	Waktu <i>Present Value</i> mencapai <i>Set Point</i> (menit)
1	19,8	27,5	0,1335	1,01
2	16,9	27,5	0,175	0,82
3	16,9	27,5	0,1335	0,81
4	18,35	28,75	0,15425	0,5206
5	18,35	28,75	0,15425	0,5206
6	18,35	28,75	0,15425	0,5206
7	19,8	30	0,1335	1,0324
8	18,35	28,75	0,1335	0,5396
9	18,35	27,5	0,15425	0,5194
10	16,9	30	0,1335	0,75
11	18,35	28,75	0,15425	0,5206
12	18,35	30	0,15425	0,48
13	19,8	28,75	0,15425	1,0314
14	19,8	27,5	0,175	1,03
15	19,8	30	0,175	1,08
16	16,9	30	0,175	0,76
17	18,35	28,75	0,15425	0,5206
18	18,35	28,75	0,15425	0,5206
19	18,35	28,75	0,175	0,5308
20	16,9	28,75	0,15425	0,78

Pada RSM ketiga diperoleh hasil respon tercepat pada run ke-9 dengan hasil 0,51 menit dengan nilai Kc sebesar 18,35, nilai Ti sebesar 27,5 dan nilai Td sebesar 0,1542. Untuk respon terlambat diperoleh pada run ke-15 dengan hasil 1,08 menit dengan nilai Kc 19,8, nilai Ti sebesar 30 dan nilai Td sebesar 0,175. Dalam pengujian kontrol PID dilakukan dengan adanya gangguan (disturbance) pada grafik present value (PV). Pada penelitian sebelumnya dilakukan satu kali RSM, sedangkan penelitian yang dikerjakan oleh peneliti pada saat ini dilakukan tiga kali RSM.

**3.1 Validasi Simulasi & Model Berdasarkan Central Composite Design**

Korelasi masing-masing variabel dapat ditentukan menggunakan metode Quadratic. Hasil kalkulasi dari Design Expert V.7 memberikan model estimasi koefisien untuk masing – masing variabel sebagai berikut.

Model persamaan (Process Order: Quadratic) adalah:

$$17,16393693 - (1,300184923 * Kc) - (0,377388201 * Ti) - (4,62219221 * Td) + (0,004310345 * Kc * Ti) - (0,031159119 * Kc * Td) + (0,204819277 * Ti * Td) + (0,035725867 * Kc^2) + (0,004872727 * Ti^2) + (0,263925362 * Td^2) \dots\dots\dots(1)$$

**3.2 Analisa Varian (Anova) Untuk Model Simulasi**

Validnya suatu model yang telah di lakukan pada penelitian ini masih belum memberikan gambaran menyeluruh terhadap signifikansi varibel terkait baik secara individu maupun interaksi antar variabel. Oleh karena itu analisa varian (ANOVA) dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variabel terikat secara individu, Quadratic maupun interaksi pada model yang diusulkan.

**Tabel 3** Regresi Statistik

Source	Std. Dev.	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	Pred R <sup>2</sup>	Keterangan
<i>Linear</i>	0,2196	0,1727	0,0176	-0,4096	-
<i>2FI</i>	0,2428	0,1781	-0,2013	-4,0017	-
<i>Quadratic</i>	0,0092	0,9991	0,9983	0,9917	<i>Suggested</i>
<i>Cubic</i>	0,0033	0,9999	0,9998	0,9151	<i>Aliased</i>

Hasil analisa varian (ANOVA) model Quadratic pada Tabel 3 telah diperoleh berdasarkan kesesuaian seluruh variabel terikat dengan model jenis Quadratic. Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari 99% data eksperimen bersesuaian dengan hasil prediksi oleh model dan hanya kurang dari 1% total variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

**Tabel 4** Data Analisa Varian (ANOVA)

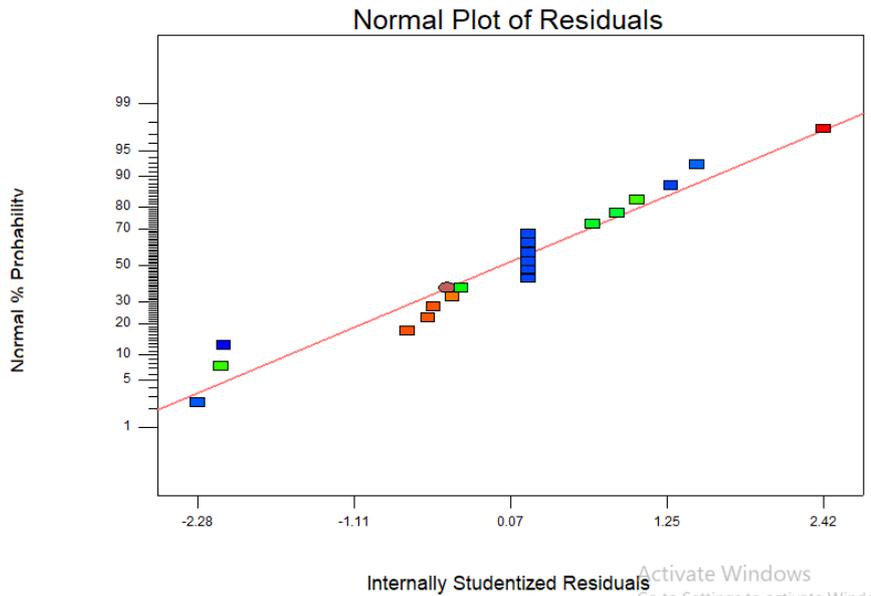
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	P-value Prob > F	Keterangan
Model	0,9319	9	0,1035	1232,30	< 0.0001	<i>significant</i>
A-Kc	0,1597	1	0,1597	1900,76	< 0.0001	

B-Ti	0,0008	1	0,00076	9,01	0.0133	
C-Td	0,0006	1	0,00062	7,39	0.0216	
AB	0,0046	1	0,0046	55,07	< 0.0001	
AC	0,00028	1	0,00028	3,37	0.0962	
BC	0,00010	1	0,00010	1,13	0.3121	
A <sup>2</sup>	0,4172	1	0,4172	4965,46	< 0.0001	
B <sup>2</sup>	0,00075	1	0,00075	8,89	0.0138	
C <sup>2</sup>	0,00099	1	0,00099	11,84	0.0063	
Residual	0,00084	10	8,4E-05			
<i>Lack of Fit</i>	0,00084	5	0,000168			
<i>Pure Error</i>	0	5	0			
<i>Cor Total</i>	0,932779	19				

Pada Tabel 4 nilai probabiliti ( $\text{Prob} > F$ ) untuk seluruh koefisien menunjukkan bahwasanya nilainya lebih kecil dari 0,05 maka koefisien tersebut signifikan atau berpengaruh secara nyata pada ekperimen. Akan tetapi, apabila nilai probabiliti ( $\text{Prob} > F$ ) lebih besar dari 0,05 maka model yang ditunjukkan tidak signifikan. Tabel 2 menunjukkan bahwa model Quadratic pada nilai Kc, Ti dan Td berpengaruh secara nyata dalam mencapai waktu tercepat dalam merespon gangguan pada *level liquid* pada *three phase separator* (221-D9002). Pada Tabel 4 terlihat signifikan pula. Hal ini menunjukkan bahwa secara statistik variabel bebas terhadap variabel – variabel ini (Kc, Ti dan Td) memberi pengaruh yang besar terhadap menghasilkan waktu tercepat dalam merespon gangguan. Sehingga variabel – variabel tersebut memberikan pengaruh yang berarti dalam merespon gangguan pada tekanan.

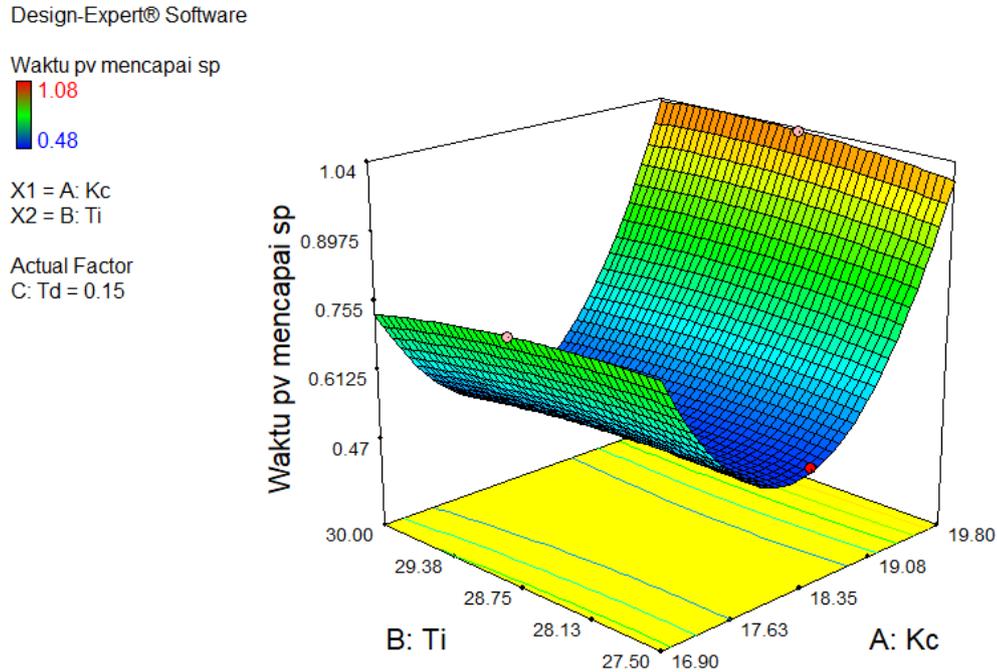
### 3.3 Regresi Statistik untuk Efisiensi Optimasi terhadap Waktu Respon

Selanjutnya pada Gambar 5 menunjukkan analisa terhadap model korelasi variabel bebas terhadap variabel terikat. Koefisien korelasi dan standar deviasi digunakan untuk mengevaluasi model yang dikembangkan.



**Gambar 5** Grafik Plot Residual Waktu

Model menunjukkan koefisien determinasi yang cukup tinggi ( $R^2$  0,9991) dan koefisien determinasi terkoreksi juga cukup tinggi (adj.  $R^2$  0,8893). Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari 99% data eksperimen bersesuaian dengan hasil prediksi oleh model dan hanya kurang dari 1% total variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model. Namun jika pada sebuah model terdapat banyak nilai eksperimen yang dihasilkan tidak besar, maka  $R^2$  terkoreksi (adj.  $R^2$ ) lebih rendah dari  $R^2$  yang mengindikasikan bahwa deviasi antara nilai eksperimen dengan nilai prediksi lebih rendah sehingga dapat dikatakan bahwa model ini memiliki regresi matrik yang sangat cukup. Sehingga hasil anova pada *Response Surface Methodology* tersebut diplotkan menjadi grafik 3D *Surface* seperti pada Gambar 5



**Gambar 6** Model Grafik 3D Surface Untuk Variabel Time RSM 1

Gambar 6 menunjukkan titik optimal *time* ( $y$ ) dari interaksi Kc ( $X_1$ ) dan Ti ( $X_2$ ). Titik optimum dari interaksi tersebut didapatkan pada Kc = 19,8, Ti = 30 dan Td = 0,175 dengan *time* (menit) yang diperoleh adalah 1,08 dan titik minimum yang diperoleh Kc = 18,3, Ti = 27,5 dan Td = 0,1542 dengan *time* (menit) yang diperoleh adalah 0,51 menit atau 30,6 detik. Berdasarkan faktor karakteristik dari control PID, jika nilai Kc terlalu kecil pengontrol *proportional* hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil sehingga akan menghasilkan respon *control* yang lambat. Jika nilai Kc terlalu besar, maka akan mengakibatkan respon sistem tersebut tidak stabil dan akan berosilasi. Namun apabila nilai Ti terlalu besar, menyebabkan *output* berosilasi, dan jika pemilihan Ti yang tidak tepat dapat menyebabkan respon tidak bekerja atau respon transien sehingga terjadi ketidakstabilan sistem. Sedangkan nilai Td dikecilkan, maka akan mengurangi *overshoot* dan menstabilkan sistem *control*.

#### 4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada pengujian menggunakan *Respon Surface Methodology* (RSM) di dapatkan hasil tuning parameter optimal sebesar  $K_c=18,3$ ,  $T_i=27,5$  dan  $T_d=0,1542$  dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menghadapi gangguan sebesar 0,52 menit. Nilai  $T_i$  dan  $T_d$  pada penelitian ini merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon waktu kontrol PID. Model  $P_{value}$  pada respon waktu diperoleh nilai sebesar 0,0002 lebih kecil dari derajat signifikan  $\alpha=5\%$  yang menunjukkan adanya keterkaitan terhadap respon. Jika *present value* dibawah *set point*, maka *flow* minyak pada *Three Phase Separator* akan berada dibawah laju normalnya sehingga akan berpengaruh terhadap proses selanjutnya pada alat Reboiler Absorber (T-100) dan apabila *present value* diatas *set point*, maka air akan ikut bersama minyak ke proses selanjutnya dimana hal tersebut tidak diinginkan, dikarenakan fungsi *Three Phase Separator* adalah untuk memisahkan antara air, minyak dan gas. Batas toleransi 40% tersebut, merupakan batas yang diambil agar saat *controller* merespon gangguan dan memberikan respon, komponen air yang terikut keluar bersamaan dengan minyak masih dalam batas toleransi, dimana saat *controller* memberikan respon berupa bukaan *valve* terkadang melebihi dari batas 40%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya dapat melanjutkan penelitian dengan menggunakan sensor *flow control* dan *level control* pada keluaran minyak pada *Three Phase Separator*, serta dapat membangun sistem *Fuzzy Logic Controller* untuk kendali PID pada sistem.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Arindya, R. (2017). Penalaan Kendali PID untuk Pengendali Proses. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Mercu Buana*, 111.
2. Fontalvo, J. (2014). Using user models in Matlab® within the Aspen Plus®. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 39-43.  
<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v34n2.41621>

3. Hidayatullah, A. R. (2012). *Performance Enhancement Of Flue Gas Oxygen Control System In Fluidized Bed Boiler Using PID Tunning Based On Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO)*. Surabaya: ITS Library.
4. Ir. Heriyanto, M. (2010). *Pengendalian Proses*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
5. Julie, L. (2013). *Jump Start: Aspen HYSYS®Dynamic V8. Aspen Technology*, 9.
6. Prasetyo, D. (2016). *Analisa Kinerja Sistem Pengendalian PID pada Three Phase Separator*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.