



Optimasi Pengendalian *Flow Control* DEA Absorber Menggunakan *Proportional Integral Derivative (PID) Control* Dengan Metode *Response Surface Methodology (RSM)*

Muhammad, Azizi Maharani, Maulinda Leni
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Jalan Batam, Bukit Indah, Lhokseumawe – 24355
e-mail: mhdtk@unimal.ac.id

Abstrak

Absorpsi merupakan salah satu cara untuk memisahkan atau mengurangi suatu konsituen dalam fasa gas dengan menggunakan solvent atau penyerap tertentu secara relative yang dapat melarutkan atau menyerap konsituen yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan nilai K_c , T_i dan T_d terbaik pada kontrol *PID* DEA absorber Perta Arun Gas. Sistem kontrol *Proportional, Integral and Derivative (PID)* merupakan *controller* untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*Feed Back*). *Response Surface Methodology (RSM)* atau metode permukaan respon adalah sekumpulan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan dalam pemodelan dan analisis, yang bertujuan untuk melihat pengaruh beberapa variabel *kuantitatif* terhadap suatu variabel respon dan untuk mengoptimalkan variabel respon tersebut. Adapun metodologi dari penelitian ini adalah membuat model *steady state* DEA absorber 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 *PV*. Hasil dari pengaplikasian sistem kontrol *PID* maka mendapatkan waktu tercepat dengan nilai $K_c = 0,1$, $T_i = 0,01$, dan $T_d = 0,00001$ dengan waktu 0,510 menit.

Kata kunci: *Absorpsi, PID, Present Value, Controller*

1. Pendahuluan

Pada pabrik pengolahan gas alam, absorpsi adalah salah satu unit operasi yang digunakan untuk pemurnian gas (*gas treating*) bertujuan untuk memisahkan *feed gas* dari gas *impurities* (CO_2 , H_2S , Hg dan hidrokarbon berat) yang dapat menyebabkan korosivitas pipa – pipa pabrik. Pada proses yang dilakukan dibutuhkan pengendalian atau *controller* dan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada hampir semua pengendalian (*controller*) termasuk pengendalian laju alir (*flow rate*). Dalam hal ini kesalahan pada pengendalian *flow rate* larutan penyerap pada operasi absorpsi mengakibatkan penyerapan pada *feed gas* di proses pemurnian gas (*gas treating*) tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam penelitian ini masalah yang akan dibahas adalah optimasi dari *flow control* yang ada pada DEA absorber menggunakan tuning parameter K_c , T_i dan T_d yang terbaik untuk respon waktu tercepat dalam menanggulangi gangguan pada *present value* (PV).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 PID (Proportional, integral dan derivative)

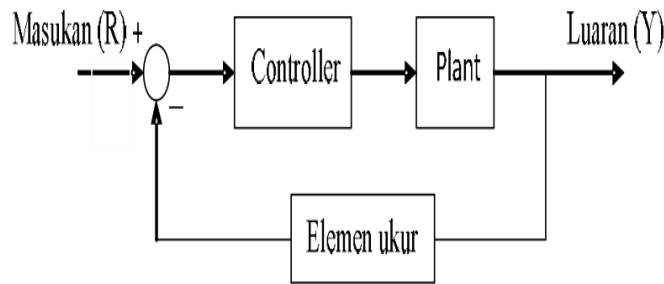
PID merupakan kombinasi dari *proportional, integral dan derivative model control* adalah *PID controller*, ada banyak variasi dari *PID controller*. Berikut adalah variasi yang paling sederhana, yaitu :

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

Control PID (Proportional Integral Derivative) adalah salah satu sistem pengendalian proses pada industri pabrik. Pada pengendalian proses menggunakan PID membantu pekerjaan operator dalam menjalankan dan mengamati proses pabrik pabrik (Xue, 2007).

Control PID adalah jenis pengendali yang sering digunakan di pabrik. Selain sistem pengendali PID ini mudah digabungkan dengan metode pengendalian yang lain seperti *Fuzzy and Robust*, sehingga menjadi sistem pengendali yang baik (Abdussamad, 2009).

Blok diagram suatu sistem *loop* tertutup dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1 Blok diagram suatu sistem *loop* tertutup

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 : Tabel 1 Dissenger, 2013

Tabel 2 Lebar Waktu Cuplik Yang Umum Digunakan Untuk Beberapa Jenis Variabel Proses

No	Jenis Variabel	Waktu Cuplik - T_c (detik)
1	Aliran (<i>flow</i>)	1-3
2	Level	5-10
3	Tekanan	1-5
4	Temperatur	10-20

Sumber : Tabel 2 Iwan Setiawan, 2008

Namun, pengendalian PID (*Proportional Integral Derivative*) mempunyai kelemahan, diantaranya adalah pengendali PID tidak dirancang untuk menyelesaikan sistem *nonlinear* dengan banyak ketidakpastian (*uncertainties*).

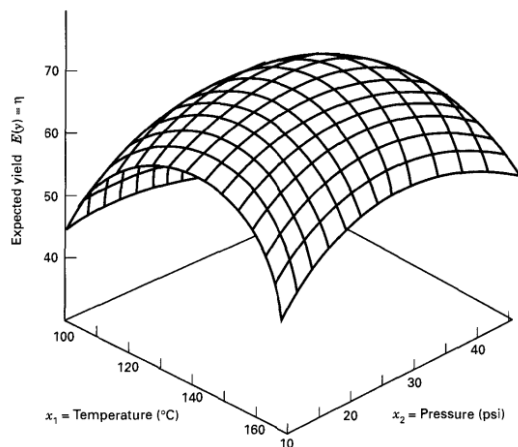
Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan parameter dalam melakukan penyetelan (tuning) pada PID (Julie Levine, 2013).

2.2 Parameter Pengontrol PID dan Metode Respon Surface Methodology

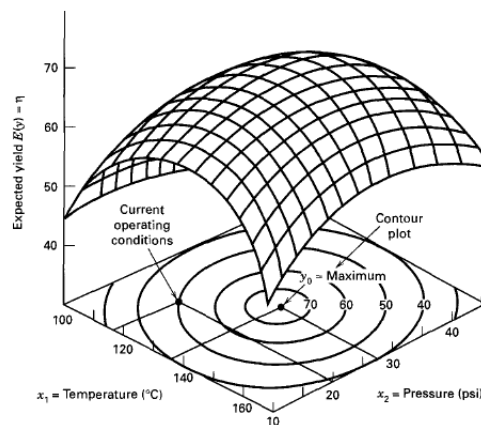
Parameter pengontrol PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*plant*). Dengan demikian berapapun rumitnya suatu *plant*, perilaku *plant* tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik *plant* tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan pengontrol PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan.

Suatu sistem pengendalian terdapat proses *tuning* atau penyetelan alat agar didapatkan sistem dengan hasil respon yang stabil. Berbagai macam metode *tuning* telah ditemukan. Salah satunya adalah dengan menggunakan *Respon Surface Methodology* (RSM). *Response Surface Methodology* (RSM) atau metode permukaan respon adalah sekumpulan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan dalam pemodelan dan analisis, yang bertujuan untuk melihat pengaruh beberapa variabel *kuantitatif* terhadap suatu variabel respon dan untuk mengoptimalkan variabel respon tersebut. Sebagai contoh, akan dicari level-level dari suhu (x_1) dan tekanan (x_2) yang dapat mengoptimalkan suatu hasil produksi (y). Hubungan variabel-variabel tersebut dapat dituliskan dalam sebah persamaan sebagai berikut :

Dimana ε merupakan *error* pengamatan pada respon y . Jika nilai harapan respon dituliskan $Ey = (x_1 + x_2) = \eta$, maka $\eta = f(x_1 + x_2)$ merepresentasikan sebuah permukaan yang disebut permukaan respon. Pada umumnya, permukaan respon digambarkan dengan sebuah grafik, seperti yang tampak pada Gambar 2.3. Untuk membantu visualisasi dari bentuk permukaan plot, sering digunakan kontur dari permukaan respon, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Pada kontur tersebut, garis respon yang konstan berada pada permukaan datar (x_1, x_2), sedangkan garis respon yang lain berada pada permukaan lengkung di atasnya.



Gambar 2 Ilustrasi Plot Permukaan Respon



Gambar 3 Ilustrasi Plot Kontur Response Surface

Permasalahan umum pada metode permukaan respon adalah bentuk hubungan antara variabel respon dengan variabel independen tidak diketahui. Oleh karena itu, langkah pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari bentuk hubungan antara respon dengan beberapa variabel independen melalui pendekatan yang sesuai. Bentuk hubungan *linier* merupakan bentuk hubungan yang dicobakan pertama kali karena merupakan bentuk hubungan yang paling sederhana (*low-order polynomial*). Jika

ternyata bentuk hubungan antara respon dengan variabel independen adalah fungsi *linier*, pendekatan fungsinya disebut *first-order* model, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 3.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon_i \dots \dots \dots (3)$$

Jika bentuk hubungannya merupakan kuadrat, maka untuk pendekatan fungsinya digunakan derajat polinomial yang lebih tinggi yaitu *second-order* model dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \dots \dots \dots (2.6)$$

Hampir semua permasalahan dalam metode permukaan respon menggunakan salah satu atau kedua model diatas. Setelah diperoleh bentuk hubungan yang paling sesuai, langkah selanjutnya adalah mengoptimalisasi hubungan tersebut. Jika permukaan yang paling sesuai dicari melalui pendekatan yang cukup, maka hasil analisis ini akan mendekati fungsi yang sebenarnya. Secara garis besar, langkah-langkah dalam metode permukaan respon adalah merancang percobaan, membuat model dan melakukan optimalisasi.

3. Bahan dan Metode

Penelitian ini mengkaji respon dari *controller flow rate* masukan DEA pada absorber dalam menghadapi gangguan di dalam proses industri dengan menggunakan *controller* PID.

3.1 Variabel – variabel dalam Penelitian

Variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian pada Tabel 3.1 Variabel – variabel dalam penelitian.

Tabel 3 Variabel – variabel dalam penelitian

Variabel Tetap	Variabel Bebas	Variabel Terikat
1. Tekanan Diethanolamine (DEA) 49,46 bar 2. Temperatur Diethanolamine (DEA) 58,2 °C 3. Tekanan <i>feed gas</i> 49,42 bar 4. Temperatur <i>feed gas</i> 40 °C 5. Komposisi <i>feed gas</i> 6. Setpoint 104,5 kg/h	1. K_C dengan nilai 0,1, 0,15 dan 0,2 2. T_i dengan nilai 0,01, 0,02 dan 0,03 3. T_d dengan nilai 0, 0,00001 dan 0,00002	1. Waktu tercepat mencapai <i>Setpoint</i>

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Tabel 4 Hasil Pengujian Kontrol PID dari *Respon Surface Methodology* (RSM)

RUN	Kc	Ti (menit)	Td (menit)	Waktu mencapai <i>setpoint</i> (menit)	Bukaan valve (%)
1	0,1	0,03	0,00001	1,057	17,05
2	0,15	0,02	0,00001	0,989	17,05
3	0,1	0,01	0,00001	0,510	17,05
4	0,2	0,03	0,00001	1,083	17,05
5	0,15	0,01	0	0,587	17,05
6	0,1	0,02	0,00002	1,114	17,08
7	0,15	0,01	0,00002	0,981	17,06
8	0,2	0,02	0,00002	0,832	17,05
9	0,1	0,02	0	1,511	17,05
10	0,15	0,03	0,00002	1,114	17,06
11	0,2	0,01	0,00001	0,516	17,05
12	0,15	0,03	0	1,385	17,05
13	0,2	0,02	0	0,875	17,05

Tabel 5 Pengujian Gangguan Kontrol PID dengan Nilai tuning parameter optimum yang didapat pada hasil *Respon Surface Methodology* (RSM) Kc = 0,1, Ti = 0,01 dan

Td = 0,00001

Flow Rate DEA (kg/h)	Kc	Ti	Td	Waktu (Menit)	Bukaan Valve (%)
112,3 – 104,5	0,1	0,01	0,00001	0,070	14,08
104,5 – 105,3				0,320	17,08
104,5 – 102,2				0,695	90,14

112,3 – 104,5				0,650	14,50
Rata-rata				0,878	35,23

4.2 Analisa Varian (ANOVA)

4.2.1 Waktu Tercepat (Y₁)

Waktu respon pada tuning Kc, Ti dan Td yang terdapat pada *Respon Surface Methodology* (RSM) mendapatkan analisa ANOVA. Analisa varian untuk waktu tercepat ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Analisa Varian (ANOVA) Waktu Respon

Sumber	Jumlah Kuadran	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	Ket
Model	0,96	9	0,11	4,79	0,0255	Signifikan
A-Kc	0,098	1	0,098	4,39	0,0745	
B-Ti	0,52	1	0,52	23,36	0,0019	
C-Td	0,013	1	0,013	0,56	0,4781	
AB	0,00001	1	0,00001	0,0045	0,9486	
AC	0,031	1	0,031	1,40	0,2753	
BC	0,11	1	0,11	4,94	0,0616	
A ²	0,018	1	0,018	0,81	0,3979	
B ²	0,073	1	0,073	3,27	0,1134	
C ²	0,11	1	0,11	4,80	0,0647	
Residual	0,16	7	0,22			
Lack of Fit	0,16	3	0,052			
Pure Error	0,0	4	0			
Cor Total	1,12	16				

Keterangan : *Mean Square* = Jumlah kuadrat rata-rata

A = Kc

B = Ti

C = Td

A² = Hubungan antara Kc dan Kc

B² = Hubungan antara Ti dan Ti

C² = Hubungan antara Td dan Td

Tabel 6 menunjukkan ANOVA waktu tercepat dengan *Design Expert 7.0.0*. model dapat dinyatakan memiliki pengaruh yang signifikan karena memiliki nilai probabilitas <0,05. Namun jika nilai >0,05 maka model yang ditunjukkan tidak signifikan.

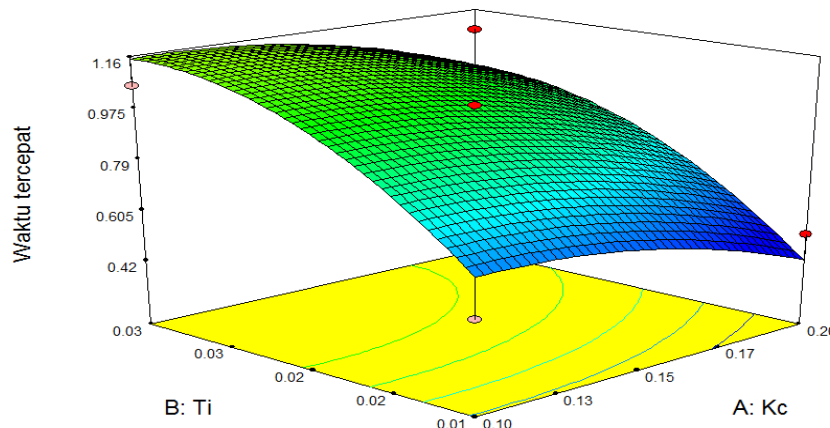
Tabel 7 Menunjukkan Nilai *Squared*

<i>Std. Dev</i>	0,15	<i>R-Squared</i>	0,8603
<i>Mean</i>	0,97	<i>Adj R-Squared</i>	0,6807
<i>C.V.%</i>	15,40	<i>Pred R-Squared</i>	-1,2352
<i>PRESS</i>	2,51	<i>Adeq R-Squared</i>	9,223

Sebuah model dapat dikategorikan sebagai model yang sesuai apabila model tersebut memiliki koefisien korelasi $R^2 > 0,85$. Berikut ini adalah persamaan *coded factor*, yaitu :

$$\text{Waktu tercepat} = +0,99 - 0,11 A + 0,26 B - 0,040 C + 0,005 AB + 0,088 AC - 0,17 BC - 0,066 A^2 - 0,13 B^2 + 0,16 C^2$$

Model grafik waktu tercepat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik respon waktu tercepat

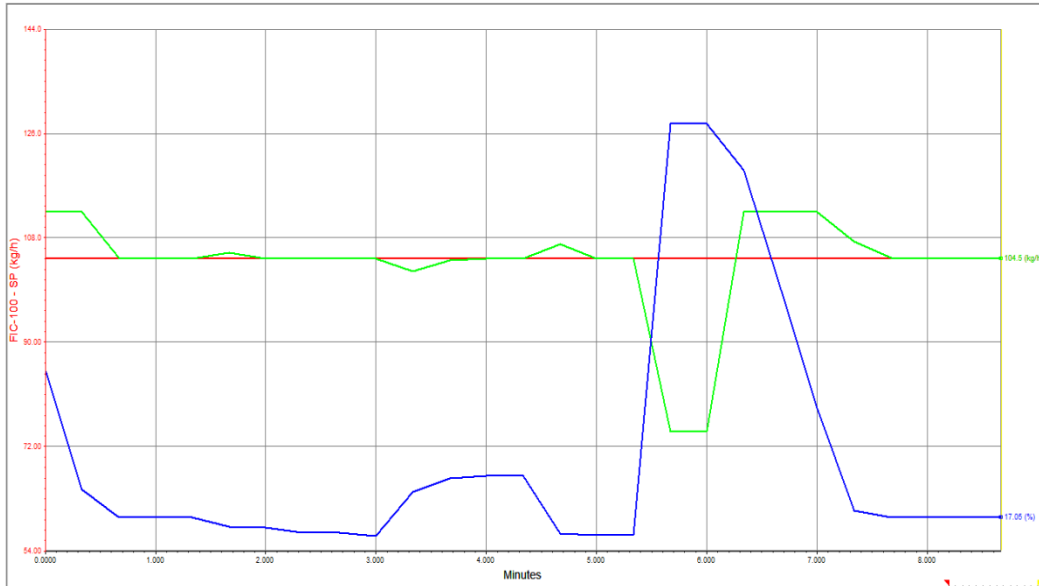
4.2.2 Pengujian Gangguan Kontrol PID dengan Tuning Parameter Kc, Ti dan Td Optimum

Pada kontrol PID diperlukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui parameter tuning Kc, Ti dan Td berfungsi sebagai kendali yang baik pada kontrol yang digunakan. Karena itu diberi gangguan pada *present value* (PV).

4.2.3 Pengujian Gangguan Kontrol PID dengan Nilai Kc = 0,1, Ti = 0,01 dan Td = 0,00001

Pada penelitian ini nilai setpoint yang digunakan adalah 104,5 kg/h. Untuk batas maksimum yang mampu dicapai setelah diberikan gangguan terhadap *present value* (PV)-nya yaitu maksimum 112,3 kg/h dan untuk batas minimumnya yaitu 74,5 kg/h. Nilai tuning yang digunakan adalah $K_c = 0,1$, $T_i = 0,01$ dan $T_d = 0,00001$.

Data yang ada pada Tabel 7 menjadi bentuk grafik model PID seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik PID pada gangguan *present value* (PV) pada tuning parameter $K_c = 0,1$, $T_i = 0,01$ dan $T_d = 0,00001$

Keterangan Gambar: ■ Garis *present value* (PV), ■ Garis setpoint (SP), ■ Garis Buka-an Valve (OP)

5. Kesimpulan

Pengujian menggunakan nilai tuning $K_c = 0,1$, $T_i = 0,01$ dan $T_d = 0,00001$. Menunjukkan hubungan grafik SP cenderung tetap dan grafik PV bergerak menyamakan nilai dengan SP dengan perubahan pada grafik PV berpengaruh pada persentase sinyal bukaan *valve* (OP). *Flow rate* DEA awal sebelum ada gangguan pada SP adalah 104,5 kg/h dan PV diubah menjadi 102,2 kg/h mendapatkan waktu respon sebesar 0,590 menit dengan bukaan *valve* 22,42%, setelah itu diganggu dengan dinaikkan nilai PV sebesar 106,8 kg/h untuk mencapai SP kembali dibutuhkan waktu respon 0,325 menit dengan bukaan *valve* 13,83%, dinaikkan besaran PV untuk mengganggu kendali kontrol sebesar 74,5 kg/h didapatkan waktu respon sebesar 1,950 menit dengan bukaan *valve* 90,14% dan gangguan terakhir diberikan sebesar 112,3 kg didapatkan waktu respon sebesar 0,650 menit dengan bukaan *valve* 14,50%.

Pada buka dan tutupnya valve dikendalikan oleh *Flow Indicator Controller* (FIC).

Fungsi *control valve* adalah mengatur *flow* DEA yang masuk ke absorber. Semakin besar *flow rate* DEA yang diberikan semakin kecil bukaan valve yang dibuka, itu dikarenakan oleh *flow rate* DEA yang harus masuk sebesar 104,5 kg/h dan jika bukaan valve yang dibuka terlalu besar maka *flow rate* DEA yang mengalir akan besar, begitu pun sebaliknya jika *flow rate* DEA sedikit bukaan valve yang terbuka akan besar.

Pada pengujian tuning parameter optimum yang didapat dari hasil *Respon Surface Methodology* (RSM) tuning parameter $K_c = 0,1$, $T_i = 0,01$ dan $T_d = 0,00001$ dengan waktu rata-rata dalam menghadapi gangguan *present value* (PV) sebesar 0,878 menit dan tuning parameter tersebut juga merupakan rekomendasi tuning untuk *flow control* (Levine, Technology, Dissinger, Management, & Technology, 2013).

Pada tuning tersebut waktu yang diperlukan pada respon cepat dan itu dibutuhkan untuk *flow control* yang dipasangkan di absorber. Sehingga kelebihan dan kekurangan DEA untuk absorber dapat ditangani dengan cepat dan kerugian yang disebabkan oleh gangguan dapat diperkecil.

6. Daftar Pustaka

- Abdussamad, S. (2009). SIMULASI KENDALIAN FLOW CONTROL UNIT G . U . N . T TIPE 020 DENGAN PENGENDALI PID Abstrak.
- Julie Levine, G. D. (2013). Jump Start : Aspen HYSYS ® Dynamics V8.
- Levine, J., Technology, A., Dissinger, G., Management, P., & Technology, A. (2013). Jump Start : Aspen HYSYS ® Dynamics V8.
- Xue, D. (2007). PID Controller Design.

