



OPTIMASI TUNING PID TEMPERATURE CONTROL PADA ALAT HEATER 2801E101 DENGAN MENGGUNAKAN HYSYS INTERFACING MATLAB

**Mulia Effendi, Nasrul Z.A*, Muhammad, Lukman Hakim, Zainuddin Ginting,
Fikri Hasfita**

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

*E-mail: nasrulza@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian Sistem kontrol Proportional, Integral dan Derivative (PID) merupakan kontroller untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (Feed back). Penukar panas adalah alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Adapun metodologi penelitian ini adalah membuat model steady state Heater, 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 temperature serta mendapatkan variable K_c , T_i dan T_d terbaik. Hasil dari pengaplikasian sistem kontrol PID maka didapatkan waktu tercepat yaitu 0.83 menit dengan nilai $K_c= 1,79$, $T_i= 1,15$ dan $T_d=0,19$. Pada suhu 90oC dengan tekanan 277,7 kPa dengan laju alir 9363 kg/jam. Sedangkan waktu terlama pada hasil pengujian kontrol PID dengan mengubah temperature menjadi 98oC, yaitu 1menit dengan nilai $K_c= 1,85$, nilai $T_i=1,15$ dan $T_d= 0,19$.

Kata kunci: Heater, PID, Steady State, Dynamic, Set Point

1. Pendahuluan

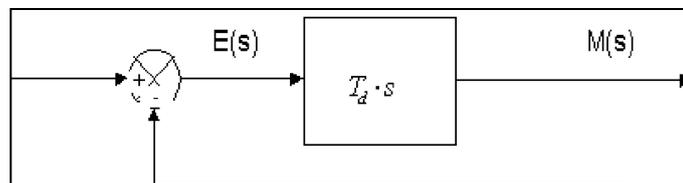
Pengendalian proses adalah “cara memperoleh” keadaan proses agar sesuai dengan yang diinginkan. Pengendalian proses ini bertujuan mempertahankan nilai variabel proses agar bernilai sama dengan *setpoint*. Tetapi tujuan tersebut sulit dipenuhi disebabkan keterbatasan operasi dan kemampuan sistem pengendalian. Oleh sebab itu, tujuan praktis atau tujuan nyata pengendalian proses yaitu mempertahankan nilai variabel proses di sekitar nilai yang diinginkan. Namun perlu diingat bahwa hakikat utama pengendalian proses dalam industri adalah untuk memperoleh hasil akhir proses produksi agar sesuai target. Makna dari

pernyataan ini adalah, satu atau beberapa nilai variabel proses mungkin perlu dikorbankan untuk mencapai tujuan yang lebih besar yaitu hasil akhir proses produksi (Heriyanto, 2010)

PID (proporsional, integral, dan turunan) adalah sebuah pengontrol yang menyertakan elemen dengan tiga fungsi tersebut. Dalam literatur yang menjelaskan tentang PID, pengontrol ini juga digunakan pada level elemen: yang disebut dengan “elemen P”, “I elemen”, dan turunannya elemen sebagai “D elemen. Berdasarkan pengumpulan data pada tahun 1989 di Jepang membuktikan lebih dari 90% dari pengendali yang digunakan dalam industri proses adalah pengendali PID dan versi lanjutan dari kontroler PID (Araki, 2002)

Salah satu jenis pengendali yang paling populer adalah pengendali Proportional Integrator Differentiator (PID). Pengendali PID merupakan pengendali konvensional dan masih sangat banyak dijumpai pada dunia industri. Proses perancangan dan realisasi yang tidak terlalu susah sehingga implementasinya masih dapat berkembang, menyebabkan pengendali PID masih dapat bertahan sampai saat ini (Pratomo, 2012)

Keluaran pengontrol *Derivative* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 1 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran pengontrol (Skogestad & Grimholt, 2011)



Gambar 1 Diagram Pengontrol Derivative

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

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

Derivative action mampu memprediksi dan mengantisipasi *error* atau deviasi. Respon yang lama akibat penambahan *integral term* dapat diatasi dengan *derivative action* maka respon akan lebih cepat (Taryono, 2009).

Sistem kerja *PID controller* ini yaitu apabila pada proses memiliki 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 (Haryono, 2007)

“P” bekerja sebagai pemberi lonjakan pada *present value* untuk bergerak mendekati *set point*, “I” bekerja sebagai yang merapatkan antara *present value* dengan *set point* sedangkan D bekerja sebagai pemendek waktu respon. Hal inilah yang menyebabkan *PID Controller* akan bekerja untuk control yang memiliki respon yang lambat.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada kerja pengontrol diperlukan nilai batas minimum dan maksimum. Batas ini yang akan membatasi nilai *manipulated variable* yang dihasilkan. Komponen PID ini terdiri tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integratif*, dan *Derivative*. Ketiganya dapat dipakai tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*. 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

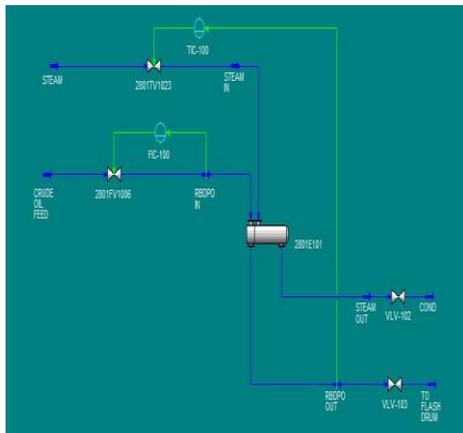
Bahan-bahan dan peralatan yang diperlukan dalam menjalani penelitian ini antara lain adalah Data *actual Heater* Tipe: *Shell and Tube Heat Exchanger* (2801E101), Jenis: *Heater*, Diameter: 0,85 meter, Panjang: 3,5 meter, Komponen: *Refined Bleached Deodorized Palm Oil*. Laptop Asus, Processor intel CORE i5 64-Bit

Operating System Software Aspen Hysys V3.2, Software Design Expert V.7 dan Software Matlab 5.2.

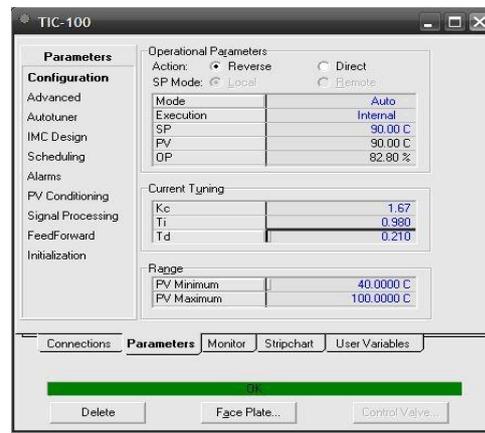
Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan model steady state dari *heater* dengan Hysys hingga model *convergen*. Selanjutnya persiapan untuk masuk ke mode *dynamic Hysys*. Hal ini dilakukan untuk memastikan sistem siap untuk masuk ke *Dynamic* tanpa ada indikasi error. Selanjutnya peneliti 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. Dalam hal ini $K_c=1,67$, $T_i=0,98$, dan $T_d=0,21$ (Julie, 2013).

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 $K_c=1,67$, $T_i=0,98$ dan $T_d= 0,21$. 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* (suhu) pada *heater*.

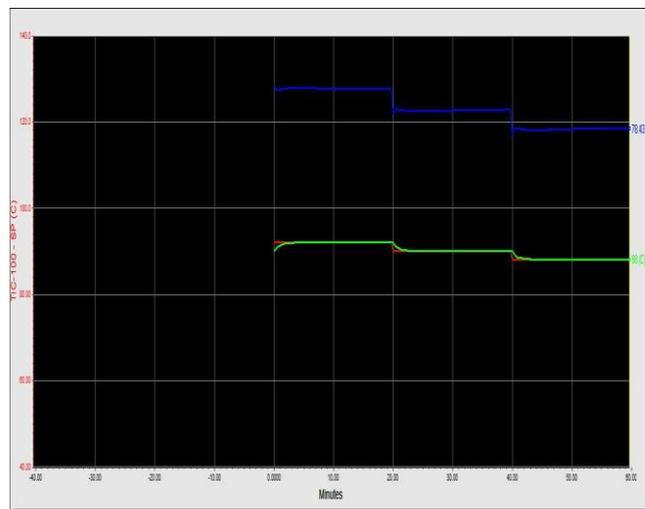


Gambar 2 Platform Penelitian



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 4. Hasil pengujian dengan mengubah setpoint dari 605 psig ke 610 lalu kembali ke 605 dan turun ke 600, waktu respon yang diperoleh rata-rata 80 menit. Seperti yang terdapat pada Gambar 4



Gambar 4 Respon Controller PIC 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 suhu *Heater* (2801E101) 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 Hasil Penelitian RSM 3 Menggunakan *Software Design Expert V.7*

Run	Variabel Bebas			Variabel Terikat
	A:Kp	B:Ti	C:Td	Waktu <i>Present Value</i> mencapai <i>Set Point</i> (menit)
1	1,85	1,15	0,19	1,00
2	1,79	1,15	0,19	0,83
3	1,79	1,15	0,19	0,83
4	1,79	1,20	0,19	0,99
5	1,83	1,18	0,15	0,97
6	1,79	1,15	0,19	0,83
7	1,74	1,15	0,19	0,98
8	1,76	1,18	0,15	0,88
9	1,79	1,15	0,19	0,83
10	1,83	1,18	0,22	0,95
11	1,83	1,12	0,22	0,99
12	1,79	1,10	0,19	0,93
13	1,76	1,12	0,22	0,97
14	1,79	1,15	0,19	0,83
15	1,79	1,15	0,12	0,87
16	1,76	1,18	0,22	0,90
17	1,76	1,12	0,15	0,86
18	1,83	1,12	0,15	0,96
19	1,79	1,15	0,19	0,83
20	1,79	1,15	0,25	0,89

Pada RSM 3 diperoleh hasil respon tercepat diperoleh pada run kedua dengan waktu 0,83 menit dengan nilai Kc sebesar 1,79, nilai Ti sebesar 1,15 menit, dan Td sebesar 0,19 menit. Sedangkan respon terlambat diperoleh pada run pertama. Respon terlambat pada RSM 3 diperoleh dengan waktu 1,00 menit dengan nilai Kc sebesar 1,85, nilai Ti sebesar 1,15 menit dan Td sebesar 0,19 menit. 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.13 memberikan model estimasi koefisien untuk masing – masing variabel sebagai berikut.

- Waktu RSM 3 = Model Persamaan (*Process Order: Quadratic*) adalah:

$$233,70934 - (179,21569 * Kc) - (112,99538 * Ti) + (35,56190 * Td) + (2,57130 * Kc * Ti) - (11,86753 * Kc * Td) - (15,22999 * Ti * Td) + (49,89182 * Kc^2) + (48,36911 * Ti^2) + (9,68586 * Td^2) \dots\dots\dots(1)$$

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 ²	Adj R ²	Pred R ²	Keterangan
<i>Linear</i>	0,27	0,5581	0,4753	0,3205	-
<i>2FI</i>	0,29	0,6000	0,4153	-0,2198	-
<i>Quadratic</i>	<u>0,16</u>	<u>0,9006</u>	<u>0,8112</u>	<u>0,2719</u>	<i>Suggested</i>
<i>Cubic</i>	0,000	1,0000	1,0000		<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 90% data eksperimen bersesuaian dengan hasil prediksi oleh model dan hanya kurang dari 10% total variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

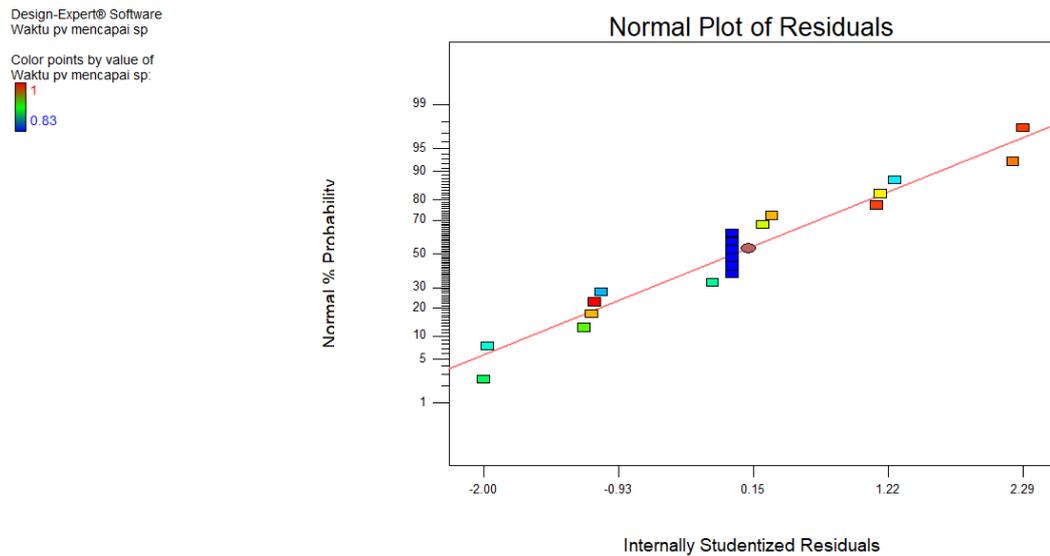
Tabel 4 Data Analisa Varian (ANOVA)

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>	Keterangan
Model	0,074794	9	0,00831	13,2216	0,0002	<i>significant</i>
A-Kc	0,006313	1	0,00631	10,0444	0,01	
B-Ti	0,000032	1	0,000032	0,05092	0,826	
C-Td	0,002208	1	0,00221	3,51224	0,0904	
AB	0,00005	1	0,00005	0,07955	0,7837	
AC	0,0018	1	0,0018	2,86371	0,1215	
BC	0,00245	1	0,00245	3,89782	0,0766	
A ²	0,041032	1	0,04103	65,2797	< 0,0001	
B ²	0,026341	1	0,02634	41,9068	< 0,0001	
C ²	0,003017	1	0,00302	4,79953	0,0533	
Residual	0,006286	10	0,00063			
Lack of Fit	0,006286	5	0,00126			
Pure Error	0,000	5	0,000			
Cor Total	0,08108	19				

Pada Tabel 4 nilai probabiliti (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 (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 temperature pada *Heater* (2801E101). 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.

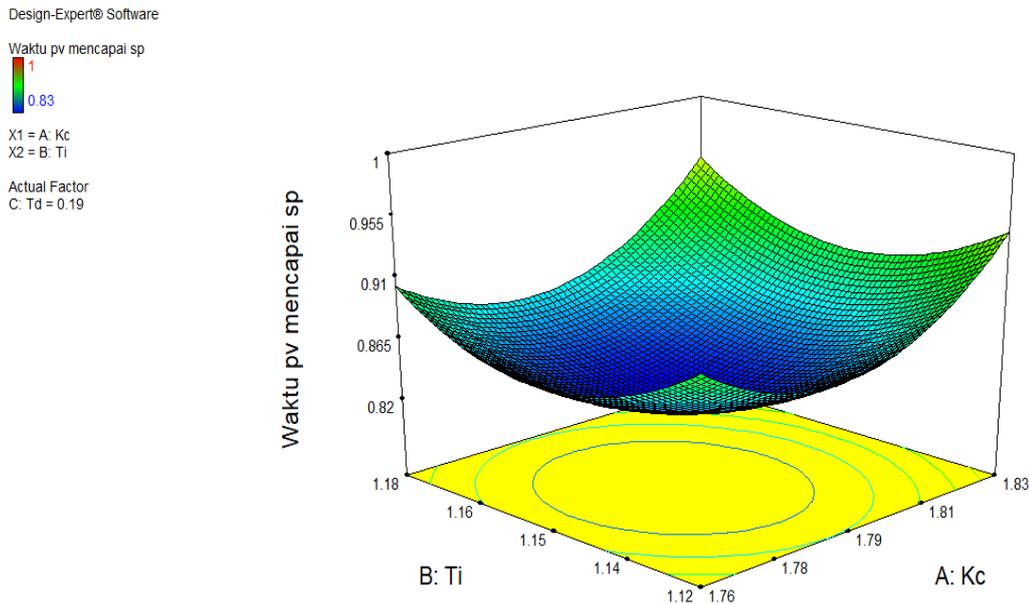
3.3 Regresi Statistik untuk Efisiensi Optimasi terhadap Waktu Respon

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



Gambar 5 Grafik Plot Residual Waktu

Model menunjukkan koefisiensi determinasi yang cukup tinggi (R^2 0,9225) dan koefisien determinasi terkoreksi juga cukup tinggi (adj. R^2 0,8527). Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari 92% data eksperimen bersesuaian dengan hasil prediksi oleh model dan hanya kurang dari 8% 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 yang terkoreksi jelas akan lebih kecil dari R^2 . Pada kasus ini nilai R^2 terkoreksi (adj. R^2) lebih rendah dari R^2 . 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 optimum time (y) dari interaksi Kc (X1) dan Ti (X2). Titik optimum dari interaksi tersebut didapat pada Kc= 1,85, Ti=1,15 dan Td=0,19 maka *time* (menit) yang diperoleh adalah 1 menit dan titik minimum yang diperoleh Kc=1,79, Ti= 1,15 dan Td=0,19 maka *time* (menit) yang diperoleh adalah 0,83 menit.

Berdasarkan faktor karakteristik dari control PID, jika nilai Kc terlalu kecil pengontrol *proportional* hanya mampu melakukan korelasi 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 dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian maka dapat disimpulkan bahwasanya Model *Quadratic* memberikan hasil yang mendekati data eksperimen, dari 3 model yang diuji, masing – masing model memberikan hasil prediksi mendekati data eksperimen sehingga mengindikasikan bahwa model ini sangat berpengaruh pada variabel terikat, Model menunjukkan koefisiensi determinasi yang cukup tinggi (R^2 0,9225) dan koefisien determinasi terkoreksi juga tinggi (adj. R^2 0,8527). Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari 92% data eksperimen sesuai dengan hasil prediksi, Pada pengujian menggunakan software Design Expert (RSM) didapatkan hasil tuning parameter terbaik pada $K_c= 1,79$, $T_i=1,15$ dan $T_d= 0,19$. Nilai K_c dan T_i merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon waktu pada control PID. Waktu tercepat pada controller dalam merespon gangguan adalah tuning parameter terbaik pada $K_c= 1,79$, $T_i= 1,15$ dan $T_d= 0,19$ untuk mengatasi gangguan sebesar 0,83 menit.

Penggunaan cara bisectional pada model Design Expert X.13 (*Response Surface Methodology*) terbukti mampu menghasilkan hasil yang lebih rinci dalam mencari respon tercepat terhadap gangguan pada penelitian *Temperature Control* pada *Heater*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, sipenulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk menggunakan kombinasi RSM dan *bisectional* dalam penelitian sejenis dimasa mendatang.

5. Daftar Pustaka

1. Araki. (2002). PID Control. Edisi 1, *Kyoto University*, Japan
2. Damanik, I. Y., ZA, N., & Muhammad, M. (2020). Optimasi Aplikasi Kontrol PI pada Tekanan di Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Hal. 15-32. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i2.2679>
3. Haryono. (2007). Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol. In *Direktorat Pengolahan Angkatan XVII*, Balongan.
4. Heriyanto. (2010). Pengendalian Proses. *Jurusan Teknik Mesin, Politeknik ITB*, Bandung.
5. Julie Levine, G. D. (2013). Chemical Process Principles. *Jump Start* :

Aspen HYSYS® Dynamics V8.

6. Pratomo, V. A. (2012). *Perancangan Pengendali Pid Pada Pressure Process Rig (38-714) Berbasis Mikrokontroler E (S)*, *Jurnal Teknik Ftup Volume 25 Nomor 2 Juni*, Hal.106–113.
7. Skogestad, S., & Grimholt, C. (2011). The SIMC method for smooth PID controller tuning. *Process Control*, Skogestad, Hal.1–29.
8. Taryono, O. (2009). *Aplikasi HYSYS Dynamic untuk Process Control*. Jakarta.