



**Chemical Engineering  
Journal Storage**

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

**Chemical  
Engineering  
Journal  
Storage**

## **PERMODELAN APLIKASI KONTROL PID-TEMPERATUR KONTROL PADA DESUPERHEATER (BH-1074) PADA PT – PUPUK ISKANDAR MUDA DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

**Monika Ramazela, Nasrul ZA\*, Fahirul Muhar, Azhari Azhari, Novi Sylvia, Fikri Hasfita, Raudhatul Ulfa, Wiza Ulfa Fibarzi.**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355  
Korespondensi: HP: 082164699680, e-mail: nasrulza@unimal.ac.id

### **Abstrak**

*PID merupakan salah satu metode kendali dengan tiga buah parameter, P (proportional) yang berfungsi untuk memberikan respon sistem, I (integral) yang berfungsi untuk mengkoreksi dan mereduksi offset dan D (derivatif) yang berfungsi untuk mereduksi overshoot. Desuperheater digunakan untuk melakukan proses desuperheating yaitu menurunkan suhu superheat dan mengembalikan uap ke keadaan jenuh serta meningkatkan Yield H<sub>2</sub>O dalam kondisi gas. Metodologi penelitian ini adalah membuat Model steady state Desuperheater sesuai dengan data yang diperoleh di PT.Pupuk Iskandar Muda. Setelah model steady state diperoleh maka model tersebut diubah menjadi model dynamic dengan cara ditambahkan temperatur kontrol valve pada bagian yang ingin dikontrol. Kemudian pasang kontrol yang diinginkan dalam plant tersebut didalam Aspen hysys. Setelah itu melakukan tunning terhadap parameter Kc, Ti dan Td dengan cara memberikan gangguan pada set point dan melakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh menggunakan Response Surface Methodology (RSM). Tujuan Penelitian ini untuk mendapatkan waktu respon tercepat terhadap gangguan temperatur pada nilai Kc, Ti dan Td terbaik. Hasil respon tercapat didapatkan pada nilai Kc 3,69; nilai Ti 0,0269 dan nilai Td 0,0015 dengan waktu 17.4921 detik.*

*Kata kunci: Desuperheater, Dynamic, PID, Steady State, Tunning*

<http://dx.doi.org/10.29103/cejs.v2i4.7957>

### **1. Pendahuluan**

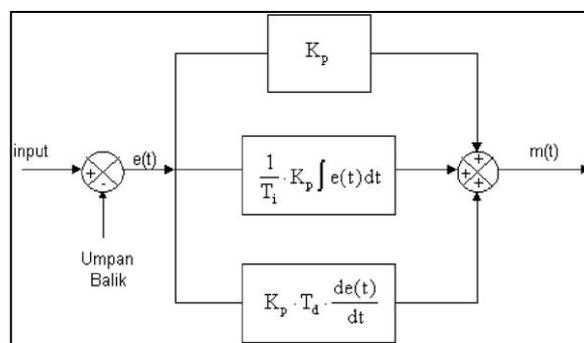
Sistem pengendalian memberikan banyak manfaat. Desain sistem kontrol umumnya mengadopsi keadaan transien sebagai dasar untuk mengatur parameter kontrol. Hal ini akan kurang efektif jika sistem mengubah karakteristik selama

operasi karena operator harus mengamati kembali transien untuk menyesuaikan parameter kontrol. Selain itu, ketika mengatur parameter kontrol, minimalisasi

111

nilai kesalahan dan upaya yang diberikan ke pabrik perlu dipertimbangkan. Ini dirancang untuk menjadi kompromi antara daya tahan komponen dan kualitas output sistem. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi parameter kontrol yang digunakan.

PID (Proporsional, Integral, dan Derivatif) adalah pengatur yang menyertakan elemen-elemen dengan ketiga fungsi tersebut. Dalam literatur yang menjelaskan PID, disebutkan bahwa pengontrol juga digunakan pada tingkat elemen: yang disebut elemen P, elemen I dan turunannya sebagai elemen D. Menurut data yang dikumpulkan di Jepang pada tahun 1989, hingga 90% pengontrol di industri proses adalah pengontrol PID serta versi lanjutan dari pengontrol PID (Araki, 2002). Tiga pengontrol digabungkan secara paralel untuk membentuk pengontrol proporsional-integral-turunan (pengontrol PID). Elemen kontrol P, I, dan D masing-masing memiliki tujuan keseluruhan untuk mengontrol kecepatan reaksi sistem, menghilangkan offset, dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Gambar 1 di bawah ini akan menunjukkan diagram blok dari pengontrol PID yang disimulasikan.



**Gambar 1** Diagram *Controller* PID Analog

Untuk memaksimalkan kerja pengontrol, diperlukan batas minimum dan maksimum, yang akan membatasi nilai variabel manipulasi yang dihasilkan. Komponen PID terdiri dari tiga jenis yaitu proporsional, integral dan turunan. Ketiganya bisa digunakan bersama-sama atau sendiri-sendiri, tergantung bagaimana kita menyikapi tanaman tersebut. Kontroler dapat diatur dengan

112

Monika Ramazela / *Chemical Engineering Journal Storage 2 :4 (Oktober 2022) 111–120*  
 mengatur gain pengontrol  $K_c$ , reset integral  $T_i$  dan gain diferensial  $T_d$ . Tabel 1 dan 2.4 menunjukkan parameter untuk menyetel PID (Julie, 2013)

**Tabel 1** Parameter Tuning PID

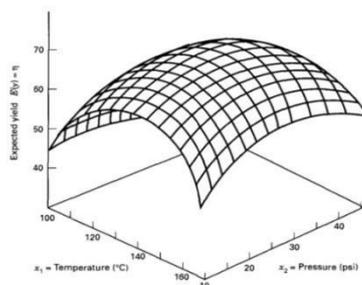
Sistem	$K_c$	$T_i$	$T_d$
Laju Alir	0,1	0,2	0
Tekanan	2	2	0
Temperatur	1	20	0
Level	2	10	0

(Sumber: Julie, 2013)

Sebuah sistem kontrol memiliki kemampuan untuk menyesuaikan proses atau pengaturan alat untuk mendapatkan sistem dengan hasil responsif yang stabil. Berbagai penyesuaian telah ditemukan. Salah satunya adalah dengan menggunakan Response Surface Method (RSM). Metode permukaan respons (RSM) adalah kumpulan metode matematika dan statistik untuk pemodelan dan analisis yang dirancang untuk melihat pengaruh beberapa variabel kuantitatif terhadap variabel respons dan untuk mengoptimalkan variabel respons. Misalnya, kita akan mencari level suhu ( $x_1$ ) dan tekanan ( $x_2$ ) yang mengoptimalkan hasil produksi ( $y$ ). Hubungan antara variabel-variabel tersebut dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$y = f(x_1 + x_2) + \varepsilon \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana  $\varepsilon$  merupakan error pengamatan pada respon  $y$ . Jika nilai harapan respon dituliskan  $Ey = (x_1 + x_2) = \eta$ , maka  $\eta = (x_1 + x_2)$  merepresentasikan sebuah permukaan yang disebut permukaan respon. Pada umumnya, permukaan respon digambarkan dengan sebuah grafik, seperti yang tampak pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Permukaan Respon

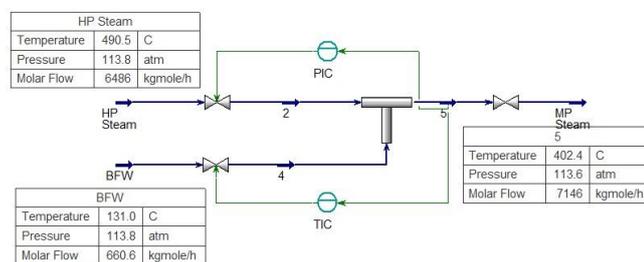
## 2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah

Data aktual Desuperheater di PT. Pupuk Iskandar Muda Tipe Desuperheater (BH1074). Simulasi menggunakan Laptop Lenovo, *Processor intel CORE i5 64-Bit Operating System* pada *Software Aspen Hysys V10* dan *Software Design Expert V.13*

Tahap pertama pembuatan model steady state dari desuperheater dengan Hysys, Langkah dimulai dengan memasukkan informasi spesifikasi alat, memasang temperatur kontrol, memanfaatkan fasilitas Dynamic Assistant dari Hysys untuk memastikan sistem sudah siap untuk masuk ke Dynamic. Bila tidak ada indikasi error, maka sudah bisa masuk ke Dynamic.

Tahap kedua adalah Rancangan percobaan yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi Design Expert Ver 7.0. RSM dengan model Central Composite Design.. RSM dilakukan 3 kali, RSM pertama menggunakan  $K_c$  3,69;  $T_i$  0,0. Berikutnya adalah RSM kedua, yang menggunakan basis  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  saat runtime Waktu tercepat dengan RSM pertama. Penentuan nilai  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  pada RSM Yang ketiga dilakukan dengan cara yang sama pada RSM kedua. Lanjut Mengolah data dari RSM dengan hasil terbaik untuk mendapatkan model matematika. Selanjutnya, uji nilai  $K_c$  dan  $T_i$  terbaik terhadap kemampuan Menanggapi gangguan dengan mengubah set point temperatur pada Desuperheater. Platform penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Platform Penelitian

Pada gambar 3, Terlihat bahwa platform tersebut sudah dalam mode Dynamic dan telah dipasang kontrol, pada gambar 2 juga dapat dilihat *setting* dan pengisian parameter untuk uji platform. Pengujian dilakukan dengan mengubah *setpoint* dari 410 ke 402,4 lalu kembali ke 410 dan turun ke 402,4 dengan mengubah parameter  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  sehingga diperoleh response time.

### 3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini didesain menggunakan Response Surface Methodology (RSM) dengan software Design Expert V.13. Hasil penelitian berupa waktu tercepat dalam merespon gangguan pada suhu alat *Desuperheater* (BH-1074) dengan mentuning nilai parameter yang telah ditentukan agar didapatkan waktu respon tercepat. Nilai parameter Kc, Ti dan Td 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.13*

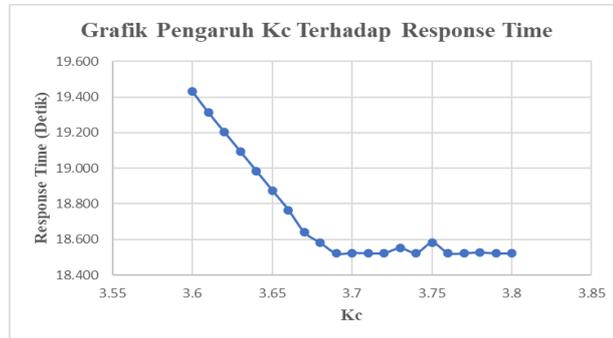
Run	Variabel Bebas			Variabel Terikat	
	<u>A:Kc</u>	<u>B:Ti</u>	<u>C:Td</u>	Respon Time (Detik)	Bukaan Valve (%)
1	3.685	0.0267	0.00146591	18.9045	66.86
2	3.685	0.0267	0.00155	18.3208	66.86
3	3.685	0.0270364	0.00155	18.6596	66.86
4	3.685	0.0267	0.00155	18.3196	66.86
5	3.68	0.0269	0.0015	18.465	66.86
6	3.685	0.0267	0.00155	18.9327	66.86
7	3.69	0.0265	0.0015	18.3372	66.86
8	3.69	0.0269	0.0015	17.4921	66.86
9	3.68	0.0269	0.0016	18.3202	66.86
10	3.68	0.0265	0.0015	18.6685	66.86
11	3.685	0.0267	0.00155	18.3196	66.86
12	3.69	0.0269	0.0016	18.6275	66.86
13	3.685	0.0267	0.00155	18.8399	66.86
14	3.69341	0.0267	0.00155	18.6792	66.86
15	3.69	0.0265	0.0016	18.5186	66.86
16	3.67659	0.0267	0.00155	18.3196	66.86
17	3.68	0.0265	0.0016	18.5181	66.86
18	3.685	0.0267	0.00155	18.0366	66.86
19	3.685	0.0267	0.00163409	18.5186	66.86
20	3.685	0.0263636	0.00155	18.73	66.86

Sumber: (Penelitian Aplikasi PI *Temperature Control Aspen Hysys*, 2022)

Pada RSM 3 diperoleh hasil respon tercepat yang terletak pada run ke-8. Hasil tercepat ini diperoleh dengan waktu 17,4921 detik dengan nilai Kc sebesar 3.69; nilai Ti sebesar 0.0269 dan nilai Td sebesar 0.0015. Sedangkan respon yang terlambat pada RSM 3 diperoleh pada run ke-1. Respon terlambat pada run ke-3 diperoleh dengan waktu 18.9045 detik dengan nilai Kc sebesar 3.685; nilai Ti sebesar 0.0267 dan nilai Td sebesar 0.00146591.

### 3.1 Pengaruh Kc Ti dan Td Terhadap Waktu Respon *Desuperheater* (BH1074)

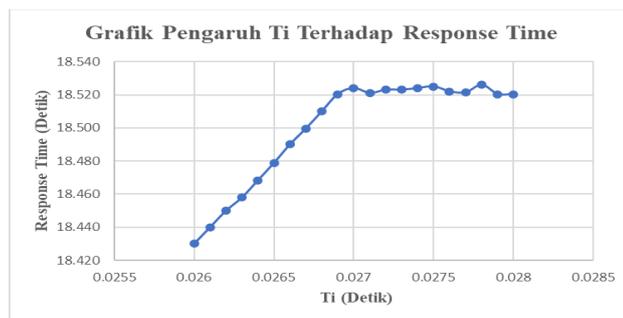
Grafik kecenderungan Kc terhadap *Desuperheater* (BH-1074) terhadap waktu respon dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Kc Terhadap Response Time

Data grafik pengaruh Kc terhadap waktu respon diperoleh dengan mentrial nilai Kc pada range 3,6 sampai 3,8 untuk nilai Ti dan Td dibuat tetap pada nilai masing-masingnya adalah  $T_i = 0,0269$  dan  $T_d = 0,0016$ . Sehingga dapat dilihat pengaruh Kc terhadap sistem.

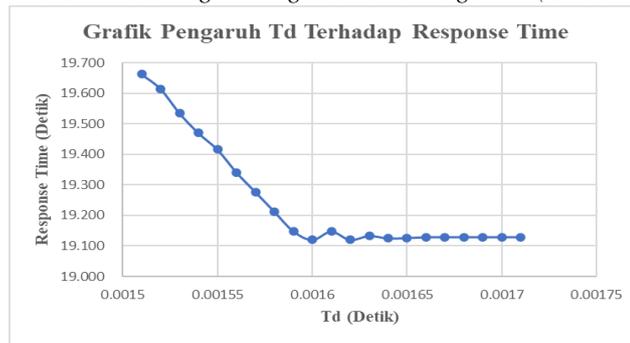
Grafik kecenderungan Kc terhadap *Desuperheater* (BH-1074) terhadap waktu respon dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Kc Terhadap Response Time

Data grafik pengaruh Ti terhadap waktu respon diperoleh dengan men-trial nilai Ti pada range 0,026 sampai 0,028 untuk nilai Kc dan Td dibuat tetap pada nilai masing-masingnya adalah  $K_c = 3,69$  dan  $T_d = 0,0016$ . Sehingga dapat dilihat grafik kecenderungan atau pengaruh Ti terhadap sistem.

grafik kecenderungan Td terhadap waktu pada *Desuperheater* (BH-1074) dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut:



**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh Td Terhadap Waktu Respon

Data grafik pengaruh Td terhadap waktu respon diperoleh dengan mentrial nilai Td pada range 0,00151 sampai 0,00171 untuk nilai Kc dan Ti dibuat tetap pada nilai masing-masingnya adalah Kc = 3,69 dan Ti = 0,0269. Sehingga dapat dilihat grafik kecenderungan atau pengaruh Td terhadap waktu respon pada sistem *Desuperheater* (BH-1074).

Hasil perancangan kontroller PID yang dilakukan ternyata bisa menunjukkan karakteristik respon sistem. Proportional kontroller memberikan efek mengurangi waktu naik, tapi tidak menghapus error pada steady state. Integral kontroller memberikan efek menghapus kesalahan pada steady state tapi berakibat pada respon transien yang buruk. Sedangkan derivatif kontroller akan memberikan efek meningkatkan stabilitas sistem, mengurangi overshoot akan menaikkan respon transien (S. Adri, 2020).

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

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:

$$47327.2 + 24352.3 \times B3 + 193262 \times C3 - 81889.9 \times D3 - 74512.5 \times B3 \times C3 - 9650 \times B3 \times D3 + 3061250 \times C3 \times D3 - 3035.06 \times B3^2 + 1432240 \times C3^2 + 11206100 \times D3^2$$

(Process Order: Quadratic).....(2)

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

Analisa varian (ANOVA) perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variabel terikat secara individu, Quadratic maupun interaksi pada model yang diusulkan.

Tabel 3 Regresi Statistik RSM 3

Source	Std. Dev.	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	Pred R <sup>2</sup>	PRESS	Keterangan
Linear	0.3542	0.0123	-0.1729	-0.7925	3.64	
2FI	0.2412	0.6276	0.4558	-0.1045	2.24	
<b>Quadratic</b>	<b>0.2026</b>	<b>0.7979</b>	<b>0.6161</b>	<b>-0.5558</b>	<b>3.16</b>	<b>Suggested</b>
Cubic	0.0582	0.9917	0.9683		*	Aliased

Sumber: (Penelitian Aplikasi PID Temperature Control Design Expert, 2022)

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 98% data eksperimen bersesuaian dengan hasil prediksi oleh model dan hanya kurang dari 2% total variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

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

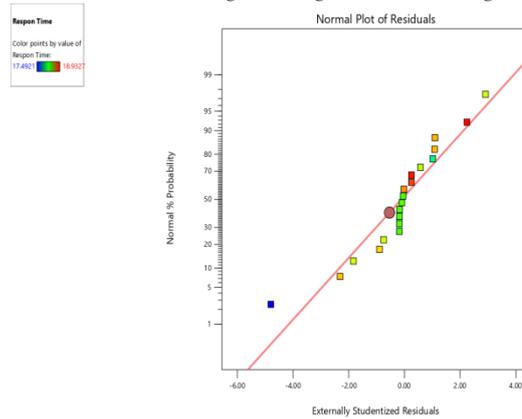
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-value	p-value	Keterangan
Model	1.62	9	0.1801	4.39	0.0152	significant
A-Kc	0.0091	1	0.0091	0.2223	0.6474	
B-Ti	0.0001	1	0.0001	0.0026	0.9601	
C-Td	0.0157	1	0.0157	0.3833	0.5497	
AB	0.4673	1	0.4673	11.38	0.0071	
AC	0.5716	1	0.5716	13.92	0.0039	
BC	0.2119	1	0.2119	5.16	0.0464	
A <sup>2</sup>	0.0096	1	0.0096	0.2347	0.6385	
B <sup>2</sup>	0.0596	1	0.0596	1.45	0.2559	
C <sup>2</sup>	0.2802	1	0.2802	6.82	0.0259	
Residual	0.4106	10	0.0411			
Lack of Fit	0.3936	5	0.0787	23.26	0.0018	not significant
Pure Error	0.0169	5	0.0034			
Cor Total	2.03	19				

Sumber: (Penelitian Aplikasi PID Temperature Control Design Expert, 2022)

. Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa model Quadratic signifikan. Model berpengaruh pada nilai Kc, Ti dan Td berpengaruh secara nyata dalam mencapai waktu tercepat dalam merespon gangguan pada temperature pada alat Desuperheater (BH-1074).

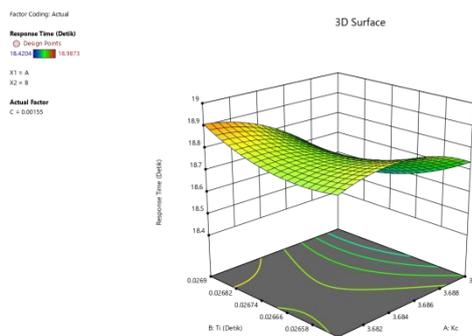
### 3.3 Regresi Statistik untuk Efisiensi Optimasi terhadap Waktu Respon

pada Tabel 4.7; 4.8 dan 4.9 menunjukkan analisa terhadap model korelasi variabel bebas terhadap variabel terikat.



**Gambar 4.5** Model Grafik 3D Surface Untuk Variabel Time RSM 1

Model menunjukkan koefisiensi determinasi yang cukup tinggi ( $R^2 = 0.7970$ ) dan koefisien determinasi terkoreksi juga tinggi ( $\text{adj. } R^2 = 0.6143$ ). 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.



**Gambar 4.5** Model Grafik 3D Surface Untuk Variabel Time RSM 1

Gambar 4.2 menunjukkan titik *optimum time* (y) dari interaksi Ti (xi) dan Kc (x<sub>2</sub>) dan Td. 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.

#### 4. Simpulan dan Saran

Nilai  $K_c$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  yang diperoleh mampu menjaga Temperatur Desuperheater berada pada *set point* nya atau temperature yang diinginkan. Respon tercepat diperoleh pada nilai  $K_c$  3,69; nilai  $T_i$  0,0269 dan nilai  $T_d$  0,0015 dengan waktu 17.4921 detik. Para perancang sistem kontrol membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan transfer function suatu sistem. Namun jika persamaan tersebut sudah didapatkan, maka proses analisisnya tidak terlalu sulit. Penggunaan software-software lainnya akan membantu proses di atas. Salah satu software tersebut adalah MatLab.

#### 5. Daftar Pustaka

Julie, L. G. D. (2013) 'Jump Start : Aspen HYSYS Dynamic V8.

Didik Wahjudi, Iely Tjandranitia Dewi and Gan Shu San (1999) 'Optimasi Kualitas Warna Minyak Goreng Dengan Metode Response Surface', Jurnal Teknik Industri, 1(1), pp, 18 - 29, Available at: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/view/15978>.

Skogestad, S. and Grimholt, C. 2011 'The SIMC method for smooth PID Controller tuning', Proses Control, (Skogestad 2003), pp. 1-29.

DianAnggraeni, RiaFaulina and ShofiAndari (2011) *Response Surface Methodology (RSM) Dan Aplikasinya*. Surabaya.

RaditaArindya (2015) 'Penalaan kendali pid untuk pengendali proses', Seminar Nasional Cendekiawan, pp. 30-37.