

# STUDI PENGENDALIAN FLOW LIQUID PADA SCRUB TOWER C-4501 DI PT PERTA ARUN GAS

Muhammad Irhsan<sup>1</sup>, Azhar<sup>2</sup>, Muhammad Kamal<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Instrumentasi dan Otomasi Industri,  
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe  
irhsanmd@gmail.com

**Abstrak** - Suatu pengendalian sangat dibutuhkan, salah satunya Flow Liquid pada Scrub Tower C – 4501 di PT. Perta Arun Gas, agar tidak terjadinya laju aliran berlebih yang masuk pada Scrub Tower C – 4501 maka dibutuhkan suatu pengendalian flow liquid, untuk mengurangi atau menghilangkan gangguan tersebut. Sehingga set-point pada flow liquid dapat dijaga dengan nilai yang sudah ditentukan. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan permodelan matematis pada plant untuk mendapatkan fungsi alih, setelah itu menggunakan sistem pengendalian PI (Proporsional plus Integral) dengan metode Ziegler-Nichols dan Chien, Hrones and Reswick. Tujuan dari penelitian ini untuk menjaga kestabilan sistem flow liquid pada Scrub Tower C-4501 sesuai dengan set-point. Dari hasil pengujian dan analisis, diketahui pada metode Chien, Hrones and Reswick dengan parameter  $K_p = 3,51$  dan  $K_i = 3,2$  menghasilkan performansi sistem berupa %Mp = 85%,  $t_r = 5,32$  detik dan  $t_p = 10,3$  detik dan  $t_s = 266,66$  detik. Pada metode perhitungan setting Ziegler-Nichol dengan parameter  $K_p = 9,615$  dan  $K_i = 1,102$  menghasilkan performansi sistem berupa %Mp = 15,9%,  $t_r = 5,90$  detik,  $t_p = 8,84$  detik dan  $t_s = 19,32$  detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode Ziegler-Nichols merupakan pengendali PI ideal bagi sistem pengendalian flow liquid pada Scrub Tower C-4501 di PT Perta Arun Gas.

**Kata Kunci:** Scrub Tower Tank C – 4501, Kendali PI, Ziegler Nichols, Chien, Hrones and Reswick.

## I. PENDAHULUAN

Sistem kendali adalah suatu alat atau kumpulan alat yang digunakan untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Tujuan utama dari sistem kendali adalah mendapatkan optimasi yang diperoleh dari fungsi sistem kendali itu sendiri, yaitu: pengukuran, membandingkan, perhitungan, dan perbaikan.

Pada lingkungan industri, sistem kendali merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dan memberikan begitu banyak manfaat. Sebagai contoh adalah sistem kendali pada proses pemisahan hidrokarbon-hidrokarbon berat dari feed gas., dimana Gas merupakan bahan utama yang dihasilkan PT.Perta Arun Gas

Sistem kendali banyak digunakan pada proses – proses pengolahan dan produksi gas tersebut. Sistem kendali tersebut digunakan untuk mengendalikan suatu variabel atau parameter agar tetap pada nilai yang ditentukan. Pada sistem yang spesifik, contoh pengendalian flow liquid yang terdapat pada salah satu tangki, yaitu *Scrub Tower Tank C - 4501*. Pada keadaan tertentu, flow liquid tersebut akan membahayakan tangki itu sendiri, dan untuk mengurangi atau menghilangkan gangguan tersebut dapat digunakan sistem kendali, sehingga flow liquid dapat dijaga pada nilai yang telah ditentukan. Dengan demikian proses Pemisahan Gas akan seperti yang diharapkan. Karena itu, proses pengendalian dari *flow liquid* dapat dijadikan kajian sebagai salah satu sarana penerapan ilmu bagi mahasiswa/i yang berkonsentrasi di bidang instrumentasi dan otomasi industri.

Salah satu metode yang digunakan pada pengendalian di industri adalah menggunakan metode PI (Proporsional dan Integral). Metode ini digunakan untuk mengurangi osilasi atau ketidak stabilan dari sistem dan meredam gangguan. Metode ini dapat digunakan dengan *men-tuning* parameter – parameter PI pada kontroler.

Berdasarkan latar belakang, maka terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut: Memodelkan matematis Scrub Tower C-4501. Memodelkan plant simulasi kontrol PI menggunakan software MATLAB M-File. Serta membandingkan permodelan kendali PI *Chien, Hrones and Reswick* dengan *Ziegler-Nichols*. Objek penelitian adalah tangki *Scrub Tower* pada PT. Perta Arun Gas.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

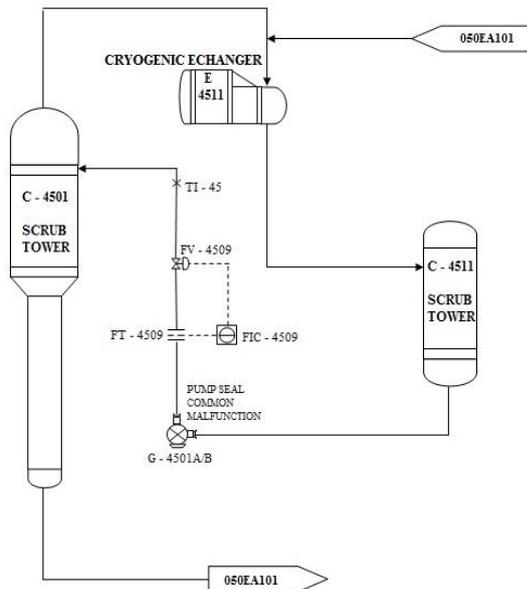
### A. Scrub Tower C–4501

Tujuan utama bagian scrubbing adalah untuk memisahkan hidrokarbon-hidrokarbon berat dari feed gas. Scrub tower memisahkan etan dan hidrokarbon-hidrokarbon seperti propane, butan, pentan, dan hexa plus dari gas alam yang telah diolah. Hidrokarbon-hidrokarbon yang lebih berat dipisahkan pada sebuah refrigerant preparation unit. Hidrokarbon yang lebih ringan seperti etan dan propan (yang mengandung sedikit butan) digunakan untuk menggantikan kehilangan-kehilangan didalam sistem Multi Component Refrigerant (MCR). Pemisahan efektif daripada hidrokarbon-hidrokarbon berat, pentan plus didalam scrub tower mengurangi kemungkinan penyumbatan pada main cryogenic heat exchanger dan peralatan yang berhubungan.

Dari scrub tower condenser gas/cairan yang telah didinginkan mengalir ke scrub tower separator. Aliran masuk melalui sebuah splash cone, dimana cairan akan jatuh ke dasar drum. Gas mengalir dari puncak scrub tower separator melalui sebuah demister dimana cairan yang terikat dipisahkan. Gas selanjutnya mengalir melalui pipa 16 inch ke main cryogenic exchanger.

Sebagian cairan didalam scrub tower separator diarahkan ke kolom scrub tower sebagai reflux dengan kontrol yang baik,

dan kelebihan cairan dialirkan ke main cryogenic exchanger dengan level terkontrol. Proses kendali flow transmitter pada scrub tower dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Proses Kendali Flow Liquid pada Scrub Tower C-4501

Pada proses loop kendali flow transmitter scrub tower aliran outlet atau DISC G-4501 dibaca dan dideteksi oleh FT-4509. Kemudian flow transmitter merubah variabel besarnya instrumen, yaitu aliran gas yang mengalir dipipa dibaca dan diubah besarnya instrumen. Pada proses ini besaran elektrik (4-20 mA) yang perlu diingat pada pengontrolan flow transmitter adalah sifat sinyal pengukuran flow yang selalu mengandung riak gelombang atau noise, karena inilah banyak flow transmitter yang dilengkapi damping semua riak, gelombang dan noise dapat diredam dengan fasilitas damping yang ada di transmitter maupun controller, karena damping mengandung resiko kelambatan sistem damping yang terlalu besar justru akan menipu hasil pengukuran. Kemudian output dari flow transmitter dikirim ke FR-4509, FI-4509, dan FIC-4509.

FR-4509 adalah Flow Recorder yang berfungsi untuk merecord bacaan aliran dari FT-4509. FR-4509 terletak di Main Control Room. Kemudian sinyal FT-4509 dikirim juga ke FI-4509. FI-4509 adalah Flow Indicator yang berfungsi sebagai indikasi bacaan dari FT-4509. FR-4509 terletak di lapangan. Lalu sinyal FT-4509 dikirim juga ke FIC-4509. FIC-4509 adalah Flow Indicator Controller yang berfungsi untuk mengukur, membandingkan, menghitung, dan mengoreksi lalu kemudian memerintahkan untuk membuka dan menutup valve. Controller ini adalah elemen yang mengerjakan tiga dari empat tahap langkah pengendalian, yaitu membandingkan set poin dengan measurement variable,

menghitung berapa banyak koreksi yang diperlukan, dan mengeluarkan sinyal koreksi sesuai dengan hasil perhitungan.

Kemudian output dari controller dikirim ke control valve, tetapi sinyal dari output controller berupa dalam bentuk sinyal elektrik, maka harus diubah ke pneumatik, alat yang mengubah sinyal itu adalah Transducer FY-4509. Kemudian sinyal tersebut masuk dan memerintahkan control valve sesuai dengan perintah controller baik perintah untuk menutup/membuka sesuai dengan yang dibutuhkan.

## B. Control Valve

*Control valve* adalah katup yang digunakan untuk mengendalikan tekanan, aliran, suhu dan level cairan dengan cara mengubah pembukaan atau penutupan dari katup sesuai dengan *set point* yang ditentukan. Pada sebuah *loop* tertutup, *control valve* merupakan sebuah elemen penggerak akhir (*final element*). Elemen penggerak akhir ini dapat dimanipulasi oleh *controller* sesuai dengan kesalahan atau *error* dari keluaran *plant* yang terbaca.

Pada proses pengendalian flow liquid di scrub tower c-4501, *control valve* yang digunakan adalah *control valve air to open* jenis *butterfly valve* dan di beri kode FV-4509. *Control valve air to open* (ATO) berfungsi sebagai *actuator* yang menjaga flow liquid pada scrub tower c-4501. Jika flow liquid yang terbaca pada *flow transmitter* tidak sesuai dengan nilai yang di tetapkan, maka *controller* akan memberikan sinyal perintah kepada *control valve* agar terbuka, sehingga tekanan gas tetap pada nilai yang di tentukan. Bentuk fisik dari *control valve* FV-4509 ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini .



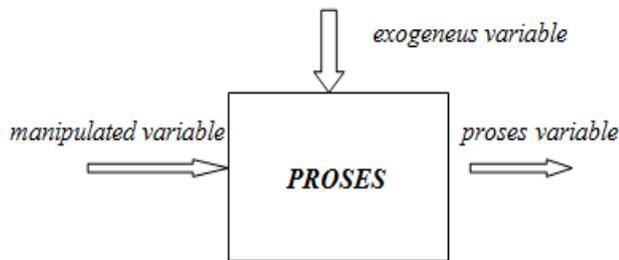
Gambar 2 Control Valve FV – 4509

## C. Pemodelan Proses dan Pengendalian

Model proses pada dasarnya adalah hubungan sebab akibat antara variabel *input* dengan variabel *output*. Ditinjau dari segi pengendalian, variabel *input* proses itu sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

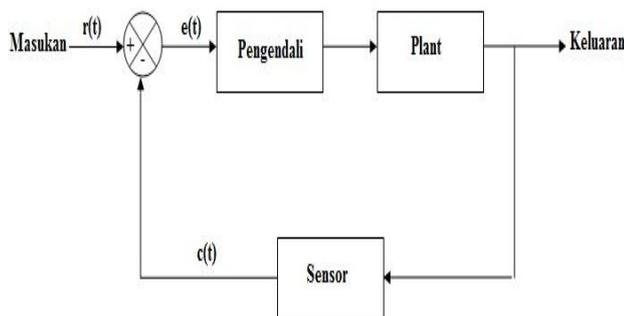
1. Variabel *input* yang dapat dimanipulasi.
2. Variabel *input* yang tidak dapat dimanipulasi secara langsung.

Gambar dari model proses ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Blok Model Proses

Sistem kendali adalah sekumpulan komponen dan rangkaian yang terhubung bersama untuk melakukan suatu fungsi yang bermanfaat. Setiap komponen di dalam sistem mengubah *energy* dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Komponen – komponen yang terdapat dalam sistem kendali lebih mudah digambarkan dalam bentuk blok diagram. Blok diagram adalah suatu pernyataan grafis yang diajukan untuk menggambarkan sebuah sistem pengaturan. Blok diagram berikut ditunjukkan pada Gambar 4.

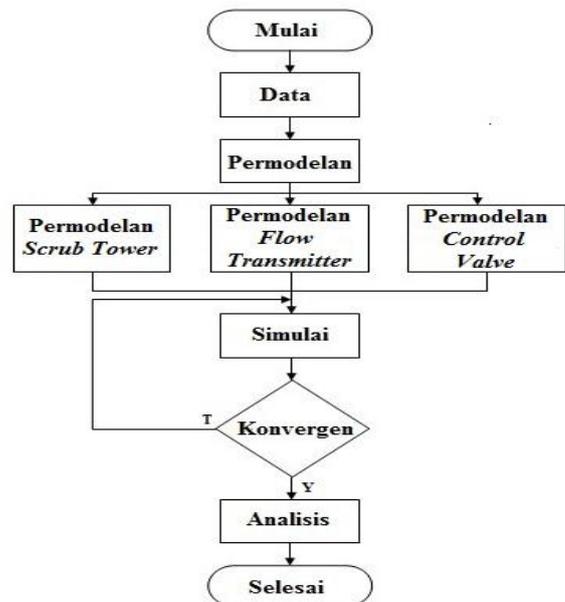


Gambar 4. Blok Diagram Sistem Kendali

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alur Penelitian

Adapun tahap – tahap penyelesaian penelitian ini adalah sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.

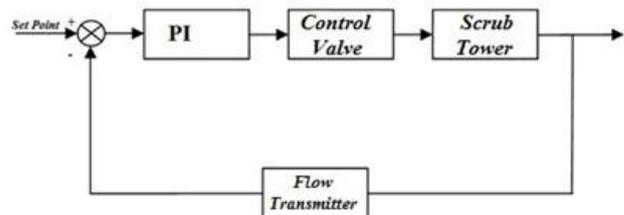


Gambar 5. Metodologi Penelitian

Untuk memulai penelitian ini, penulis melakukan pengambilan data di PT Perta Arun Gas, setelah data didapatkan dilakukan permodelan matematis. Permodelan yang dilakukan pada plant (*Scrub Tower C-4501*), transmitter (*Flow Transmitter*) dan kontroller (*Control Valve*). Setelah mendapatkan hasil permodelan matematis, maka dilakukan simulasi dengan menggunakan MATLAB M-File, lalu hasil dari simulasi tersebut dianalisiskan.

#### B. Diagram Blok Pengendalian Otomatis

Diagram blok sistem untuk pengendalian PI otomatis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Pengendalian PI Otomatis

Gambar block diagram diatas merupakan sebuah sistem kontrol *loop* tertutup dalam sebuah pengendalian menggunakan kendali PI (*Proporsional plus Integral*), dimana *control valve* sebagai kontroller, *Scrub Tower* sebagai plant dan *Flow Transmitter* merupakan sebuah sensor pembaca laju aliran (pembanding antara input dan output). Dengan kendali kontrol PI penentuan besaran penguatan P dan I diperoleh karakteristik respon sistem yang baik.

### C. Permodelan Matematis Scrub Tower C-4501

Pengendalian aliran liquid pada scrub tower tank C 4501 harus dijaga pada suatu nilai tertentu. Bila aliran liquid yang masuk tersebut tidak sesuai dengan set point, maka akan berdampak negatif pada tangki itu sendiri. Dengan menggunakan perubahan beda tinggi muka (beda tinggi muka cairan di dua tangki) yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan perubahan laju aliran, maka model matematis proses scrub tower dapat dimodelkan sebagai berikut.

Tahanan laju aliran (R) didefinisikan sebagai berikut:

$$R = \frac{\text{Perubahan beda tinggi muka}}{\text{Perubahan laju aliran}} \quad (1)$$

$$R = \frac{h}{q_0} \quad (2)$$

Dari hasil observasi didapatkan data-data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil observasi

Laju aliran masuk	Cairan dalam tangki
44,57 m <sup>3</sup> /H 12,38 Kg/s	47,7 %

Cairan liquid pada scrub tower sebanyak 47,7%, sehingga kapasitasansi adalah :

$$C = 47,7\% \times V_t \quad (3)$$

Dimana :

C = Kapasitasansi (m<sup>3</sup>)

V = Volume tangki (m<sup>3</sup>)

Dengan mensubstitusikan nilai V<sub>t</sub> ke Persamaan 2 maka :

$$C = 47,7\% \times V_t$$

$$C = \frac{47,7}{100} \times 76,58$$

$$C = 36,528 \text{ m}^3$$

Sehingga Tahanan aliran liquid (R)

$$R = \frac{h}{q_0}$$

$$R = \frac{36,528 \text{ m}^3}{44,57 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$R = 0,819$$

Dengan mensubstitusikan nilai tahanan (R) dan nilai kapasitasansi (C), sehingga fungsi alih pada scrub tower C-4501 adalah :

$$\frac{Qo(s)}{Qi(s)} = \frac{1}{0,819 \times 36,528 \text{ s} + 1}$$

$$\frac{Qo(s)}{Qi(s)} = \frac{1}{29,916 \text{ s} + 1}$$

### D. Permodelan Control Valve

Control valve yang digunakan berupa diaphragma control valve dengan jenis control valve air to open. Control valve memiliki masukan sinyal berupa arus listrik kemudian diubah menjadi tekanan melalui I/P Converter yang mengubah sinyal input 4-20 mA menjadi sinyal pneumatic 3-15psi. Dengan menggerakkan control valve, aliran liquid yang mengalir pada tangki Scrub Tower C-4501 dengan laju aliran maksimum 12,38 Kg/s dan laju aliran minimum 0.

Model matematis control valve dapat didekati dengan persamaan orde 1 sebagai berikut

$$\dot{Mv}(s) = \frac{Gcv \times Us}{\tau cv S + 1} \quad (4)$$

Dimana :

$\dot{Mv}(s)$  = Manipulated variable (kg/s)

$U(s)$  = sinyal masukan ke control valve (Psi/mA)

$Gcv$  = gain control valve (kg/s mA)

$\tau cv$  = Time constan control valve (s)

Sehingga dengan mensubstitusikan nilai  $Gcv$ ,  $Us$  dan  $\tau cv$  maka fungsi transfer untuk control valve adalah:

$$\dot{Mv}(s) = \frac{Gcv \times Us}{\tau cv S + 1}$$

$$\dot{Mv}(s) = \frac{0,773 \times 0,75}{1,066 \text{ s} + 1}$$

$$\dot{Mv}(s) = \frac{0,579}{1,066 \text{ s} + 1}$$

### E. Permodelan Level Transmitter

Fungsi transfer untuk flow transmitter digunakan persamaan :

$$\frac{I(s)}{L(s)} = \frac{Gf}{\tau cs + 1} \quad (5)$$

Dimana :

$Gf$  = Gain Flow Transmitter (Kg/s)

$\tau cs$  = Time constant transmitter

Untuk mendapatkan nilai Gain Flow Transmitter ( $Gf$ ) adalah :

$$Gf = \frac{\text{span keluaran}}{\text{span masukan}} \quad (6)$$

$$Gf = \frac{20 - 4 \text{ mA}}{18,32 - 0 \text{ Kg/s}}$$

$$Gf = 0,87 \text{ mA s/Kg}$$

Flow transmitter memiliki time constant sebesar 0,2 detik, nilai tersebut berdasarkan pada Lampiran 3. Sehingga dengan mensubstitusikan nilai  $Gf$  dan  $\tau c$  kepersamaan maka fungsi transfer untuk flow transmitter adalah :

$$\frac{I(s)}{L(s)} = \frac{Gf}{\tau cS + 1}$$

$$\frac{I(s)}{L(s)} = \frac{0,87}{0,2s + 1}$$

**IV.HASIL DAN PEMBAHASAN**

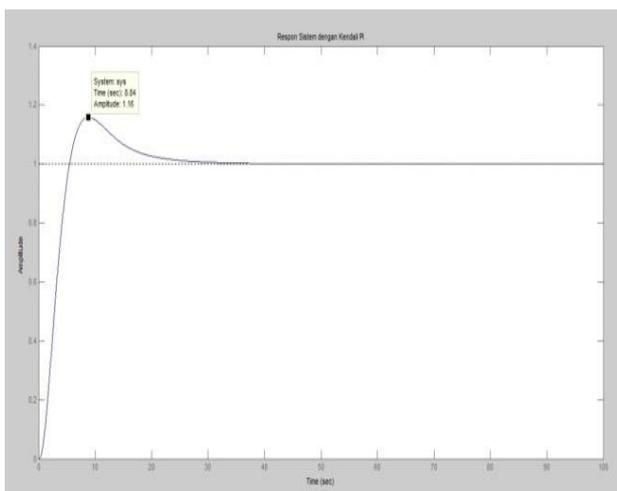
Pengujian akan disimulasikan dengan cara mensimulasi pengendalian laju aliran liquid dengan pengendali PI (Proporsional plus Integral) menggunakan metode *Ziegler Nichols*, dan *Chien, Hrones and Reswick*, setelah itu akan dianalisis bagaimana hasil respon dari kedua pengendalian tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan matlab *m-File* dan kemudian dilakukan langkah *running* untuk melihat respon sistem.

**A. Pengujian Pengendali PI Perhitungan Setting Ziegler-Nichols**

Berikut ini coding untuk menampilkan respon pengendalian perhitungan setting *Ziegler Nichols* dengan menggunakan software Simulink, m-file.

```
t=0:0.05:100;
kp=9.615;
ki=1.102;
num=[kp ki];
den=[6.378 38.086 31.182 1+0.503+kp ki];
step(num, den, t);
title('Respon Sistem dengan Kendali PI');
```

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter Kp dan Ki sesuai dengan perhitungan matematis menggunakan metode *ziegler nichols*, dimana nilai Kp = 9,615 Ki = 1,102. Hasil pengujian dari sistem dengan pengendalian PI ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Respon Sistem Pengendalian PI

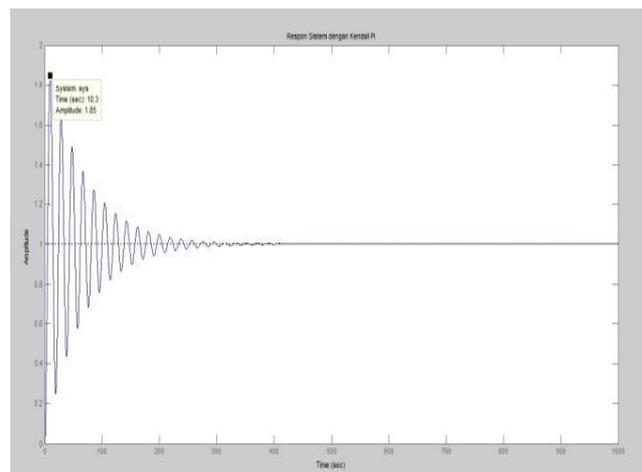
Dari respon pengujian pengendali PI menggunakan metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* menghasilkan sistem yang stabil dimana lewatan maksimum (*Maximum Overshoot*) yang terjadi sebesar 15,9%, pada waktu puncak (*Peak Time*) 8,84 detik dan waktu naik (*Rise Time*) 5,90 detik serta waktu turun (*Settling Time*) 19,32 detik.

**B. Pengujian Pengendali PI Chien, Hrones and Reswick**

Berikut ini coding untuk menampilkan respon pengendalian perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* dengan menggunakan software Simulink, m-file.

```
t=0:0.05:100;
kp=3.51;
ki=3.2;
num=[kp ki];
den=[6.378 38.086 31.182 1+0.503+kp ki];
step(num, den, t);
title('Respon Sistem dengan Kendali PI');
```

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter Kp dan Ki sesuai dengan perhitungan matematis menggunakan metode *Chien, Hrones and Reswick*, dimana nilai Kp = 3,51 Ki = 3,2. Hasil pengujian dari sistem dengan pengendalian PI ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Respon Sistem Pengendali PI

Dari hasil simulasi Gambar 8 diatas, dapat dilihat dimana dengan harga amplitudo sebesar 1,85, waktu puncak (*peak time*) yang diperoleh sebesar 10,3 detik dan ini merupakan respon sistem yang stabil dimana dengan harga amplitudo yang berkurang secara eksponensial. Dari respon pengujian pengendali PI menggunakan perhitungan setting *Chien, Hrones and reswick* menghasilkan sistem stabil dimana lewatan maksimum (*Maximum Overshoot*) yang terjadi sebesar 85% pada waktu puncak (*Peak Time*) 10,3 detik dan waktu naik (*Rise Time*) 5,32 detik serta waktu penetapan (*Settling Time*) 266,66 detik.

### C. Analisis

Setelah melakukan pengujian simulasi pengendalian flow liquid pada *Scrub Tower C-4501* di PT Pertamina Arun Gas menggunakan metode perhitungan setting *ziegler nichols* dan *Chien, Hrones and Reswick*, dimana setelah melakukan perhitungan dapat dianalisis bahwa hasil performansi respon sistem yang dihasilkan berbeda terhadap sistem pengendalian flow liquid. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil tanggapan sistem kendali yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Tanggapan Sistem

No	Metode	Parameter PI	Maximum Overshoot (Mp)	Rise Time (Tr)	Peak Time (Tp)	Setting Time
1	<i>Ziegler - Nichols</i>	Kp = 9,615 ki = 1,102	15,9%	5,90 detik	8,84 detik	19,32 detik
2	<i>Chien, Hrones and Reswick</i>	Kp = 3,51 Ki = 3,2	85%	5,32 detiik	10,3 detik	266,66 detik

Pada pengujian kendali PI menggunakan metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* dari hasil analisis performansi sistem diketahui bahwa dengan waktu puncak (*peak time*) sebesar 10,3 detik lewatan maximum (*maximum overshoot*) yang diperoleh sebesar %Mp = 85%, dimana nilai ini sangat besar dan telah melewati batas ketentuan pada lewatan maksimum (*maximum overshoot*) sebesar 25%. Meskipun respon sistem menunjukkan waktu naik (*rise time*) yang cepat sebesar 5,32 detik, namun parameter pengendali PI (proposional plus integral) yang didapatkan dengan menggunakan metode perhitungan setting ini bukanlah parameter ideal bagi pengendalian flow liquid.

Dan pada pengujian kendali PI menggunakan metode perhitungan setting *Zigler-Nichols*, parameter pengendali PI (proposional plus integral) menghasilkan sistem yang stabil. Performansi yang dihasilkan juga baik, hal ini dapat dilihat dari lewatan maksimum (*maximum overshoot*) sebesar 15,9% dengan waktu puncak (*peak time*) sebesar 8,84 detik dan waktu setting (*setting time*) sebesar 19,32 detik yang lebih cepat dari metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* yang mana mencapai waktu setting (*setting time*) sebesar 266,66 detik. Akan tetapi untuk waktu naik (*rise time*) metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* memiliki waktu yang lebih baik, yaitu sebesar  $t_r = 5,32$  detik. Sedangkan pada metode perhitungan setting *Zigler-Nichols* adalah  $t_r = 5,90$  detik.

Dari hasil perhitungan yang didapat seperti pada Tabel 1, bahwa pada pengujian kendali PI menggunakan metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* dan *Ziegler-Nichols*, dimana pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* hasilnya lebih unggul dan terbaik.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Zigler-Nichols* merupakan pengendali PI ideal bagi sistem pengendalian flow liquid pada *Scrub Tower C-4501* di PT Perta Arun Gas.

### V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Pengendali PI (Proporsional plus Integral) dapat digunakan pada pengendalian flow liquid, pengendali PI (Proporsional plus Integral) digunakan sebagai suatu metode perhitungan setting untuk mendapatkan respon sistem agar sesuai dengan *set point* yang diberikan.
2. Pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* menghasilkan sistem yang stabil dengan lewatan maksimum Mp = 15,9%, waktu naik  $t_r = 5,90$  detik, waktu puncak  $t_p = 8,84$  detik dan waktu penetapan  $t_s = 19,32$  detik.
3. Pada metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick*, menghasilkan sistem berupa lewatan maksimum Mp = 85%, waktu naik  $t_r = 5,32$  detik, waktu puncak  $t_p = 10,3$  detik dan waktu penetapan  $t_s = 266,66$  detik.
4. Dengan metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* waktu naik (*rise time*) sebesar  $t_r = 5,32$  detik yang mana lebih unggul dari pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* yang mana sebesar  $t_r = 5,90$  detik.
5. Dengan metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* waktu penetapan (*setting time*) sebesar  $t_s = 19,32$  detik dan waktu puncak (*peak time*) sebesar 8,84 detik, lewatan maksimum (*maximum overshoot*) yang dihasilkan sebesar 15,9% ini merupakan hasil yang lebih unggul dari pada metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick* yang mana waktu penetapan (*setting time*) sebesar  $t_s = 266,66$  detik, waktu puncak (*peak time*) sebesar 10,3 detik dan lewatan maksimum (*maximum overshoot*) yang dihasilkan sebesar 85%.
6. Dari kedua metode yang digunakan bahwa dapat dibandingkan, dimana performansi respon sistem pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* hasilnya lebih unggul dan terbaik dari pada performansi respon sistem dengan metode perhitungan setting *Chien, Hrones and Reswick*.
7. Maka dari hasil pengujian dan analisis performansi sistem dapat dilihat bahwa metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* pengendali PI (proporsional plus Integral) merupakan sistem ideal bagi sistem pengendali flow liquid pada *Scrub Tower C-4501*.

**REFERENSI**

- Broto, Wisnu. 2015. "*Sistem Boiler Dengan Simulasi Pemodelan PID*". Jurnal-E, Volume 4, Page 45.
- Kamal, Muhammad. "*Dasar Sistem Kendali (Modul Ajar)*", Program Studi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Nulle, Lucas. 2003. "Control Techniques 2 (Labsoft)
- Ogata, Katsuhiko. 1996. "Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)". Terjemahan Edi Laksono. Jilid I Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Pratomo, Angit Vektor. 2012. "*Perancangan Pengendali PID Pada Pressure Process RIG (38-714) Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535*". Jurnal Teknik Ftup, Volume 25, No.2, Page 106.
- Prayoga, Arya D, Iskandarianto, Fitri A, dan Ya'umar 2012. "*Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan dan Laju Aliran Untuk Kebutuhan Refueling System Pada DPPU Juanda-Surabaya*". Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-6.
- Syakur, Muhammad Abdan. 2016. "Studi Pengendalian Tekanan Uap Pada Tangki Unit Urea Menggunakan Kendali PI Aplikasi Pada PT. Pupuk Iskandar Muda". *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhoksumawe*.
- Utomo, Nyulio B, dan Ya'umar. 2012. "*Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan dan Laju Aliran Pada Pipa Bahan Bakar Untuk Kebutuhan Awal Pembakaran Gas Turbin Di Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap*". Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-6.