

SIMULASI PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA SCRUB TOWER REBOILER E-4510 MENGGUNAKAN DCS CENTUM 3000CS DI PT. PERTA ARUN GAS

Nanda Astari¹, Jamaluddin², Muhaimin³
^{1,2,3} Prodi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol,
 Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
nandaastari1@gmail.com

Abstrak— Pada Reboiler E-4510 diterapkan sistem pengendalian temperatur untuk proses pemisahan hidrokarbon pada Scrub Tower. Salah satu faktor agar proses pemisahan hidrokarbon pada Scrub Tower tetap aman yaitu dengan menjaga temperatur yang berasal dari Reboiler E-4510 tetap pada suatu nilai yang telah ditentukan. Apabila temperatur pada Scrub Tower terlalu tinggi maka hidrokarbon yang lebih berat akan banyak yang terangkat ke atas, sementara itu level semakin menurun dan dapat menyebabkan kondisi trip. Untuk membuat real simulator yang dapat memodelkan proses sebenarnya dibutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu dibutuhkan simulasi yang dapat dibuat dengan mudah dan tidak memerlukan biaya yang besar. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan simulasi menggunakan DCS (Distributed Control System) dengan cara membuat pemodelan matematis untuk mendapatkan fungsi alih. Setelah itu menggunakan sistem pengendalian PID dengan metode Ziegler-Nichols untuk mendapatkan nilai parameter. Pada penelitian ini temperatur akan dicascadekan dengan flow. Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, pada TIC4505 diperoleh nilai $K_p = 120$, $K_i = 82.179$ dan $K_d = 0.549$ dengan SV 54.7°C maka hasil respon yang didapat temperatur yang keluar yaitu 54.7°C . Sedangkan pada FIC4535 diperoleh nilai $K_p = 91.515$ dan $K_i = 28.869$, dengan SV (Setpoint Value) sebesar 18200.7 KG/H maka menghasilkan PV 18191.5 KG/H .

Kata Kunci : Reboiler E-4510, Ziegler Nichlos, DCS (Distributed Control System).

Abstrak— Pada proses berjalannya sistem industri yang ada di PT.Pupuk Iskandar Muda (PIM) Lhokseumawe banyak menggunakan sistem aliran dari beberapa bahan baku pupuk dan gas. Proses yang berjalan terus menerus membuat peralatan dan perpipaan memiliki suhu yang tinggi ($>100^\circ\text{C}$), Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem pendinginan yang besar guna mendinginkan peralatan dan perpipaan yang ada pada proses aliran bahan baku industri tersebut. *Programmable Logic Control (PLC)* adalah sebuah control yang digunakan saat ini untuk proses filtrasi dan *backwash* pada unit utility – II. Unit utility – II pada PLC sering terjadi gangguan atau eror saat melakukan proses kontrolnya. Saat PLC pada unit utility eror, operator tidak dapat memantau kesalahan yang terjadi pada proses filtrasi, dikarenakan pada plc utility tidak menampilkan proses saat kondisi normal ataupun abnormal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan modifikasi pada alat instrument yang digunakan dalam sistem control backwash pada filtrasi unit utility – II agar dapat menggunakan *Distributed Control Sistem (DCS)* dan dapat dikendalikan melalui *control-room* dengan menggunakan software DCS Tipe Yokogawa Centum CS3000 dan menganalisa tingkat hambatan dari sistem filtrasi dan cara pengendaliannya yang dapat di monitoring secara *realtime* dan otomatis.

Kata Kunci: PLC, Backwash, Filtrasi, unit utility – II, DCS

I. PENDAHULUAN

PT. Perta Arun Gas adalah sebuah perusahaan yang mengubah gas alam dengan melewati proses scrubbing. Tujuan utama scrubbing adalah memisahkan hidrokarbon dari feed gas. Hidrokarbon yang lebih berat dipisahkan pada sebuah *refrigerant prepetition unit*. Hidrokarbon yang lebih ringan digunakan untuk menggantikan kehilangan-kehilangan di dalam MCR (*Multi Component Refrigerant*).

Proses pemisahan hidrokarbon terjadi pada Scrub Tower C-4501 dan juga melibatkan Reboiler E-4510 sebagai tempat pemanasnya. Pada Reboiler E-4510 diterapkan sistem pengendalian temperatur untuk proses pemisahan hidrokarbon. Salah satu faktor agar proses pemisahan hidrokarbon pada Scrub Tower C-4501 tetap aman adalah dengan menjaga temperatur hidrokarbon yang berasal dari Reboiler E-4510 tetap pada nilai yang telah ditentukan. Apabila temperatur melebihi dari settingnya maka hidrokarbon yang lebih berat akan banyak terangkat ke atas. Sebaliknya, apabila temperatur

kurang dari settingnya maka hidrokarbon yang lebih ringan cenderung turun ke bawah atau dengan kata lain tidak maksimal.

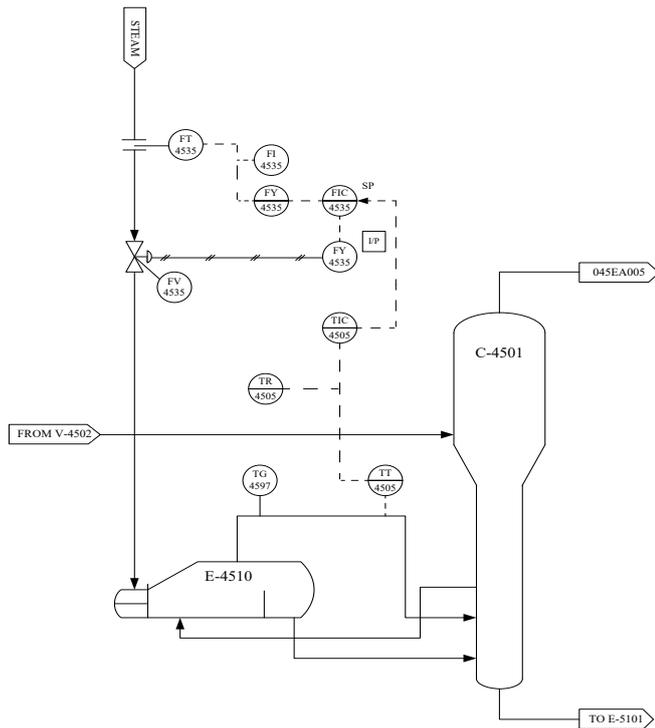
Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis berupaya untuk membuat simulasi suatu sistem pengendalian temperatur pada Reboiler E-4510 untuk mempermudah proses pengendalian temperatur pada reboiler. Adapun pada tugas akhir ini pengendalian temperatur TIC4505 dicascadekan dengan FIC4535.

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan pemodelan matematis pada Reboiler E-4510, *temperature transmitter*, *flow transmitter*, dan *control valve*. Pengendalian temperatur pada reboiler menggunakan metode pengendali PID (Proporsional *plus* Integral *plus* Derivatif) dan menggunakan metode tuning Ziegler-Nichols. Setelah itu akan disimulasikan dengan menggunakan software DCS (*Distributed Control System*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Scrub Tower Reboiler E-4510

Proses scrubbing bertujuan untuk memisahkan hidrokarbon-hidrokarbon berat dari feed gas. Hidrokarbon-hidrokarbon yang lebih berat dipisahkan pada sebuah *refrigerant prepetion unit*. Hidrokarbon yang lebih ringan seperti etan dan propan (yang mengandung sedikit butan) digunakan untuk menggantikan kehilangan-kehilangan di dalam sistem MCR (*Multi Component Refrigerant*). Proses tersebut terjadi pada Scrub Tower C-4501 dan juga melibatkan reboiler E-4510 sebagai tempat pemanasnya. Proses pengendalian temperatur pada reboiler E-4510 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Proses Pengendalian Temperatur Pada Reboiler E-4510

Gas yang berasal dari *dryer* akan masuk secara *continue* ke dalam tangki Scrub Tower C-4501, pada tangki tersebut akan terjadi proses pemisahan hidrokarbon berat dan hidrokarbon ringan. Agar proses pemisahannya lebih maksimal maka gas akan diarahkan oleh sebuah elemen di dalam Scrub Tower C-4501 untuk masuk ke dalam reboiler E-4510 untuk dilakukan pemanasan kembali. Di dalam reboiler E-4510 gas akan dipanaskan kembali oleh media pemanasan yang disebut dengan *steam*. Setelah proses pemanasan selesai, hidrokarbon ringan akan keluar melalui pipa bagian atas untuk masuk kembali ke Scrub Tower C-4501. Sedangkan hidrokarbon berat yang tidak bisa menguap lagi akan keluar melalui pipa bagian bawah untuk masuk kembali ke Scrub Tower C-4501.

Hidrokarbon ringan yang masuk ke Scrub Tower sebelumnya diukur terlebih dahulu temperaturnya oleh TIC-

4505. Apabila temperatur tidak sesuai dengan setting yang telah ditentukan, maka TIC-4505 akan mengirimkan sinyal ke FIC-4535 untuk memerintahkan control valve menutup atau membuka FV-4535 agar temperatur kembali sesuai setting yang telah ditentukan.

B. Thermocouple

Thermocouple salah satu dari beberapa jenis sensor temperatur yang menggunakan metode secara elektrik dan sensor ini adalah sensor yang paling luas digunakan pada dunia industri. Sensor ini terdiri dari dua kawat logam-logam yang berbeda yang kemudian dilas (dikoneksikan) menjadi satu sama lain pada salah satu ujungnya.

Thermocouple memiliki paling sedikit dua atau lebih hubungan yang berfungsi sebagai hubungan pertama sebagai *variable* pengukuran (*Hot Junction*) dan hubungan kedua sebagai referensi *variable* (*Cold Junction*) yang nantinya akan digunakan sebagai pembandingan antar element. *Thermocouple* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 *Thermocouple* (PT. Perta Arun Gas)

C. Flow Transmitter

Flow transmitter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Proses pengukuran tersebut sebenarnya merupakan proses pengubahan suatu nilai ke nilai yang lain. Sebagai contoh, perubahan bentuk dari sensor diubah menjadi keluaran elektrik seperti tegangan atau arus.



Gambar 3 *Flow Transmitter* (PT Perta Arun Gas)

Flow transmitter juga dilengkapi rangkaian pengkondisian sinyal, sehingga sinyal keluaran dari sensor tersebut dapat ditransmisikan. Cara mentransmisikan sinyal keluaran tersebut pada umumnya menggunakan kabel. Namun pada beberapa model, sinyal keluaran tersebut ditransmisikan melalui jaringan nirkabel. Pada dasarnya, flow transmitter memiliki fungsi untuk mendeteksi suatu aliran dan mengubahnya ke bentuk lain yaitu berupa besaran listrik. Sesuai standarnya, besaran listrik tersebut berada pada range 4-20mA atau 0-5 VDC. Flow transmitter dapat dilihat pada Gambar 3.

D. 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 temperatur di reboiler E-4510, control valve yang digunakan adalah jenis globe valve dan diberi kode FV-4535. Control valve dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Globe Valve (PT. Perta Arun Gas)

E. Pengendali Proporsional plus Integrik

Aksi pengendali Proporsional plus Integral didefinisikan dengan persamaan berikut : $u(t) = Kp e(t) + Ki \int_0^t e(t)dt$

Dengan mensubstitusikan nilai $Ki = \frac{Kp}{Ti}$ maka,

$$u(t) = Kp e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(t) dt \tag{1}$$

Atau fungsi alih pengendali ini adalah :

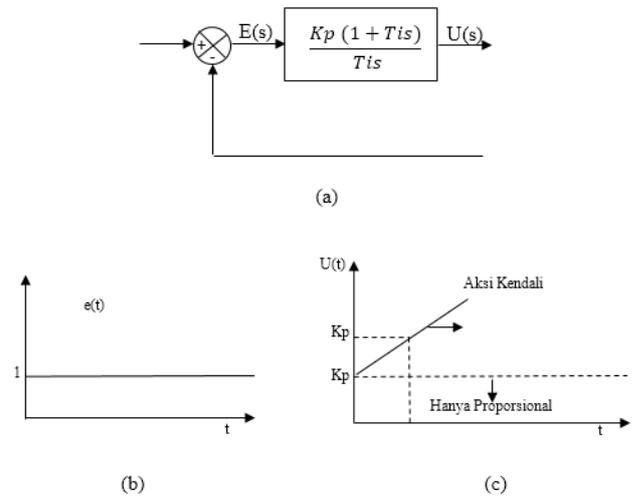
$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left(1 + \frac{1}{Tis} \right) \tag{2}$$

Dimana :

Kp : konstanta proporsional (adjustable)

$\frac{1}{Ti}$: berapa kali bagian proporsional dari aksi pengontrolan diulangi dalam waktu 1 menit

Diagram blok pengendali PI ditunjukkan pada Gambar 5 (a), jika $e(t)$ adalah fungsi tangga satuan seperti ditunjukkan pada Gambar 5 (b), maka keluaran pengendali seperti pada Gambar 5 (c).



Gambar 5 (a) Diagram Blok Pengendalian Proporsional plus Integral , (b) Diagram Masukan Langkah-Unit, dan (c) Keluaran Pengendali

F. Pengendali Proporsional plus Integral plus Derivatif

Keluaran pengendali PID merupakan penjumlahan dari keluaran pengendali proporsional, pengendali integral dan pengendali derivatif. Sehingga, aksi dari pengendali PID didefinisikan ke dalam persamaan berikut :

$$u(t) = Kp e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(t) dt + Kp Td \frac{de(t)}{dt} \tag{3}$$

Atau fungsi alihnya :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left(1 + \frac{1}{Tis} + Td s \right) \tag{4}$$

Dimana :

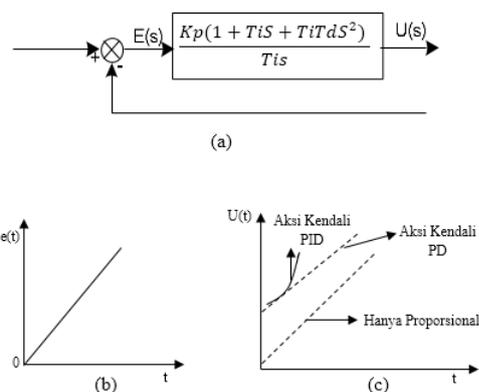
Kp : Konstanta proporsional (adjustable)

Td : Waktu derivatif (adjustable)

Ti : Waktu integral (adjustable)

Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh peran penting dari ketiga parameter P, I dan D dengan pengaturan nilai parameter pengendali Kp , Ti dan Td akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Parameter pengendali yang menonjol itulah yang akan memberikan peran yang paling penting pada respon sistem secara keseluruhan.

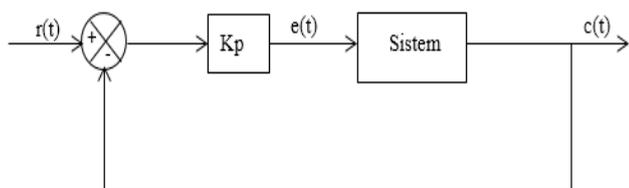
Diagram blok pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 6 (a), jika $e(t)$ adalah fungsi ramp satuan seperti ditunjukkan pada Gambar 6 (b), maka keluaran pengendali seperti pada Gambar 6 (c).



Gambar 6 (a) Diagram Blok Pengendali Proporsional plus Integral plus Derivatif, (b) Diagram Fungsi Ramp Satuan, dan (c) Keluaran Pengendali

G. Metode Tuning Ziegler-Nichols

Metode penalaan Ziegler-Nichols yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Ziegler-Nichols osilasi. Metode ini dilakukan dengan cara eksperimen dengan memberikan pengendali proporsional yang disusun secara seri terhadap plant pada suatu sistem loop tertutup seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Sistem Loop Tertutup dengan Pengendali Proporsional

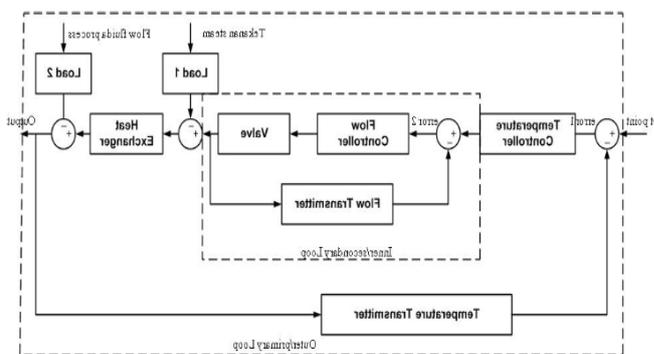
Tabel 1 Penentuan Parameter Pengendali Menggunakan Metode Osilasi

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	0,5 Kcr	∞	0
PI	0,45 Kcr	$\frac{1}{1,3}$ Pcr	0
PID	0,6 Kcr	0,5 Pcr	0,125 Pcr

H. Cascade Control

Cascade control adalah suatu sistem kontrol yang terdiri dari loop primer dan sekunder. Dengan adanya cascade system control akan mempercepat respon dari sistem secara keseluruhan, apabila terjadi gangguan yang ada pada loop sekunder, maka dapat dikoreksi lebih awal sebelum mengakibatkan gangguan pada loop primer.

Ciri khas sistem pengendalian cascade (bertingkat) adalah adanya manipulated variable (variabel yang dimanipulasi) sebuah pengendali yang menjadi set point dari pengendali lain. Diagram blok pengendalian bertingkat dapat dilihat pada Gambar 8.

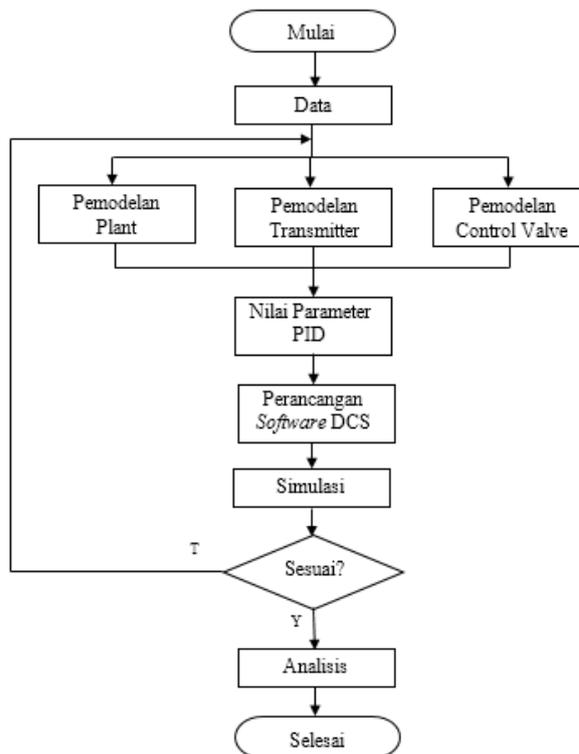


Gambar 8 Diagram Blok Sistem Pengendalian Bertingkat (Cascade)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Penelitian

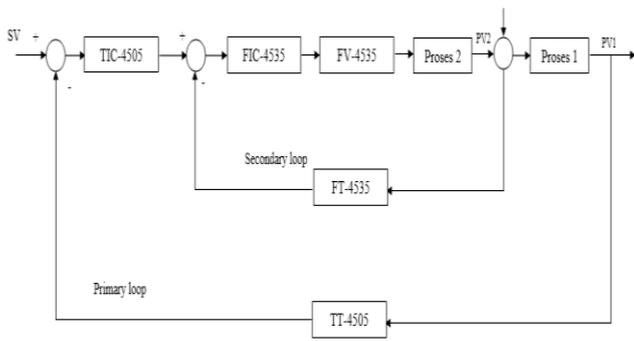
Adapun tahap-tahap penyelesaian penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 9 Alur Penelitian

B. Diagram Blok Pengendalian Otomatis

Diagram blok untuk pengendalian otomatis ditunjukkan pada Gambar 11.



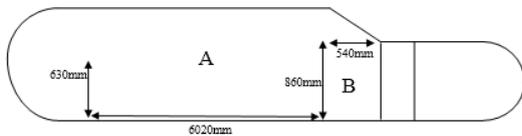
Gambar 10 Diagram Blok Pengendalian Otomatis

C. Permodelan Matematis Reboiler E-4510

Pengendalian temperatur pada Reboiler E-4510 harus dijaga sesuai dengan nilai yang telah ditentukan. Apabila temperatur tersebut tidak sesuai dengan nilai yang telah ditentukan, maka akan berdampak negatif pada tangki itu sendiri.

Tabel 3.1 Data Temperatur Keluar dan Aliran Keluar

Temperatur Keluar	Aliran Keluar
54.7°C	10798 kg/H
	2.999 kg/s



Gambar 11 Reboiler E-4510

Fungsi alih Scrub Tower Reboiler E-4510 adalah :

$$\frac{T(s)}{T_i(s)} = \frac{1}{18.239 \times 1.346 s + 1}$$

$$\frac{T(s)}{T_i(s)} = \frac{1}{24.549 s + 1}$$

D. Permodelan Control Valve

Control valve yang digunakan adalah FV-4535, dengan sinyal masukan 4-20 mA dari controller FIC-4535 yang akan diubah menjadi sinyal pneumatic 3-15 Psi oleh I/P converter FY-4535. Sehingga saat sinyal controller 4 mA control valve akan menutup dan saat 20 mA maka control valve akan membuka penuh. Model matematis control valve dapat didekati dengan persamaan orde 1 sebagai berikut :

$$v(s) = \frac{G_{cv} \times U_s}{T_{cv} s + 1}$$

$$v(s) = \frac{0.187 \times 0.75}{0.091 s + 1}$$

$$v(s) = \frac{0.14}{0.091 s + 1}$$

E. Permodelan Temperatur Transmitter

Temperatur transmitter yang digunakan memiliki nilai span masukan yang bekerja pada range 0 -150°C dengan keluaran berupa sinyal elektrik sebesar 4 – 20 mA. Fungsi transfer untuk temperatur transmitter menggunakan persamaan:

$$\frac{Tt(s)}{It(s)} = \frac{Gt}{Tc s + 1} \tag{4}$$

$$\frac{Tt(s)}{It(s)} = \frac{0.106}{0.2 s + 1} \tag{5}$$

F. Permodelan Flow Transmitter

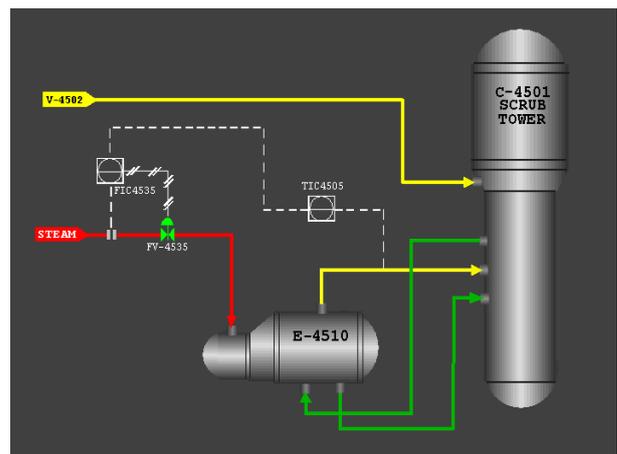
Flow transmitter yang digunakan memiliki nilai span masukan yang bekerja pada range 0 – 2500 mmwg atau 0 – 0,25 kg/cm² dengan keluaran berupa sinyal elektrik sebesar 4 – 20 mA. Fungsi transfer untuk flow transmitter menggunakan persamaan:

$$\frac{Ff(s)}{If(s)} = \frac{Gf}{Tc s + 1}$$

$$\frac{Ff(s)}{If(s)} = \frac{64}{0.2 s + 1}$$

G. Perancangan Software

Pada perancangan perangkat lunak, simulasi ini menggunakan program DCS Centum 3000CS yang dikhususkan untuk mengendalikan sistem pengendalian temperatur pada Reboiler E-4510 secara real time. Tampilan pengendalian temperatur pada Reboiler E-4510 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengendalian Temperatur Pada Reboiler E-4510

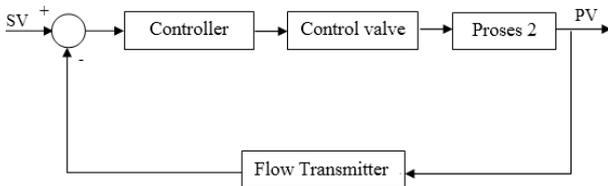
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem Pada Software

Pengujian sistem pada software merupakan proses penyajian data yang akan terjadi pada saat sistem merespon perubahan SV (Setpoint Value) dan MV (Manipulated Variable) pada saat diberikan manipulasi data yang berbeda. Serta dapat mengontrol perubahan pada sistem dengan mudah dan secara realtime, sehingga mempermudah operator lapangan dalam menganalisa dan mengontrol temperatur pada reboiler E-4510 yang akan dihasilkan.

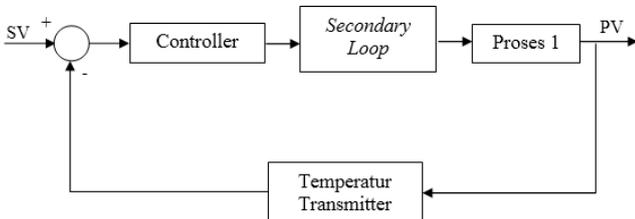
B. Pengujian Sistem Menggunakan Parameter Kendali PID

Pengujian temperatur pada Reboiler E-4510 dilakukan secara cascade control dengan flow steam. Diagram blok untuk pengendalian secondary loop yang berupa flow steam dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Blok Sistem Pengendalian Flow

Diagram blok untuk pengendalian primary loop yang berupa temperatur dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Diagram Blok Sistem Pengendalian Temperatur

Pengujian parameter pengendali bertujuan untuk melihat tanggapan respon sistem. Ketepatan parameter kendali merupakan suatu hal yang sangat berguna pada sistem, baik dalam kecepatan respon sistem, mengurangi error sistem, maupun kecepatan dalam hal menangani error.

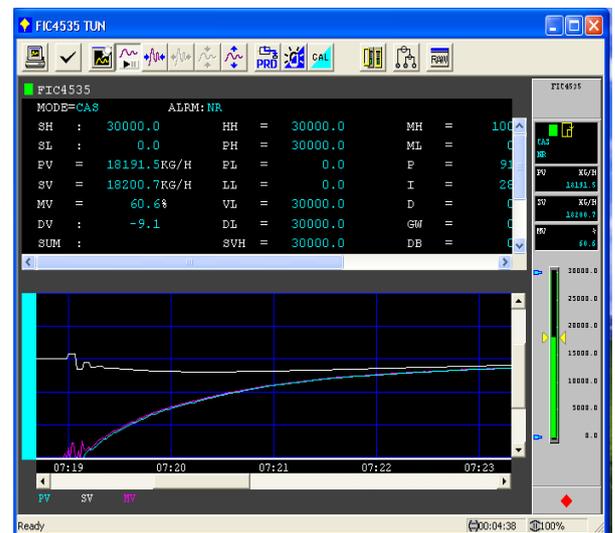
Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter Kp dan Ki pada trend window untuk flow dan mengatur parameter Kp, Ki dan Kd pada trend window untuk temperatur. Pengaturan parameter sesuai dengan perhitungan matematis yang telah dilakukan, yaitu Kp = 36.321; Ki = 0.55 untuk FIC4535 dan Kp = 120; Ki = 82.179; Kd = 0.549 untuk TIC4505.

Dengan memberikan Setpoint Value (SV) sebesar 54.7°C, maka dapat dilihat tanggapan respon sistem TIC4505 dan

FIC4535 dengan pengendali yang ditunjukkan pada Gambar 15 berikut.



(a)



(b)

Gambar 15 (a) Respon Sistem TIC4505, (b) Respon Sistem FIC4535

Pada Gambar 15 (a) terdapat grafik yang berwarna putih merupakan garis SV (Setpoint Value). Garis SV akan konstan tidak akan berubah karena sudah disetting dalam DCS sebesar 54.7°C. Untuk PV (Process Value) garis yang berwarna biru bernilai 54.7°C dan MV garis yang berwarna merah bernilai 18200.7 KG/H. Pada Gambar 15 (b) terdapat garis yang berwarna putih adalah garis SV (Setpoint Value) bernilai 18200.7 KG/H yang hampir bersamaan dengan garis PV yang berwarna biru bernilai 18191.5 KG/H sedangkan MV garis yang berwarna merah merupakan bukaan valve sebesar 60.6%.

C. Analisa Sistem Pada Software

Setelah melakukan pengujian simulasi pengendalian temperatur pada Scrub Tower Reboiler E-4510 menggunakan metode Ziegler-Nichols, maka dapat dilihat pada Gambar 15 (a) saat SV (*Setpoint Value*) TIC4505 diberikan nilai sebesar 54.7°C maka menghasilkan temperatur bernilai 54.7°C stabil dengan nilai MV (*Manipulated Variable*) sebesar 18200.7 KG/H. Dapat diketahui bahwa pada TIC4505 tidak terjadi lewatan maksimum dengan $t_s = 16$ menit 30 detik. Sedangkan pada Gambar 13 (b) FIC4535 yang dicsadecadekan dengan temperatur dapat dilihat saat SV (*Setpoint Value*) FIC4535 bernilai 18200.7 KG/H maka PV (*Process Variable*) bernilai 18191.5 KG/H dengan bukaan valve sebesar 60.6%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya lewatan maksimum yang terjadi.

Berdasarkan Gambar 15 (a) dapat dilihat bahwa bahwa SV (*Setpoint Value*) yaitu grafik yang berwarna putih, grafik ini akan konstan tidak akan berubah karena sudah di setting di dalam DCS kecuali *owner* yang meminta untuk diubah. Pada Gambar 15 (b) terdapat grafik SV (*Setpoint Value*) pada FIC4535 yang berwarna putih didapatkan dari hasil MV (*Manipulated Variable*) pada pengujian TIC4505 yaitu sebesar 18200.7 KG/H.

Untuk mengetahui error yang terjadi pada hasil running DCS dapat menggunakan persamaan 5.

$$\text{Error} = \frac{SV - PV}{PV} \times 100\% \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Error TIC4505} &= \frac{SV - PV}{PV} \times 100\% \\ &= \frac{54.7 - 54.7}{54.7} \times 100\% \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error FIC4535} &= \frac{SV - PV}{PV} \times 100\% \\ &= \frac{18200.7 - 18191.5}{18191.5} \times 100\% \\ &= 0.0005\% \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui error yang terjadi pada TIC4505 bernilai 0 dan error yang terjadi

V. KESIMPULAN

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

1. Pada TIC4505 dengan menggunakan metode osilasi *Ziegler-Nichols* menghasilkan sistem yang stabil tanpa adanya lewatan maksimum dengan $t_s = 16$ menit 30 detik dan error yang terjadi bernilai 0.
2. Pada FIC4535 dengan menggunakan metode osilasi *Ziegler-Nichols* menghasilkan sistem yang stabil tanpa terjadi lewatan maksimum dan *error* yang terjadi sebesar 0.05%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agastansa, Pravastara. 2018. "Kendali Temperatur Menggunakan PID Untuk Sistem Pasteurisasi Susu" Tugas Akhir Mahasiswa, Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya
- Bakti, Deka.,dkk. 2011. "Pengendalian Suhu Secara Cascade Control Menggunakan Proporsional-Integral Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535". Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Handrian, Agus.,dkk. "Perancangan Sistem Pengendalian Temperature pada Reboiler Metanol Recovery Menggunakan Fuzzy Gain Scheduling-PID Di PT. Eterindo Nusa Graha Gresik". Jurusan Teknik Fisika, Fakultas TI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Irhsan, Muhammad. 2017. "Studi Pengendalian Flow Liquid Pada Scrub Tower C-4501 Di PT. Perta Arun Gas". Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Instrumentasi dan Otomasi, Industri Jurusan Teknik, Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Izzati. 2017. "Studi Pengendalian Suhu Karbamat Pada Vessel E62-DA401 Menggunakan DCS Centum 3000CS di PT. Pupuk Iskandar Muda". Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Kamal, Muhammad. 2010. "Dasar Sistem Kendali" (Modul Ajar Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe)
- Nugraha, Adytia. 2018. "Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Menggunakan Kontrol PID Pada Sistem Hidroponik Tanaman Cabai Rawit Berbasis Arduino". Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Kontrol Konsentrasi, Fakultas Teknik Kontrol, Universitas Brawijaya
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatic Jilid 1 Edisi Kedua Terjemahan Edi Laksono*. Jakarta: Erlangga.