

ANALISA KESTABILAN PENGENDALIAN TEMPERATURE PADA TOP KOLOM FRAKSINASI DI KILANG PUSDIKLAT MIGAS DENGAN KRITERIA KESTABILAN NYQUIST

Desy Kurnia Puspaningrum, SST.

ABSTRACT

Kolom Fraksinasi C1 kilang Pusdiklat migas berfungsi sebagai pemisah fraksi-fraksi minyak bumi berdasarkan trayek titik didihnya, untuk itu pengendalian temperature menjadi variable yang sangat penting. Metode pengendalian temperature pada top kolom fraksinasi dilakukan dengan cara mengatur laju aliran reflux (fluidadingin) yang akan masuk melalui top kolom dan melakukan kontak langsung dengan uap panas. Dengan mengatur laju aliran reflux ini diharapkan temperature pada top kolom akan terkendali. Pengendalian temperature dan flow ini diinstal dalam suatu rangkain cascade, dengan temperature controller TIC-08 sebagai master control dan flow controller FIC-06 sebagai slave , Temperature sebagai variable utama yang dikendalikan akan memberikan informasi pada flow controller FIC-06 agar merespon setiap perubahan temperature dengan cara mengatur buka/tutupnya control valve FV-06 yang mengatur laju aliran reflux (fluida dingin) agar tercapai kondisi temperature seperti yang diharapkan. Analisa kestabilan proses yang sudah ada dilakukan menggunakan criteria kestabilan Nyquist, menggunakan software Matlab dengan menggabungkan fungsi transfer dari tiap-tiap elemen pengendalian, dan dari analisa diperoleh hasil tidak ada pengelilingan terhadap titik $-1+j0$ dan tidak ada pole yang terletak disebelah kanan sumbu s pada loop pengendalian slave, begitu juga dengan loop pengendalian master semua polenya bernilai positif dan tidak ada pengelilingan terhadap titik $-1+j0$.

Kata Kunci :Pengendalian temperature, top kolom fraksinasi, analisa kestabilan, kriteria Nyquist

I PENDAHULUAN

Kolomfraksinasi C1 pada kilang Pusdiklat Migas berfungsi sebagai pemisah fraksi-fraksi minyak bumi berdasarkan trayek titik didihnya. Temperature pada kolom ini adalah variable yang sangat penting yang membawa dampak signifikan terhadap output colom C1.

Metodepengaturan temperature pada top colom C1 inidilakukan dengan cara memasukkan sejumlah pertasol (reflux) darikolom C2. Cairan pertasol ini masuk lewat atas kemudian turun ke bawah kolom. Pertasol ini melewati tray-tray untuk melakukan kontak langsung dengan uap panas. Dengan mengatur laju aliran

pertasol melalui pengaturan control valve FV-06 , maka temperature pada top kolom ini akan terkendali.

Laju aliran pertasol ini dikendalikan oleh control valve Fv-06 yang menerima perintah dari flow controller FIC-06. Besarnya aliran pertasol ini disensing oleh flow transmitter FT-06. Seting nilai pertasol bisa dilakukan setelah operator melihat indikasi temperature top kolom. Bila diinginkan temperature menjadi turun, maka bukaan flow control valve FV-06 harus semakin besar, artinya operator harus menaikkan nilai setting flow controller, demikian sebaliknya.

Pengendalian diatas sangat bergantung pada keterampilan operator, artinya operator harus memonitor harga temperature setiap saat bila seting flow berubah. Ditinjau dari respon waktu dan kepraktisannya, maka cara pengendalian seperti ini tidak menguntungkan.

Temperature yang merupakan variable utama yang harus dikendalikan harus membe rikan informasi kepada flow controller agar merespon setiap perubahan temperature. Untuk itu dipasanglah temperature controller sebagai master control, sehingga flow controller sebagai slave-nya. Disamping itu analisa kestabilan pengendalian juga dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik dari sistem pengendalian Dengan teknik seperti ini, diharapkan hasil analisis bisa dijadikan acuan untuk memperbaiki performa sistem pengendalian yang ada.

II PEMBAHASAN

II.1 Sistem Pengendalian Temperature pada Top Kolom Fraksinasi (C1)

Sistem pengendalian temperature pada Top Kolom Fraksinasi (C1) Kilang Pusediklat Migas menggunakan rangkaian

cascade , antara temperatur out flow Top Column C1 dengan laju aliran reflux yang masuk ke top kolom.

Rangkaian cascade control digunakan untuk mempercepat respon proses dan mengatasi fluktuasi pada flow reflux, yang terjadi akibat pemakaian pompa dengan kapasitas yang jauh lebih tinggi dari produktifitas . Pada Kolom fraksinasi feed foward control belum diaplikasikan pada proses pengendalian temperaturnya.

Keterangan P &ID Kolom Fraksinasi C1 Kilang Pusediklat Migas :

TE-08 : Temperature Element of Out Flow on Top Fractionation Column

TT-08 : *Temperature Transmitter of Out Flow on Top Fractionation Column*

TIC-08 : *Temperature Indicator Controller of Top Fractionation Column*

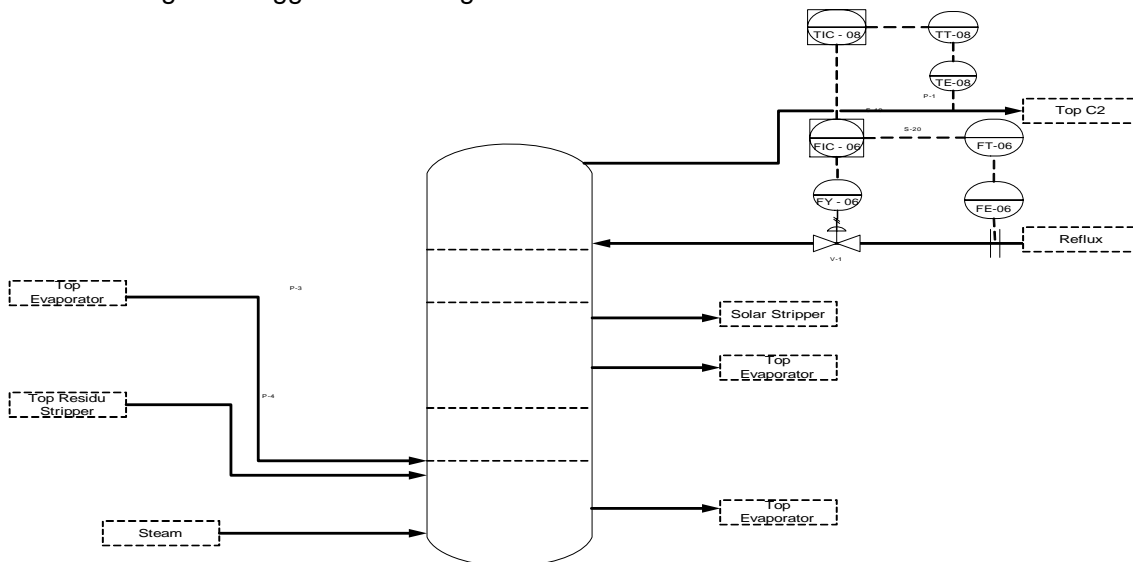
FIC-06 : *Flow Indicator Controller of Reflux*

FT-06 : *Flow Transmitter of Reflux*

FY-06 : *I/P Converter*

FV-06 : *Flow Control Valve*

Dibawah ini merupakan data P & I D Kolom fraksinasi (C1) di kilang Pusediklat Migas.



C-1

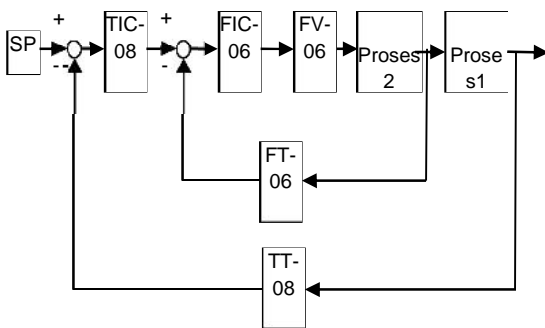
Gambar 1. P&ID Kolom Fraksinasi C1

1. Data teknis peralatan pada cascade control:
 - a. *Flow Transmitter pada Reflux* (FT-06)
 DP Hart *Transmitter* Yokogawa
 Type : EJA 110A
 Supply : 20 Psi
 Input : 3 – 30 (32) Vdc
 Output : 4 – 20 mA DC
 Size : 3 Inch
 - b. *Flow Controller Reflux C1 (Slave / Secondary)*
 Type : DCS Centum VP
 Control Mode: Proportional + Integral
 PB = 500, Ti = 20, Td=0
 Input Range : 0 mm - 250 mm
 Output Signal : 4 – 20 mA DC
 Action Mode : Reverse
 - c. *I/P Converter of Reflux* (FY-06)
 Model : Pk 200
 Supply : 1,4 Bar
 Input : 4 – 20 mA DC
 Output : 0,2 – 10 bar
 - d. *Flow Control Valve* (FV-06)
 Model : Camflex II 3500 series
 Type : Ball Segmental Rotary
 Size : 3"
 Supply : 30 Psi
 Range : 7 – 15 Psi
 CV : 135
 Input : 3 – 15 Psi
 DN/NPS : 80 m
 Manufactur : Msoneilan
 - e. *Temperature Element* (TE-08)
 Element: PT 100, 3 wire, 1mA, class A/IEC 60751
 Protection: II2GD Eexde IICT6 T110 °C
 Approval : KEMA 04ATEX2044
 Sheat : Ø 6,0 mm, 316 SS
 Insertion Length: 15 inch
 Instrument Connection: G1/2
 Terminal Head : ENKG Type (A,D,C)
 Temperature Range : 0 to 350 °C
 Cable entry : G1/2
 - f. *Temperature Transmitter of Out Flow on Top Fractionation Column* (TT-08)
 Input : RTD 3 wire and Head mounting Type
 Power Supply : 24 VDC
 Output : 4 to 20 mA DC
 - g. *Temperature Indicator Controller of Top Fractionation Column* (TIC-08)
 Type : DCS Centum VP
 Control Mod : Prop + Integral + Deriv
 PB = 40, Ti = 50, Td = 10
 Input Range : 90° C ~ 160° C
 Output Signal : 4 – 20 mA DC
 Action Mode : Direct
- Sistem pengendalian yang digunakan pada *control* ini adalah pengendalian *cascade* yang tersusun dari dua buah control loop, yang terdiri dari *temperature controller* TIC-08 sebagai *Master Control* dan *Flow Controller* FIC-06 sebagai *Slave control*.
- Temperature Top* Kolom fraksinasi diukur menggunakan *Temperature Sensor* TE-08 berupa RTD 3 *Wire*, sinyal sensor dikirimkan ke *Temperature Controller* TIC-08 melalui *Temperature Transmitter* TT-08, yang berupa sinyal Proses atau PV yang akan dibandingkan dengan *Set Point* yang telah diset dalam *Temperature Indicator Controller*, Pengendalian pada *Temperature Indicator Controller* ini menggunakan *mode Proportional, Integral + Derivative*, karena proses kenaikan suhu membutuhkan waktu yang lama sehingga perlu menambahkan nilai *derivative*. Aksi control dari controller TIC-08 adalah *Direct control*, pada saat terjadi kenaikan temperature / PV maka Aliran *Reflux* harus ditambah untuk mendinginkan atau nilai MV naik. MV dari TIC-08 akan menjadi *Set Point* untuk controller FIC-08 (Slave control)
- Laju *Reflux* pada Top Kolom Fraksinasi diukur menggunakan *Flow Transmitter* FT-06 menggunakan Prinsip *Differential Pressure*. Nilai terukur dari *flow transmitter* akan dikirimkan ke *Flow Indicator Controller* FIC-06 sebagai sinyal proses / PV untuk dibandingkan dengan *Set Point / SP*, dihitung *error* yang terjadi dan dikoreksi dengan menambah atau menurunkan nilai MV. Pengendalian pada *Flow Indicator Controller* menggunakan

mode control Proportional + Integral ,dan aksi control yang digunakan adalah Reverse control.

Kesimpulannya jika terjadi kenaikan *Temperature* maka nilai PV pada kontroler TIC-08 akan naik dan nilai MV dari TIC-08 akan naik .Ini akan menyebabkan nilai SP pada FIC-06 akan naik, flow *Reflux* yang mengalir kekolom C1 harus ditambah.

II.2 Analisa Sistem Pengendalian Temperature Pada Top Kolom Fraksinasi C1



Gambar 2 Blok Diagram Pengendalian Temperature Pada Top Kolom Fraksinasi C1

II.2.1 Fungsi Alih Flow Transmitter FT-06

Pengukuran *Flow Rate Reflux* yang berfungsi sebagai pendingin yang masuk pada *Top Kolom Fraksinasi C1* dilakukan oleh *Flow Transmitter* FT-06 yang berjenis *Differential Pressure* dengan *range* sinyal 4 – 20 mA dan laju aliran 0 m³/day - 250 m³/day. *Gain flowtransmitter* FT-06 ini diasumsikan bernilai 1.

II.2.2 Fungsi Alih Temperature Transmitter TT-08 pada Top Kolom Fraksinasi C1

Temperature Out Flow pada *Top Kolom C1* diukur oleh *Temperature Transmitter* TT-08 yang berjenis *Temperature Transmitter* dengan input RTD 3 wire yang mempunyai *range* 0⁰ C sampai 250⁰C dan *range* sinyal *transmitter* 4 – 20 mA, *Gain Temperature Transmitter* TT-08 diasumsikan bernilai 1

II.2.3 Fungsi Alih Flow Controller FIC – 06

Berdasarkan pengamatan lapangan diperoleh data nilai *PID controller* sebagai berikut :

- Proportional Band (PB) = 500
- MakaKp (Kc2) = 100/500 = 0,2
- Time Integral (Ti) = 20
- Time Derivative (Td) = 0

Karena *Mode Flow Controller* adalah Proportional + Integral maka Time Derivative dimasukkan nilai nol

Dari data PID yang diperoleh dapat dimasukkan dalam persamaan matematika sebagai berikut :

$$G_{c_s} = K_{c2} \left(1 + \frac{1}{T_{i_s}} + T_{d_s} \right)$$

$$G_{c_s} = K_{c2} \left(1 + \frac{1}{20s} + 0s \right)$$

$$G_{c_s} = K_{c2} \left[\frac{20s + 1}{20s} \right]$$

II.2.4 FungsiAlihTemperature Controller TIC-08

Berdasarkan pengamatan lapangan, diperoleh data nilai *PID controller* pada TIC-08 adalah sebagai berikut :

- Proportional Band* (PB) = 50
- MakaKp = 100/40 = 2,5
- Time Integral* (Ti) = 50
- Time Derivative* (Td) = 10

Dari data diatas dapat dimasukan ke dalam persamaan matematika sebagai berikut :

$$G_{c_s} = K_{c1} \left(1 + \frac{1}{T_{i_s}} + T_{d_s} \right)$$

$$G_{c_s} = K_{c1} \left(1 + \frac{1}{50s} + 10s \right)$$

$$G_{c_s} = K_{c1} \left[\frac{500s^2 + 50s + 1}{50s} \right] = 2,5 \left[\frac{500s^2 + 50s + 1}{50s} \right] = \left[\frac{50s^2 + 5s + 0,1}{2s} \right]$$

II.2.5 FungsiAlihFlow Control Valve FCV-06

Jenis pengendalian terakhir pada pengaturan *flow reflux* adalah *Flow Control Valve* FCV-06, dengan sinyal masukan 4 – 20 mA dari *controller* FIC – 06 yang akan diubah menjadi sinyal pneumatic 3 – 15 PSI oleh I/P converter FY-06. Untuk dapat menggerakkan actuator / *Control valve* sinyal dari *controller* yang berupa sinyal electric akan diubah menjadi bentuk sinyal *pneumatic* oleh *transducer* I/P converter sehingga dapat menggerakkan *Stem Control Valve*.

Aksidari *Control Valve* FCV-06 adalah *Failed Open* / ATC , dengan pertimbangan ketika terjadi kegagalan , aliran *reflux* akan tetap terjaga sehingga tidak terjadi *over heating* di Top Kolom fraksinasi.

Berdasarkan data pembacaan dari DCS tanggal 21/01/2013 laju aliran maksimum *reflux* adalah 250 m³/d dan laju aliran minimumnya 0 m³/d. Aksi *control valve* yang digunakan adalah ATC / FO. Sehingga saat sinyal dari *controller* 4 mA *control valve* akan membuka penuh, dan saat 20 mA maka *control valve* akan menutup penuh.

Fungsi Transfer *control valve* bisa dituangkan dalam persamaan sebagai berikut :

- Dimana :
- Kv : *Gain total control valve*
 - Kcv : *Gain control valve*
 - cv : *Time constant control valve*

$$K_{cv} = \frac{\text{Laju Aliran maksimum} - \text{Laju Aliran Minimum}}{\text{Perubahan Masukan}}$$

Dari pengamatan Lapangan diperoleh data :

- Aliranmaksimum : 250 m³/d
- Aliran minimum : 0 m³/d

Gain Control Valve :

$$K_{cv} = \frac{\text{Laju Aliran maksimum} - \text{Laju aliran min}}{\text{Perubahan Masukan}}$$

$$= \frac{250m^3 / d - 0m^3 / d}{20 - 4(mA)} = 15.625$$

Gain I/P converter dapat dihitung dengan :

$$G_t = \frac{\text{Span Output (mA)}}{\text{Span Input (Psi)}} = \frac{20 - 4(mA)}{15 - 3(Psi)} = 0,75$$

Maka Gain Total Dari *Control Valve* Adalah

$$K_v = G_t * K_{cv} = 0,75 * 15.625 = 11.72$$

Nilai *Time Constan* control valve sebesar 4 detik

$$\Delta Q = \frac{\text{Aliran max} - \text{Aliran min}}{\text{Aliran max}} = \frac{250 - 0}{250} = 1$$

$$\}_{cv} = TV(\Delta Q + R) = 3,8(1 + 0,03) = 4$$

- cv = Time constan valve
- TV = Waktu stroke penuh
- R = Konstanta inherent terhadap stroke penuh 3"

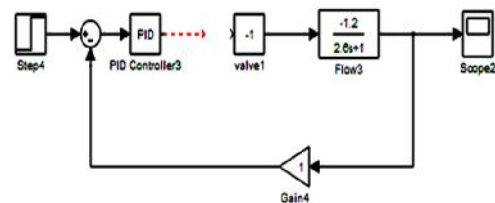
Dari Data-data diatas maka diperoleh model matematika *control valve* sebagai berikut

$$G_{cv} = \frac{K_v}{s + 1}$$

$$G_{cv} = \frac{11.72}{4s + 1}$$

II.2.6 Fungsi Alih Proses Flow Pada Loop Sekunder

Respon waktu *transient* dari *flow reflux* sebagai dalam *loop slave* diperoleh dengan memposisikan loop pada kondisi manual kemudian diberikan perubahan inputnya dan diamati respon outputnya.



Gambar 3 Simulink Pada Loop Pengendalian Sekunder

Pada flow reflux ini inputnya berasal dari perubahan MV control valve dan

outputnya adalah besarnya laju aliran yang melewati flow control valve FCV 06. Pada saat diberi perubahan MV sebesar 1% dari 27.8% menjadi 26.8% maka terjadi perubahan aliran reflux sebagai berikut :

Tabel Respon Flow terhadap Waktu

T (detik)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8
Q	96	96.1	96.2	96.3	96.45	96.55	96.75	96.85	96.75	96.8	96.8
Q	0	0.1	0.2	0.3	0.45	0.55	0.75	0.85	0.75	0.8	0.8
Q (%)	0%	12%	25%	37%	56%	69%	94%	106%	94%	100%	100%

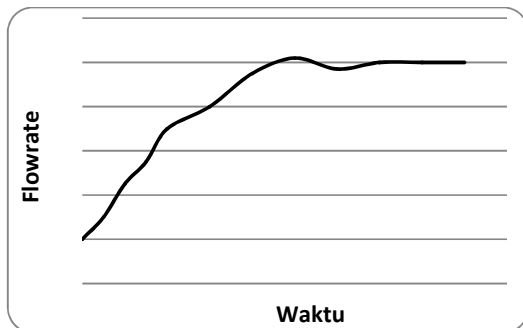
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa saat MV dirubah dari 28.8% menjadi 26.8% (MV = -1%) terjadi perubahan Flowrate dari 96 m³/d menjadi 96.8 m³/d (Q= 0.8 m³/d) sehingga diperoleh :

$$K = \frac{\Delta Q}{\Delta Mv} = \frac{-0,8}{2} = -0,4$$

Dan Time constant :

$$T_{63.2\%} = \left\{ \left(\frac{63.2\% - 56\%}{69\% - 56\%} \right) \times (2 - 1.5) \right\} + 2.1 = 1,68$$

Time constant proses flow = 1,68detik



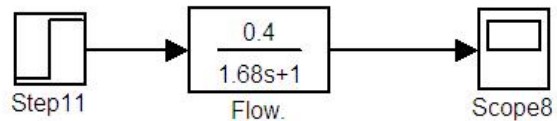
Gambar 4 Grafik Perubahan Flowrate Terhadap Waktu

Sehingga fungsi alih proses flow adalah :

$$GP2(s) = \frac{K}{s+1}$$

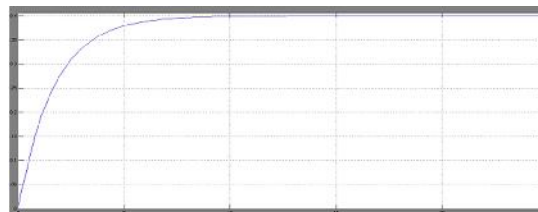
$$Gp2(s) = \frac{-0,4}{1,68s+1}$$

Untuk mengetahui kesesuaian transfer function terhadap proses riil, maka dilakukan verifikasi dengan memberikan masukan step menggunakan program simulink



Gambar5 Diagram Blok Pengujian Flow Transfer Function

Respon flow transfer function setelah diberi masukan step :



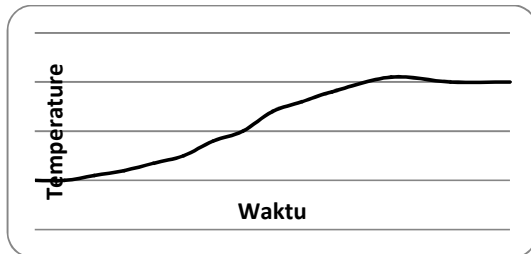
Gambar6 Scope Flow Transfer Function

II.2.7 Fungsi Alih Poses Temperature pada Loop Primer

Untuk mengetahui karakteristik proses temperature perlu dilakukan perubahan proses baik pada input maupun pada Set Point. Kemudian diamati respon outputnya. Dalam hal ini input prosesnya berupa flow rate reflux dan output prosesnya adalah besaran temperature . Untuk melihat karakteristik proses sesuai dengan kondisi aktual yang bisa dilakukan terhadap proses yang sedang beroperasi adalah dengan mengubah besarnya nilai Set Point pada Master control (Temperature) dari 124^o C menjadi 126^o C, dan hasil yang diperoleh dari pengamatan perubahan temperature adalah sebagai berikut :

Tabel Respon Temperature Terhadap Waktu

Waktu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160
T	124	124.2	124.5	124.8	125.1	125.4	125.6	125.8	126.1	126.4	126.6	126.8	127.1	127.4
T	0	0.1	0.15	0.3	0.5	0.8	1	1.4	1.6	1.8	2.1	2	2	2
T (%)	0%	0%	5%	8%	15%	25%	40%	50%	70%	80%	90%	105%	100%	100%



Gambar 7 Grafik Perubahan Temperature Terhadap Waktu Pada Control Cascade

Dari data temperature diatas bisa disimpulkan, pada saat SP diberi perubahan 2°C maka temperatur tidak segera mengalami kenaikan, dibutuhkan waktu 10 detik untuk merespon perubahan Set Point yang dalam hal ini berarti nilai L=10 detik, sedangkan untuk waktu transient bisa dihitung, saat terjadi perubahan sebesar 63,2%

$$T_{63.2\%} = \left\{ \left(\frac{63.2\% - 50\%}{70\% - 50\%} \right) \times (80 - 70) \right\} + 70 = 73.2 \text{ det ik}$$

$$\} = T_{63.2\%} - \text{Lag_Time} = 73.2 - 10 = 63.2 \text{ det ik}$$

Sedangkan untuk K temperature dapat dihitung melalui :

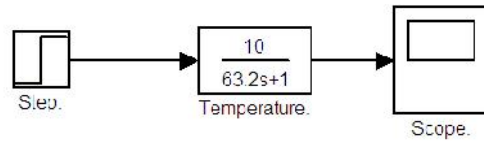
$$\frac{\text{Perubahan_temperatur}}{\text{Perubahan_flow}} = \frac{126^0 \text{ c} - 124^0 \text{ c}}{97 \text{ m}^3 / \text{d} - 97.2 \text{ m}^3 / \text{d}} = \frac{2}{-0.2} = -10$$

Sehingga diperoleh gain Gain Temperature (Gp1) adalah :

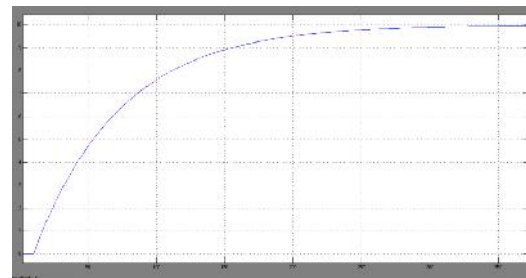
$$GP1 = \frac{K}{s+1} * e^{-LS}$$

$$GP1(s) = \frac{-10}{63,2S + 1} * e^{-10S}$$

Blok Diagram Verifikasi Transfer Function Temperature :



Gambar8 Diagram Blok Pengujian Temperature Transfer Function



Gambar9 Scope Temperature Transfer Function

II.2.8 Analisa Kestabilan Pengendalian Flow (Loop Sekunder)

Untuk melakukan analisa kestabilan pada loop sekunder, maka semua komponen pengendalian harus diubah dalam bentuk fungsi transfer, :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Gc2 * Gcv * Gp2}{1 + Gc2 * Gcv * Gp2 * GH2}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\left(Kc2 \left[\frac{20s+1}{20s} \right] \right) * \left(\frac{11,72}{4s+1} \right) * \left(\frac{-0,4}{1,68s+1} \right)}{1 + \left\{ \left(Kc2 \left[\frac{20s+1}{20s} \right] \right) * \left(\frac{11,72}{4s+1} \right) * \left(\frac{-0,4}{1,68s+1} \right) * (1) \right\}}$$

Setelah memasukkan nilai Kc2=0,2, maka transfer yang diperoleh fungsi transfer

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 10S} \cdot \frac{1}{1 + \frac{9,86S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 10S}}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\left(\frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 10S} \right)}{\left(\frac{67,2S^3 + 56,8S^2 + 19,376S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 10S} \right)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 19,38S + 0,47}$$

Untuk melakukan Analisa kestabilan dengan kriteria Nyquist maka akan dilakukan pemetaan kontur open loop *transfer function* pada bidang kompleks, sehingga dapat dilakukan ditentukan pengelilingan terhadap titik $-1+j0$ oleh tempat kedudukan $G(s)H(s)$

Transfer function dari loop terbuka $[G(s)H(s)]$ dari persamaan diatas adalah:

$$C(s)R(s) = \frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 10S} = \frac{9,38S + 0,47}{S(S + 0,595) * (S + 0,25)}$$

Respon frekwensi loop terbukanya adalah :

$$\begin{aligned} C(j\omega)R(j\omega) &= \frac{9,38j\omega + 0,47}{67,2j^3\omega^3 + 56,8j^2\omega^2 + 10j\omega} \\ &= \frac{9,38j\omega + 0,47}{9,38j\omega + 0,47} \\ &= \frac{1}{j\omega(j\omega + 0,595) * (j\omega + 0,25)} \end{aligned}$$

Pemetaan respon frekwensi dapat dilakukan dengan menempatkan *Magnitude* pada sudut fasa untuk nilai frekwensi yang bervariasi :

Perhitungan Gain dan sudut fasa untuk nilai $\omega = -5$

$$|G(j(-5))H(j(-5))| = \frac{\sqrt{(9,38*(-5))^2 + (0,47)^2}}{\sqrt{(-5)^2} * \sqrt{(-5)^2 + (0,595)^2} * \sqrt{(-5)^2 + (0,25)^2}} = 0,3$$

$$\angle G(j\omega)H(j\omega) = \tan^{-1} \frac{-46,9}{0,47} - \tan^{-1} \frac{-5}{0,595} - \tan^{-1} \frac{-5}{0,25} - 90^\circ = 11,3^\circ$$

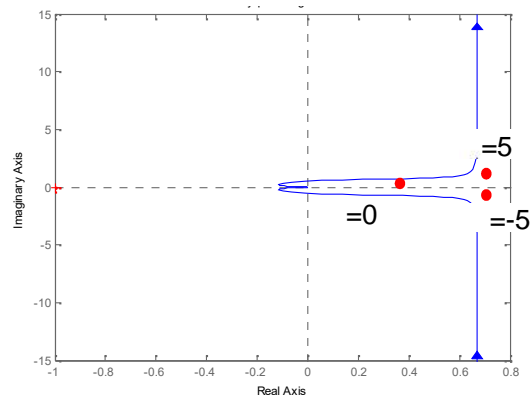
Perhitungan Gain dan sudut fasa untuk nilai $\omega = 0$

$$|G(j0)H(j0)| = \frac{0,47}{0} = \infty$$

$$\angle G(j\omega)H(j\omega) = \tan^{-1} \frac{0}{0,47} - \tan^{-1} \frac{0}{0,595} - \tan^{-1} \frac{0}{0,25} - 0^\circ = 0^\circ$$

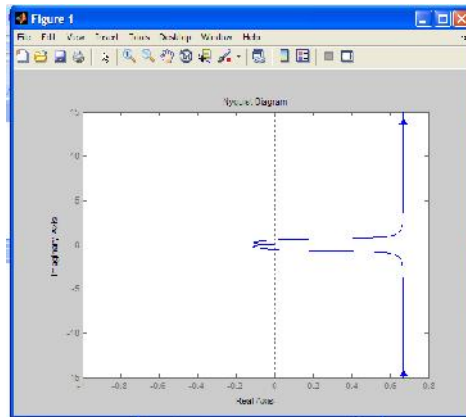
Tabel Respon Frekwensi Loop Pengendalian Sekunder

	$ G(j\omega)H(j\omega) $	$\angle(G(j\omega)H(j\omega))$
-5	0,3	$11,3^\circ$
0		0°
5	0,3	$350,9^\circ$



Gambar 10 Plot Nyquist Loop Sekunder Sesuai Perhitungan

Hasil pemetaan kontur *loop sekunder* dengan matlab:



Gambar 11 Scope Kontur Nyquist Loop Sekunder

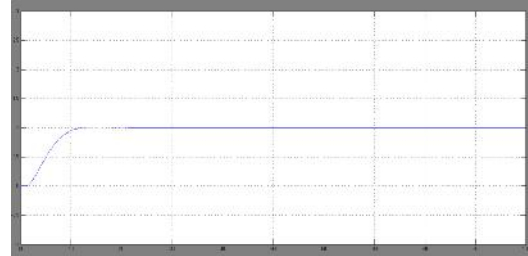
Untuk mengetahui letak akar persamaan dari *transfer function* pengendalian loop sekunder, bisa digunakan instruksi "pole" pada Matlab :

pole(slave)
0
-0.5952
-0.2500

Dari hasil analisa loop sekunder diperoleh hasil, pemetaan kontur tidak ada pengelilingan terhadap sumbu $-1+j0$, dan tidak ada pole yang terletak disebelah kanan sumbu s , maka system masuk kategori stabil

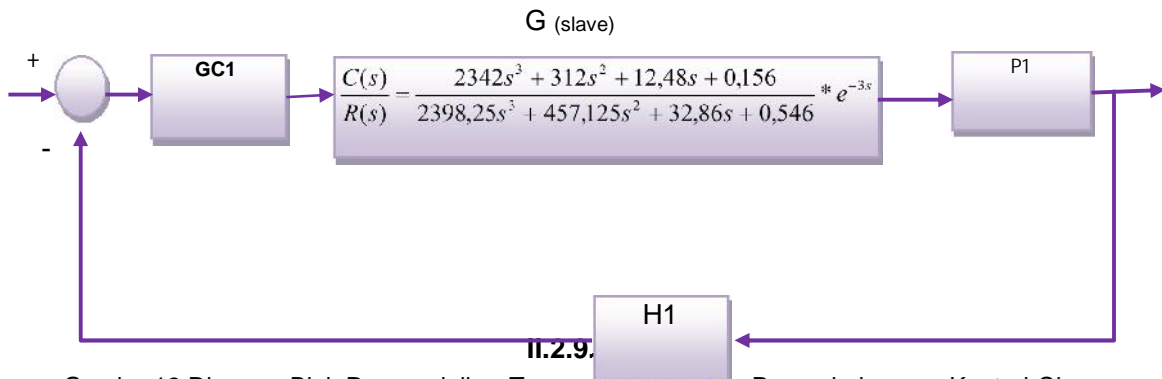
Dari hasil analisa dengan respon langkah *close loop transfer function* pada

loop sekunder diperoleh respon tanpa *offset* dan *overshoot* dengan rise time 61.6 sec dan settling time 124 sec seperti dtunjukkan pada gambar 3.7 :



Gambar 12 Respon Langkah Loop Sekunder

II.2.9 Analisa Kestabilan Sistem Pengendalian Temperature



Gambar13 Diagram Blok Pengendalian Temperature Dengan Penyederhanaan Kontrol Slave

Dari penyederhanaan di atas maka diperoleh penjabaran persamaan pengendalian temperature sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Gc1 * Gslave * Gp1}{1 + Gc1 * Gslave * Gp1 * GH1}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\left[\frac{50s^2 + 5s + 0,1}{2s} \right] * \left(\frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 19,38S + 0,47} \right) * \left(\frac{10}{63,2S + 1} \right)}{1 + \left[\frac{50s^2 + 5s + 0,1}{2s} \right] * \left(\frac{9,38S + 0,47}{67,2S^3 + 56,8S^2 + 19,38S + 0,47} \right) * \left(\frac{10}{63,2S + 1} \right) * 1}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\left(\frac{4688 S^3 + 702,8 S^2 + 32,78 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 64080 S^3 + 2438 S^2 + 23,25 S} \right)}{1 + \left(\frac{4688 S^3 + 702,8 S^2 + 32,78 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 64080 S^3 + 2438 S^2 + 23,25 S} \right)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\left(\frac{4688 S^3 + 702,8 S^2 + 32,78 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 64080 S^3 + 2438 S^2 + 23,25 S} \right)}{\left(\frac{212352 S^5 + 182800 S^4 + 68768 S^3 + 3141 S^2 + 56 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 64080 S^3 + 2438 S^2 + 23,25 S} \right)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{4688 S^3 + 702,8 S^2 + 32,78 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 68768 S^3 + 3141 S^2 + 56 S + 0,47}$$

Open Loop Transfer dari persamaan diatas adalah :

$$G(s)H(s) = \left(\frac{4688 S^3 + 702,8 S^2 + 32,78 S + 0,47}{212352 S^5 + 182800 S^4 + 64080 S^3 + 2438 S^2 + 23,25 S} \right)$$

$$G(s)H(s) = \left(\frac{(S + 0,0727) * (S + 0,0491) * (S + 0,0281)}{(S + 0,4096 + 0,3153i) * (S + 0,4096 - 3153i) * (S + 0,0259) * (S + 0,0158)} \right)$$

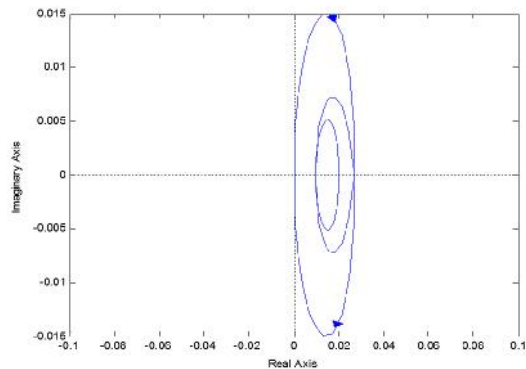
Maka respon frekwensi :

$$G(s)H(s) = \left(\frac{(j\check{S} + 0,0727) * (j\check{S} + 0,0491) * (j\check{S} + 0,0281)}{(j\check{S} + 0,4096 + 0,3153i) * (j\check{S} + 0,4096 - 3153i) * (j\check{S} + 0,0259) * (j\check{S} + 0,0158)} \right)$$

TabelResponFrekwensiPengendalian Loop Primer :

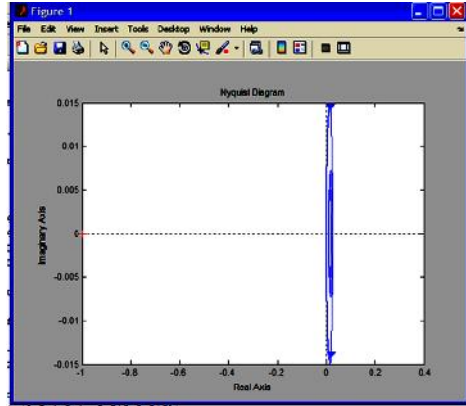
	G(j)H(j)	<(G(j)H(j))
80	0.012	-89.491
70	0.014	-89.418
60	0.017	-89.321
50	0.020	-89.185
-50	0.020	89.185
-60	0.017	89.321

Maka kontur nyquist yang diperoleh untuk transfer function loop terbuka pada loop primer adalah :



Gambar 14 Plot Nyquist Loop Primer Sesuai Perhitungan, Perbesaran Plot Nyquist

Gambar Kontur Nyquist persamaan transfer function loop primer yang dipetakan menggunakan program Matlab :



Gambar 15 Scope Kontur Nyquist Loop Primer

Menentukan *pole transfer function master* dengan program Matlab :

```
pole(master)
```

```
ans =
```

```
0
```

```
-0.4097 + 0.3152i
```

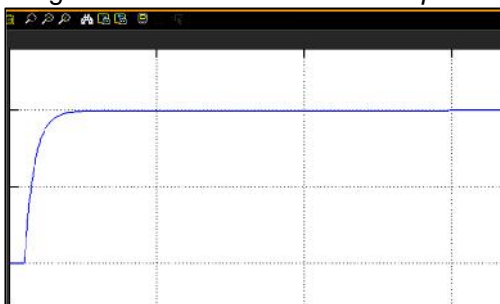
```
-0.4097 - 0.3152i
```

```
-0.0259
```

```
-0.0158
```

Dari pemetaan kontur loop sekunder diperoleh hasil, kurva nyquist tidak mempunyai pengelilingan terhadap titik $-1+j0$, dan tidak ada *pole* yang terletak disebelah kanan sumbu s

Hasil respon close loop transfer function dari pengendalian loop primer dengan masukkan step :



Gambar16 ResponLangkahLoop Primer

Dengan melihat grafik respon dari pengendalian temperature di atas system pengendalian mempunyai tidak mempunyai overshoot dan offset dengan rise time 46 sec dan settling time 210 sec, dan dari hasil analisa dengan nyquist system pengendalian ini sudah mempunyai cukup kestabilan, karena pada plot *nyquist* tidak terdapat pengelilingan terhadap titik $-1+j0$ dan tidak ada pole dari *transfer function* terbuka yang terletak disebelah kanan.

Kesimpulan

1. Konfigurasi yang digunakan dalam sistem pengendalian *temperature pada top kolom fraksinasi* adalah Rangkaian *cascade control* yang digunakan untuk mempercepat respon proses temperature dan mengatasi fluktuasi pada *flow reflux*,
2. Dalam rangkaian *cascade control* yang diterapkan pada pengendalian temperature di Top Kolom Fraksinasi C1 Kilang Pusdiklat Migas , TIC-08 berperan sebagai controller primer / master controller sedangkan FIC-06 sebagai controller sekunder / slave controller.
3. Dari hasil analisa existing proses menggunakan kriteria kestabilan nyquist maka diperoleh hasil yang stabil baik pada loop primer maupun loop sekunder, karena pada loop sekunder tidak ada pengelilingan terhadap titik $-1+j0$, dan tidak ada pole yang terletak disebelah kanan. Begitu juga dengan loop sekunder, konturnya tidak melingkupi titik $-1+j0$, dan tidak ada akar yang positif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dwi Hartanto, Thomas Wahyu.2007."Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab"Yogyakarta : Penerbit ANDI.
2. Fiana,Supegina,ST.,MT 2007 " Modul Dasar Sistem Kontrol" : Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercu Buana.
3. Gunterus, Gunterus 1997."Bimbingan Teknik Kontrol Automatik".Jakarta: PT Gramedia.
4. Ogata, Katsuhiko1997."Bimbingan Teknik Kontrol Automatik"Jilid 2 .Jakarta: PT Erlangga.
5. Setiawan,Iwan.2008."Kontrol PID untuk Proses Industri". Jakarta : PT Media Komputindo.
6. <http://rahmadya.com/2012/05/23/kriteria-kestabilan-nyquist/>
7. <http://asro.wordpress.com/category/process-equipment-control/>