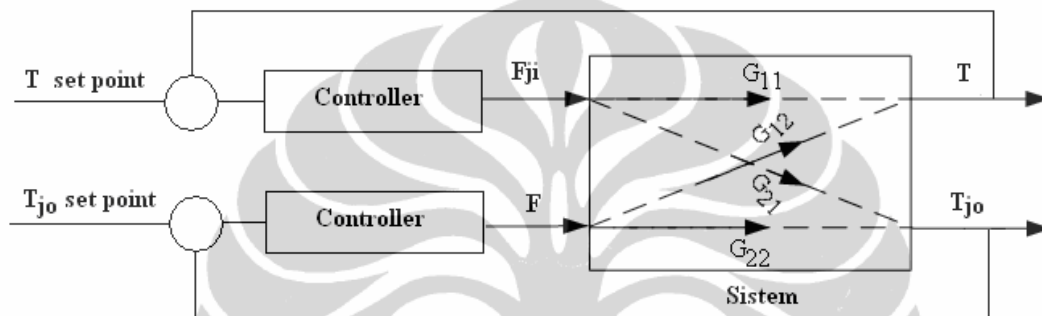


BAB 3

PERANCANGAN PENGENDALI SISTEM JACKETED STIRRED TANK HEATER

Prinsip kerja sistem kendali pada jacketed stirred tank heater ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Kendali Pada Jacketed Stirred Tank Heater

Sistem ini terdiri dari dua *manipulated variable*, dua *variable disturbance* dan dua variabel output. Asumsi yang digunakan adalah pasangan *manipulated variable* dan *controlled variable* seperti yang ditunjukkan oleh gambar blok diagram diatas. Pasangan sesungguhnya akan dibahas dalam perancangan decoupler subbab 3.1, pengendali yang dirancang adalah pengendali PI dan pengendali fuzzy.

3.1 Perancangan Decoupler

Dalam proses *Multi Input Multi Output* (MIMO), masing-masing input mempunyai interaksi dengan masing-masing output sistem. Untuk mengurangi interaksi antar *loop*, maka perlu dirancang suatu *decoupler*.

Dari persamaan (2.37) diperoleh fungsi alih sistem sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 G_{11}(s) &= \frac{T(s)}{F_{ji}(s)} = \frac{15}{s^2 + 4,9s + 0,9} & G_{21}(s) &= \frac{T_{jo}(s)}{F_{ji}(s)} = \frac{50s + 20}{s^2 + 4,9s + 0,9} \\
 G_{12}(s) &= \frac{T(s)}{F(s)} = \frac{-7,5s - 33,75}{s^2 + 4,9s + 0,9} & G_{22}(s) &= \frac{T_{jo}(s)}{F(s)} = \frac{-22,5}{s^2 + 4,9s + 0,9}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Sebelum perancangan decoupler pada sistem jacketed stirred tank heater, terlebih dahulu ditentukan pasangan input output proses yang paling cocok untuk pengendalian sistem dalam proses dekopling dengan menggunakan metode *relative gain matrix* (RGM). Dengan memakai persamaan (3.1), maka urutan metode RGM untuk sistem jacketed stirred tank heater dapat ditulis sebagai berikut :

Berdasarkan persamaan (2.40) maka matrik penguatan keadaan tunak (*Steady State Gain Matrix*) sistem adalah :

$$K_{ij} = \begin{bmatrix} 16.67 & -37.5 \\ 22.22 & -25 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Berdasarkan persamaan (2.42) maka besar penguatan lingkaran tertutup sistem adalah :

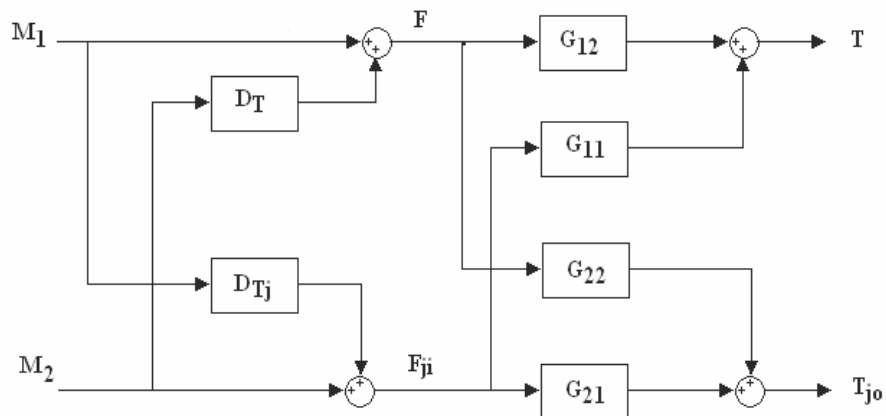
$$K'_{ij} = \begin{bmatrix} -16.66 & -18.74 \\ 11.1067 & 24.985 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Sehingga berdasarkan persamaan (2.43) maka dapat dituliskan *relative gain matrix* dari sistem jacketed stirred heater adalah sebagai berikut :

$$T \begin{matrix} F_{ji} & F \\ -1 & \boxed{2} \\ 2 & -1 \end{matrix} \quad (3.4)$$

Jadi pasangan input output yang paling berpengaruh adalah yang nilainya positif dan besar yaitu : debit input tangki (F) dengan temperatur output tangki (T) dan debit input jaket (F_{ji}) dengan temperatur output jaket (T_{jo}).

Sehingga perancangan decoupler untuk sistem jacketed stirred tank heater adalah :



Gambar 3.2 Blok Diagram Decoupler Sistem Jacketed Stirred Tank Heater

Setelah dilakukan perhitungan *relative gain matrix* ternyata pasangan yang paling berpengaruh adalah debit input tangki (F) dengan temperatur output tangki (T) dan debit input jaket (F_{ji}) dengan temperatur output jaket (T_{jo}) sehingga persamaan (2.48) dan (2.49) berubah menjadi :

$$D_T = -\frac{G_{11}(s)}{G_{12}(s)} = -\frac{15}{-7,5s - 33,75} = \frac{15}{7,5s + 33,75} \quad (3.5)$$

$$D_{T_j} = -\frac{G_{22}(s)}{G_{21}(s)} = -\frac{-22,5}{50s + 20} = \frac{22,5}{50s + 20} \quad (3.6)$$

3.2 Perancangan Pengendali PI

Pengendali yang digunakan adalah pengendali PI yang mempunyai fungsi alih:

$$\text{Fungsi alih} = \frac{K_p T_i s + K_p}{T_i s} \quad (3.7)$$

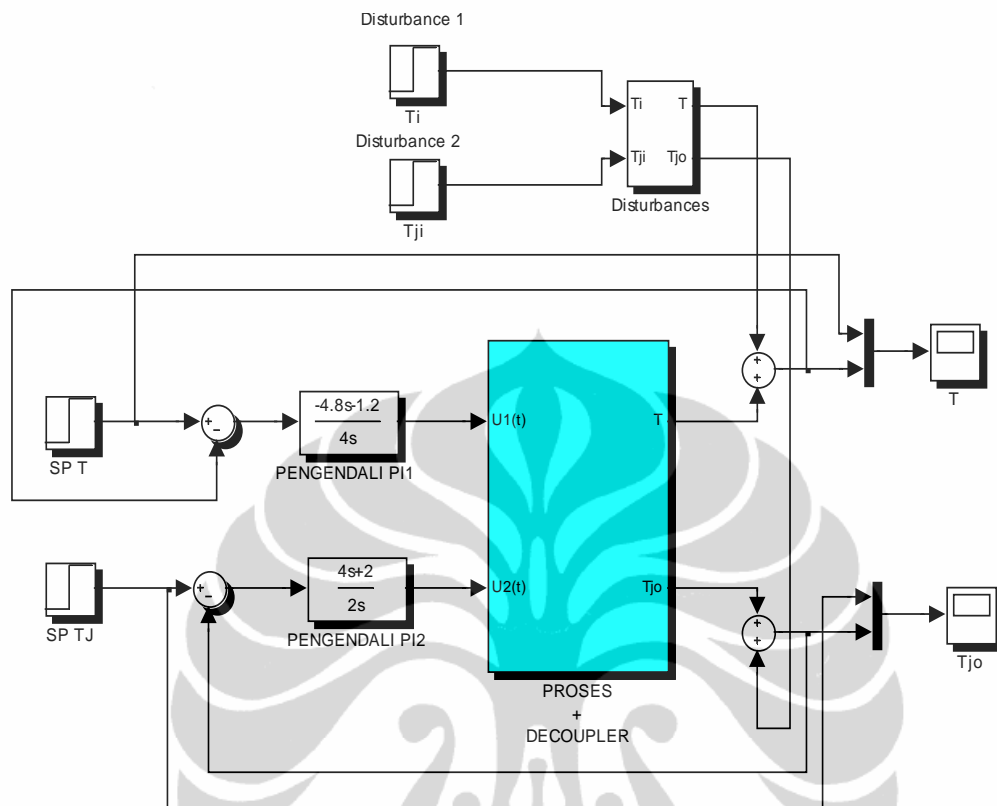
Proses tuning dilakukan dengan metode *heuristic* yaitu dengan menambahkan K_p dari yang kecil kemudian diperbesar, karena masih terdapat steady state error maka ditambah dengan T_i. Waktu simulasi untuk pengendali PI ini adalah 100 menit. Didapatkan nilai parameter PI sebagai berikut.

Tabel 3.1 Parameter pengendali PI

Variabel Output	<i>Manipulated Variable</i>	K _p	T _i
T	F	-1,2	4
T _{jo}	F _{ji}	2	2

Hasil rancangan pengendali PI ditunjukkan pada gambar 3.3. Sistem ini dirancang dengan dua pengendali PI masing – masing untuk mengendalikan temperatur output tangki (T) dan temperatur output jaket (T_{jo}). Input proses sistem ini adalah debit input jaket dan debit input jaket. Pengendali PI ini dirancang untuk mendapatkan nilai temperatur output tangki (T) dan nilai temperatur output jaket (T_{jo}) agar sesuai dengan nilai set point yang diinginkan. Serta mempertahankan output dari beberapa disturbance (gangguan) yaitu gangguan dari temperatur input tangki (T_i) dan gangguan dari temperatur input jaket (T_{ji})

agar nilainya tetap sesuai dengan set point yang diinginkan dan memiliki time respon yang baik.



Gambar 3.3 Diagram Simulink Sistem Pengendali Proportional Integral (PI)

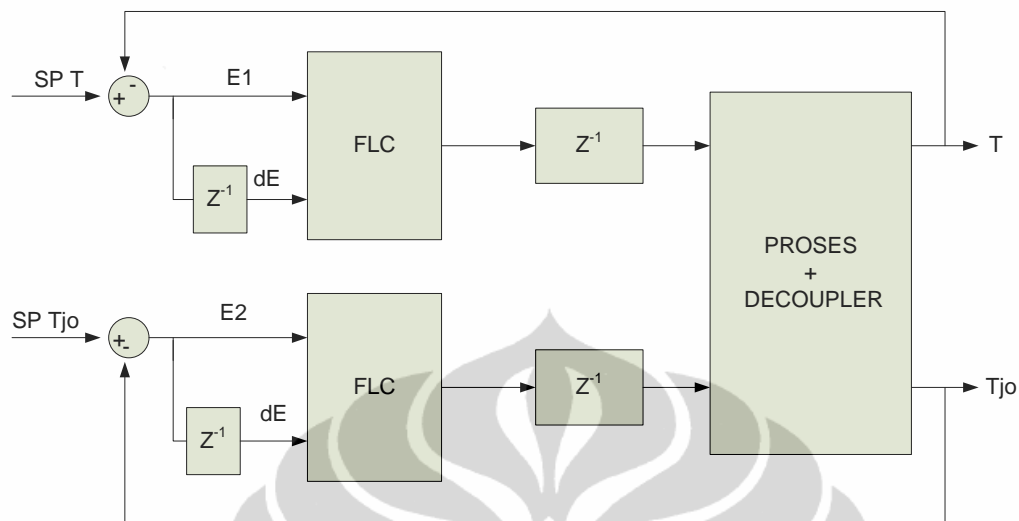
3.3 Perancangan Pengendali *Fuzzy*

Seperti pada pengendali PI yang telah dijelaskan, pengendali *fuzzy* juga dirancang untuk masing-masing pasangan input-output. Untuk mengurangi pengaruh input-input yang lain terhadap output yang bukan pasangannya, maka dipasang *decoupler*.

Pengendali fuzzy yang dirancang terdiri dari dua buah, masing-masing sebuah untuk tiap pasangannya. Sistem kendali logika fuzzy yang dirancang mempunyai struktur sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4.

Variabel input dari pengendali yang dirancang meliputi error (E1) sebagai perbandingan antara temperatur output tangki sistem dengan temperatur tangki set

point. Sedangkan error (E2) adalah perbandingan antara temperatur output jaket dengan temperatur jaket set point.

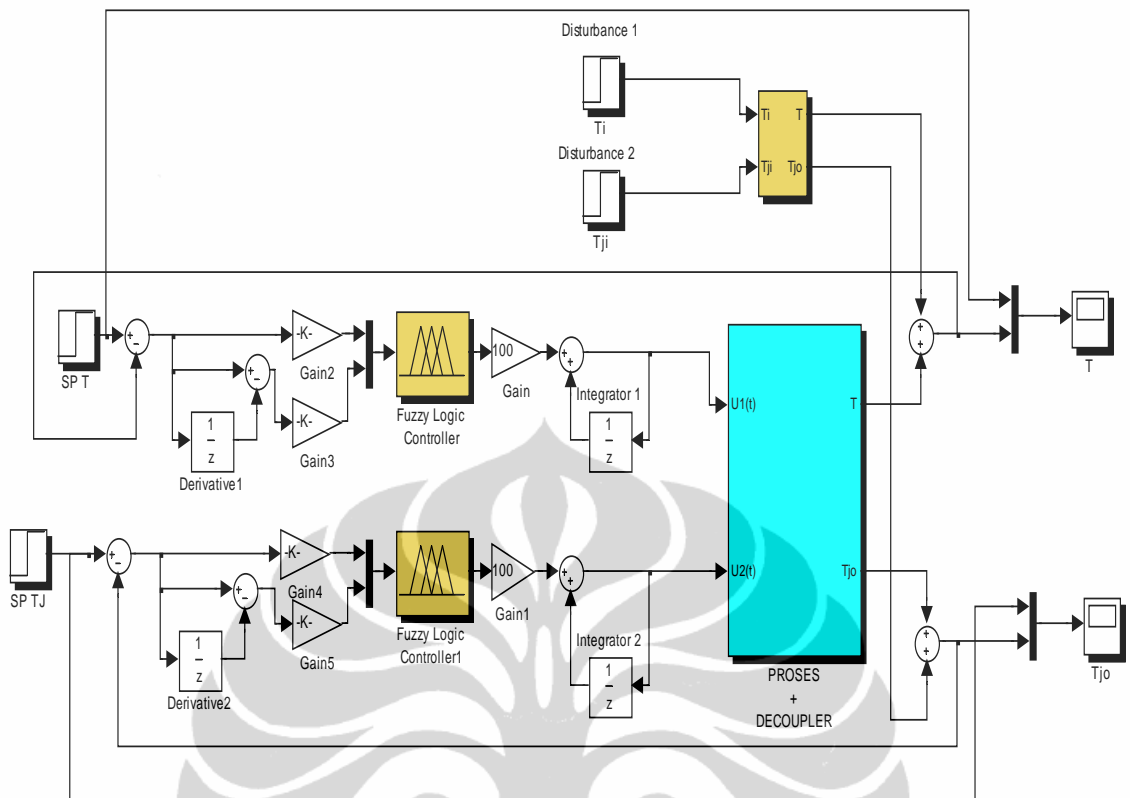


Gambar 3.4 Sistem kendali logika fuzzy pada system jacketed stirred tank heater

FLC dengan tiga fungsi keanggotaan

Masing-masing pengendali *fuzzy* menggunakan tiga himpunan fuzzy untuk fungsi keanggotaan variabel error (E) maupun fungsi keanggotaan perubahan error (dE) pada debit input tangki dan debit input jaket dengan menggunakan program *Fuzzy Logic Toolbox Using Matlab*. Hasil rancangan pengendali *fuzzy* selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.4

Pada sistem ini menggunakan dua pengendali logika fuzzy masing-masing untuk mengendalikan temperatur output tangki (T) dan temperatur output jaket (T_{jo}). Input proses untuk sistem ini adalah debit input tangki (F) dan debit input jaket (F_{ji}). Pengendali logika Fuzzy ini dirancang untuk mendapatkan nilai temperatur output tangki (T) dan nilai temperatur output jaket (T_{jo}) agar sesuai dengan nilai set point yang diinginkan serta mempertahankan output dari beberapa disturbance (gangguan) yaitu gangguan dari temperatur input tangki (T_i) dan gangguan dari temperatur input jaket (T_{ji}) agar nilainya tetap sesuai dengan set point yang diinginkan dan memiliki time respon yang baik.



Gambar 3.5 Diagram Simulink Sistem Pengendali Logika Fuzzy

Bagian yang penting dalam perancangan pengendali fuzzy adalah menyelaraskan (*tune*) parameter-parameter pengendali untuk memperoleh kinerja kendali yang baik. Parameter-parameter yang diselaraskan dalam pengendali *fuzzy* adalah faktor normalisasi, faktor denormalisasi dan rentang nilai fungsi keanggotaan. Pengendali fuzzy dengan tiga fungsi keanggotaan pada tahap inferensi mempunyai sembilan rules. Aturan-aturan yang digunakan dalam sistem ini tertera pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rules Pengendali Logika Fuzzy pada sistem jacketed stirred tank heater

FIS 1	FIS 2
1. If (E is N) and (DEN is N) Then (DU is P)	1. If (E is N) and (DEN is N) Then (DU is N)
2. If (E is P) and (DEN is P) Then (DU is N)	2. If (E is P) and (DEN is P) Then (DU is P)
3. If (E is N) and (DEN is Z) Then (DU is P)	3. If (E is N) and (DEN is Z) Then (DU is N)
4. If (E is P) and (DEN is Z) Then (DU is N)	4. If (E is P) and (DEN is Z) Then (DU is P)
5. If (E is N) and (DEN is P) Then (DU is Z)	5. If (E is N) and (DEN is P) Then (DU is Z)
6. If (E is P) and (DEN is N) Then (DU is Z)	6. If (E is P) and (DEN is N) Then (DU is Z)
7. If (E is Z) and (DEN is Z) Then (DU is Z)	7. If (E is Z) and (DEN is Z) Then (DU is Z)
8. If (E is Z) and (DEN is N) Then (DU is P)	8. If (E is Z) and (DEN is N) Then (DU is N)
9. If (E is Z) and (DEN is P) Then (DU is N)	9. If (E is Z) and (DEN is P) Then (DU is P)

Setelah didapat hasil inferensi, maka dapat diketahui defuzzifikasinya. Defuzzikasi merupakan proses pengubahan nilai fuzzy atau nilai derajat keanggotaan menjadi nilai analog. Metode yang dipilih dalam tesis ini untuk memperoleh nilai analog dari daerah fuzzy adalah metode centroid atau titik berat. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan :

$$z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

Hasil simulasi dan analisa pengendali fuzzy akan ditampilkan pada bab empat.