

BAB 4

SIMULASI DAN ANALISA

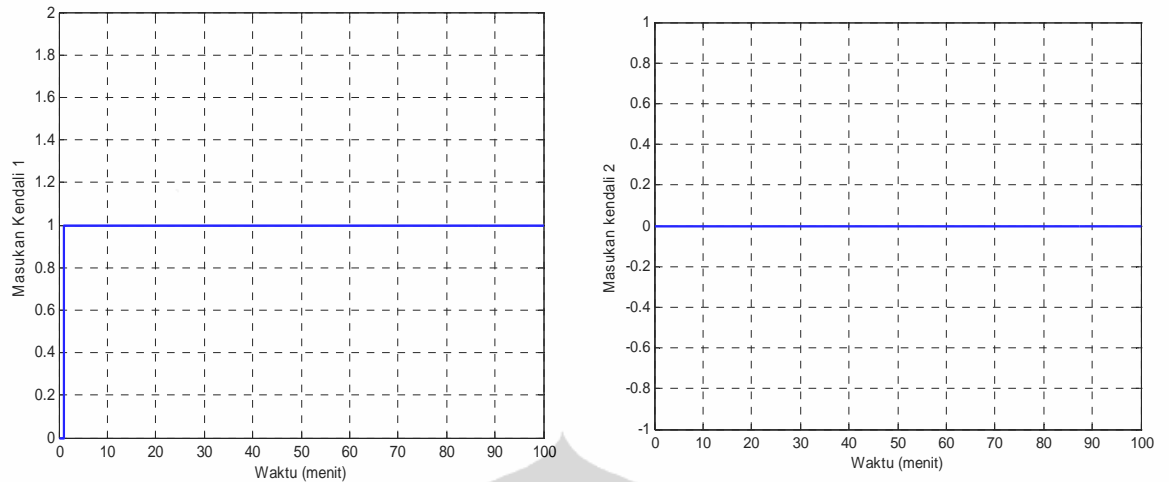
Dalam bab ini dipaparkan tentang hasil simulasi decoupler, simulasi pengendalian sistem Jacketed Stirred Tank Heater dengan menggunakan pengendali *fuzzy*, yang akan dibandingkan dengan hasil simulasi dengan menggunakan pengendali PI. Simulasi ini menggunakan Simulink, Matlab versi 7.1.

4.1 Simulasi Decoupler

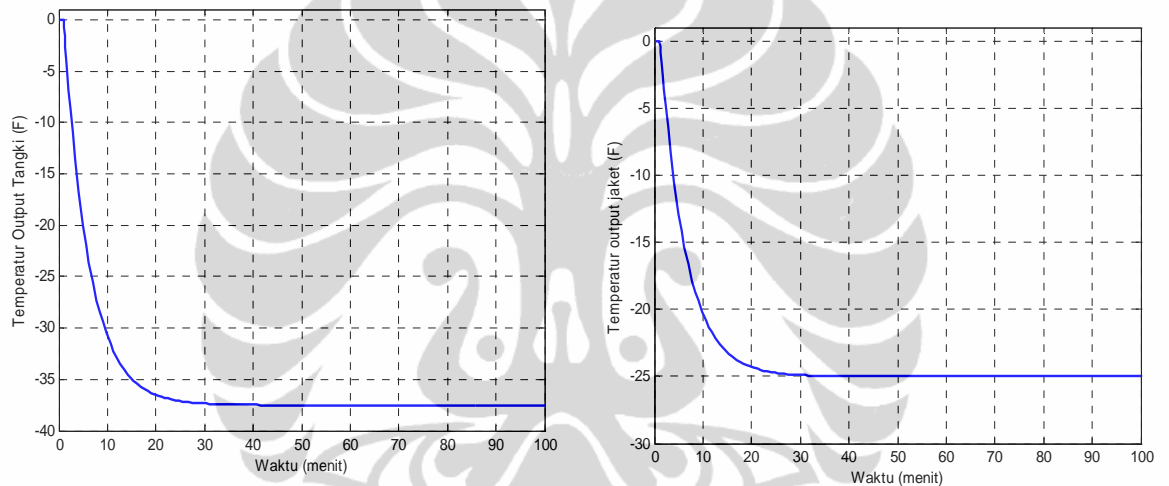
Untuk mengurangi pengaruh input-input yang lain terhadap output yang bukan pasangannya, maka dipasang *decoupler* seperti yang dijelaskan dalam bab 3. Pada Simulasi ini ditunjukkan hasil simulasi lingkaran terbuka tanpa decoupler dengan unit step pada masukan kendali 1, hasil simulasi lingkaran terbuka tanpa decoupler dengan unit step pada masukan kendali 2, hasil simulasi lingkaran terbuka decoupling dengan unit step pada masukan kendali 1 dan hasil simulasi lingkaran terbuka decoupling dengan unit step pada masukan kendali 2. Tujuan simulasi decoupler ini adalah untuk mengetahui bahwa input output yang sudah dipasangkan pada perancangan decoupler bab 3 adalah pasangan input output yang tepat dan membandingkan hasil keluaran proses tanpa decoupler dan dengan menggunakan decoupler.

4.1.1 Hasil simulasi dan analisa lingkaran terbuka tanpa decoupling

Uji lingkaran terbuka terhadap sistem jacketed stirred tank heater tanpa dekopling dilakukan dengan memberikan masukan berupa fungsi step kepada salah satu masukan kendali sistem dimana masukan yang lain tetap.



(a) Unit step diberikan pada masukan F , dimana $F_{ji} = 0$

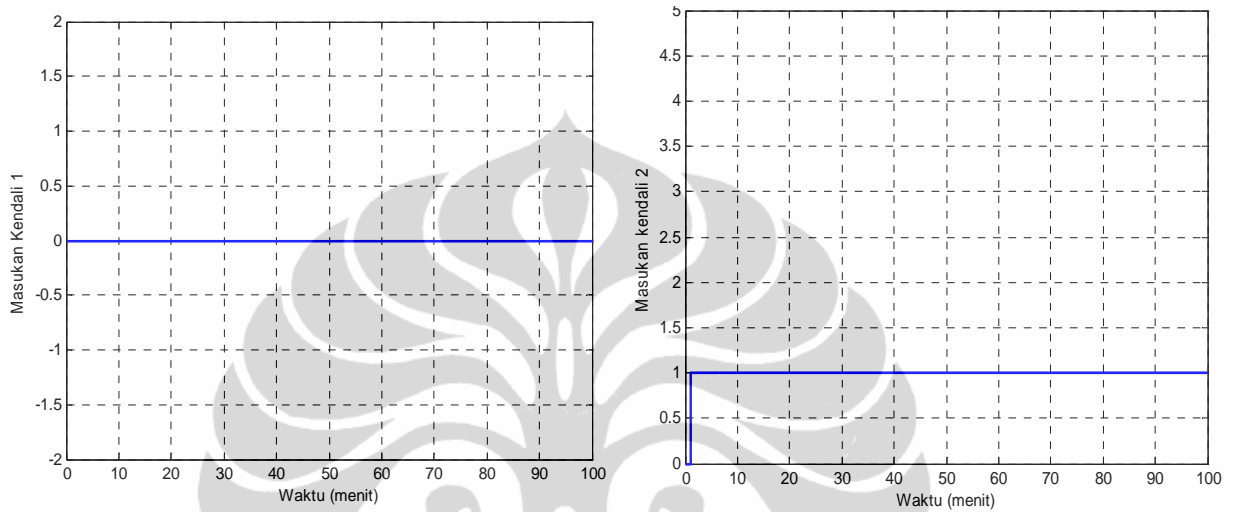


(b) Hasil Keluaran Proses

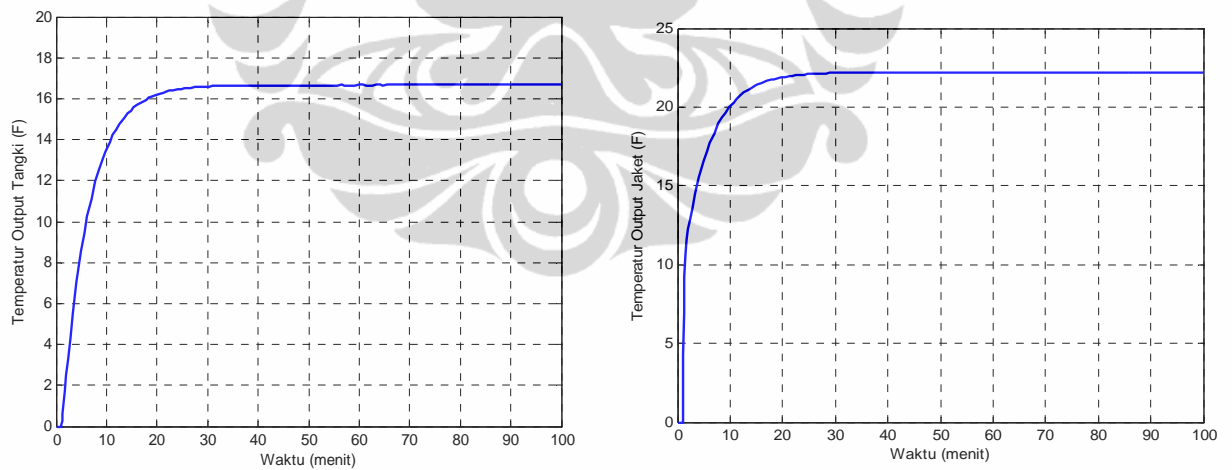
Gambar 4.1 Respon sistem tanpa decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 1

Seperti yang terlihat pada gambar 4.1 perubahan yang terjadi pada masukan debit input tangki (F) dan masukan debit input jaket (F_{ji}) sama dengan nol akan mempengaruhi temperatur output tangki (T) turun menjadi $-37,5\text{ }^{\circ}\text{F}$ dan juga mempengaruhi temperatur output jaket turun menjadi $-25\text{ }^{\circ}\text{F}$. Pada gambar 4.2 jika terjadi perubahan pada masukan debit input jaket (F_{ji}) dan masukan debit input tangki sama dengan nol maka akan mempengaruhi temperatur output tangki (T) naik menjadi $16,67\text{ }^{\circ}\text{F}$ dan juga mempengaruhi temperatur output jaket naik menjadi $22,2\text{ }^{\circ}\text{F}$. Terjadi interaksi (coupling) pada sistem jacketed stirred tank heater akan mengakibatkan perubahan yang terjadi pada satu masukan kendali akan mempengaruhi pula perubahan keluaran yang bukan pasangannya. Oleh

karena adanya sifat interaksi yang tidak menguntungkan bagi pengendalian temperatur output tangki dan temperatur output jaket maka dirancang decoupler untuk menghilangkan interaksi tersebut. Dengan demikian pengaruh suatu masukan pada keluaran yang tidak diinginkan akan dapat dikurangi atau dihilangkan.



(a) Unit step diberikan pada masukan F₂, dimana F₁ = 0

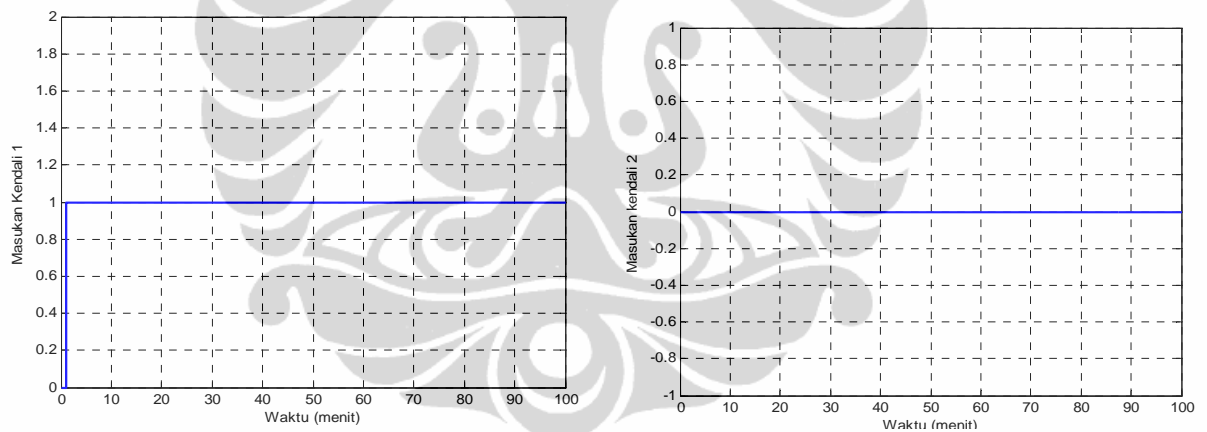


(b) Hasil keluaran proses

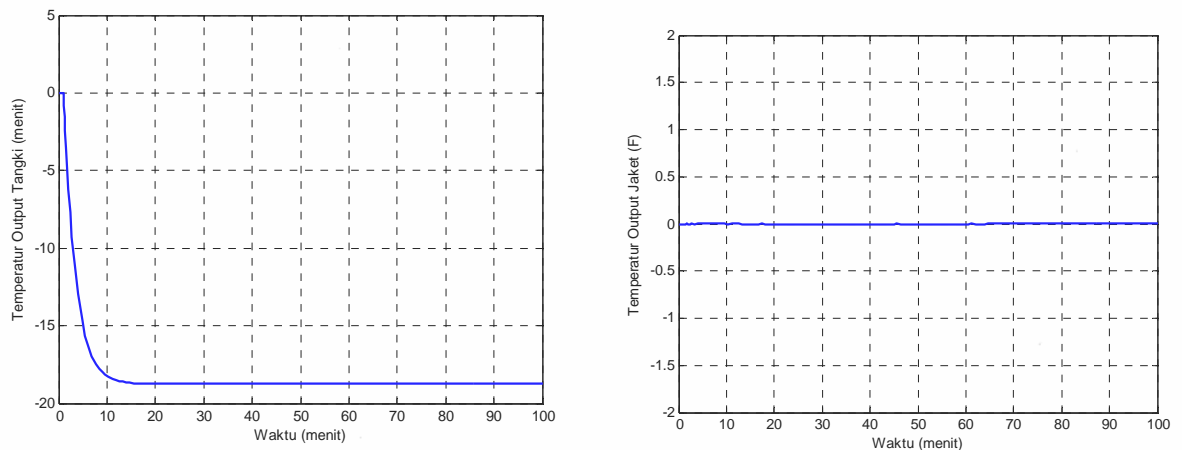
Gambar 4.2 Respon sistem tanpa decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 2

4.1.2 Hasil simulasi dan analisa lingkaran terbuka dengan Decoupling

Uji lingkaran terbuka terhadap sistem jacketed stirred tank heater dilakukan dengan memberikan masukan berupa fungsi step kepada salah satu masukan kendali sistem dimana masukan yang lain tetap. Pada gambar 4.3 diperlihatkan bahwa perancangan decoupler pada sistem jacketed stirred tank heater akan mengakibatkan perubahan yang terjadi pada masukan F hanya akan mempengaruhi pasangannya yaitu temperatur output tangki (T) turun menjadi $-18,75$ °F, sedangkan pengaruh masukan debit input tangki (F) terhadap temperatur output jaket (T_{jo}) menjadi kurang lebih 0 °F. Begitu pula yang terjadi pada masukan F_{ji} hanya akan mempengaruhi keluaran temperatur output jaket (T_{jo}) menjadi $11,11$ °F, sedangkan pengaruh masukan debit input jaket (F_{ji}) terhadap temperatur output tangki (T) menjadi kurang lebih 0 °F. Dari hasil simulasi dapat dikatakan bahwa interaksi dapat ditekan hampir 100%.

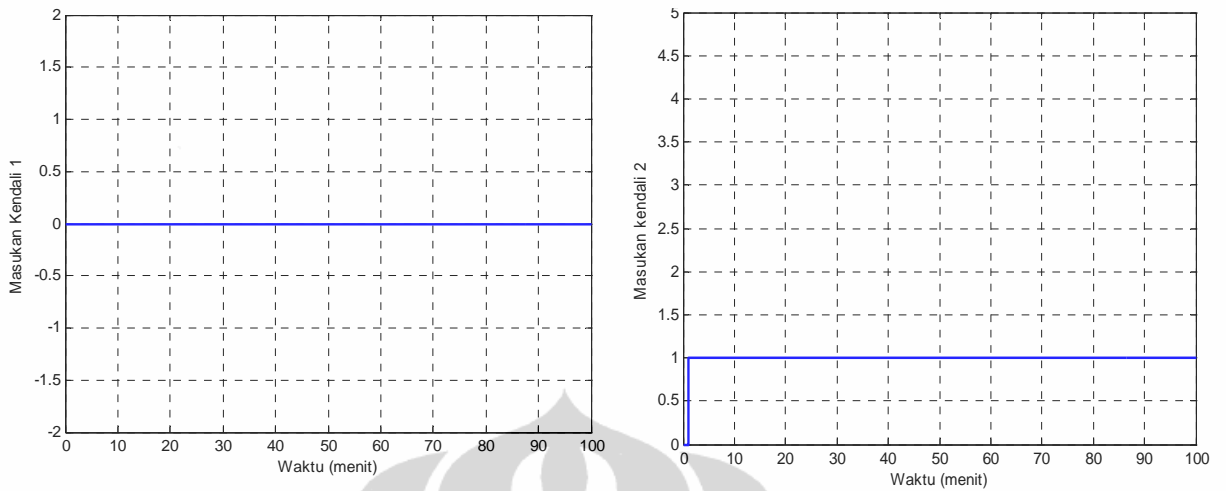


(a) Unit step diberikan pada masukan F, dimana $F_{ji} = 0$

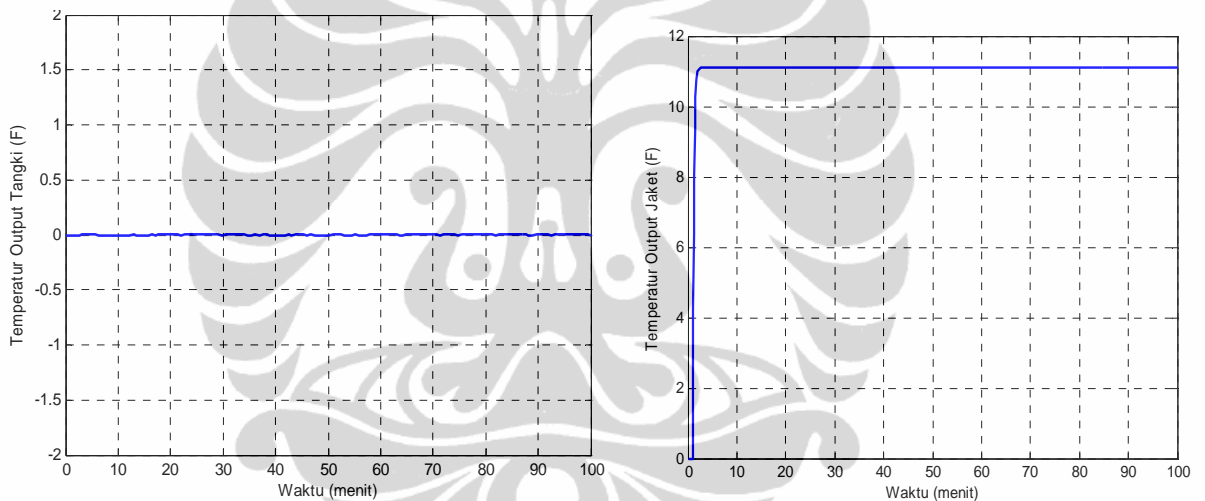


(b) Hasil keluaran proses

Gambar 4.3 Respon sistem decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 1



(a) Unit step diberikan pada masukan F₂, dimana F₁ = 0



(b) Hasil keluaran proses

Gambar 4.4 Respon sistem decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 2

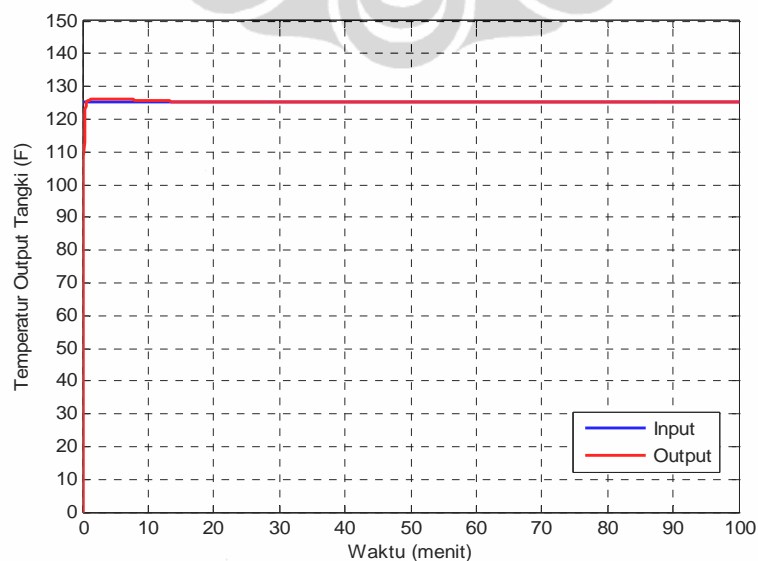
Berdasarkan analisa tersebut, maka dapat disimpulkan tujuan perancangan decoupler telah terpenuhi dan dapat diterapkan pada sistem jacketed stirred tank heater yang memiliki interaksi (coupling) antara masukan terhadap keluaran lain yang bukan pasangannya.

4.2 Simulasi Pengendali PI

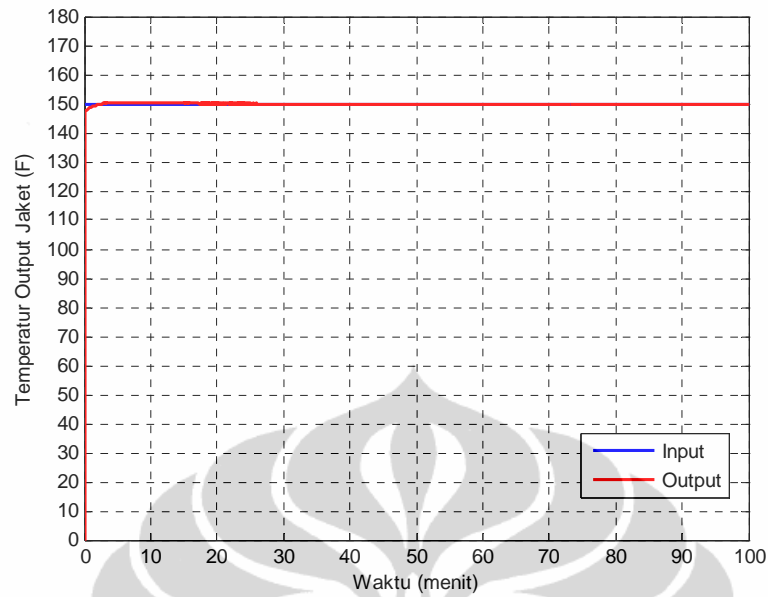
Simulasi pengendali PI dilakukan pada saat ada dan tidak ada gangguan pada temperatur fluida dalam tangki maupun pada temperatur uap dalam jaket. Gangguan diberikan pada kenaikan temperatur input tangki dan temperatur input jaket sebesar +50 %, +100 % dan +200 %. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, konstanta PI terbaik yang digunakan untuk temperatur tangki output $K_p = -1.2$ dan $T_i = 4$ dan untuk temperatur jaket output $K_p = 2$ dan $T_i = 2$.

4.2.1 Hasil Pengendalian PI Tanpa Gangguan

Hasil simulasi pengendalian sistem jacketed stirred tank heater menggunakan pengendali PI dengan waktu simulasi 100 menit dengan set point untuk temperatur output tangki 125 °F dan set point untuk temperatur output jaket 150° F. Gambar 4.5 (a) menunjukkan hasil simulasi pengendalian PI tanpa gangguan terhadap temperatur output tangki, tampak mengalami overshoot yaitu menjadi 126,14 °F sebesar 0,8 % dari set point dan settling time 0,42 menit. Gambar 4.5 (b) menunjukkan hasil simulasi pengendalian PI tanpa gangguan terhadap temperatur output jaket tampak mengalami overshoot yaitu menjadi 150,45 °F sebesar 0,3 % dari set point dan settling time 0,0678 menit.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Pengendali PI Tanpa Gangguan

Hasil Simulasi pengendalian PI tanpa gangguan tampak pada tabel 4.1 yang kemudian akan dibandingkan dengan pengendalian Fuzzy tanpa gangguan.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan

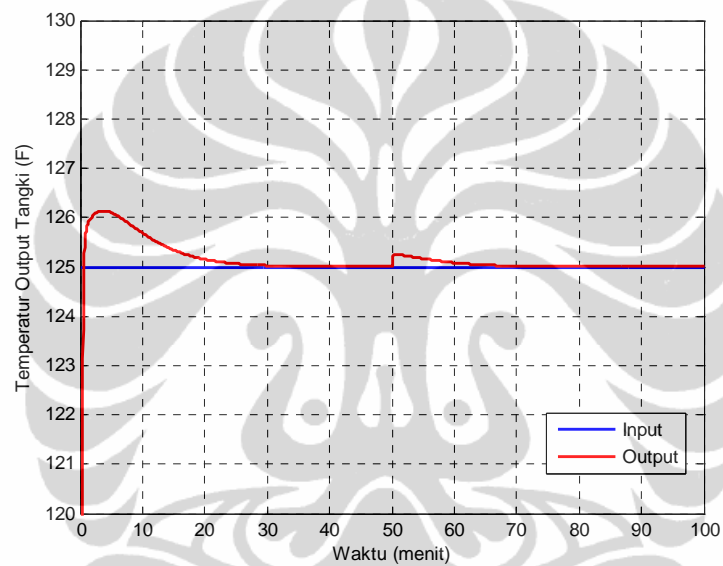
Output	Persen Over Shoot pada PI (%)	t_s pada PI (menit)
T	0,8	0,42
Tjo	0,3	0,0678

4.2.2 Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki

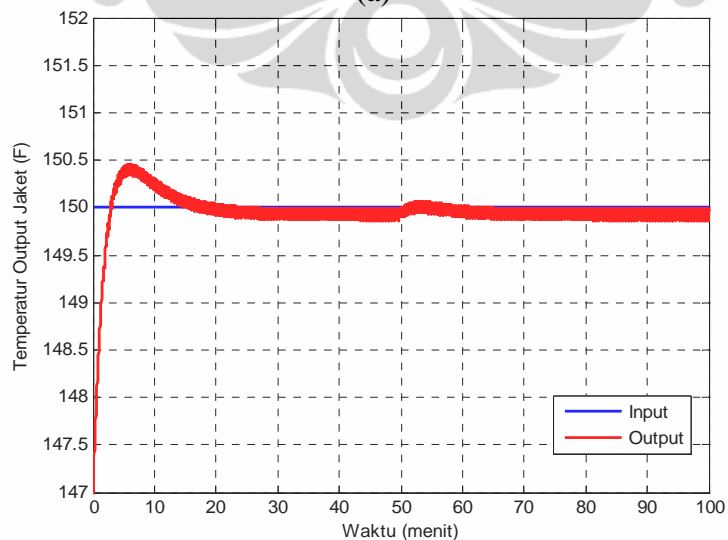
Simulasi pengendali PI dilakukan dengan gangguan pada temperatur input tangki sebesar +50 %, +150 % dan +200 % dengan waktu simulasi 100 menit. Gangguan diberikan pada menit ke 50.

A. Hasil Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+50%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki + 50 % menjadi sebesar 75 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.6 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,26 °F berarti naik 0,208 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.6 (b) temperatur output jaket mengalami sedikit kenaikan yaitu dari 150 °F menjadi 150,06 °F berarti naik 0,04 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



(a)

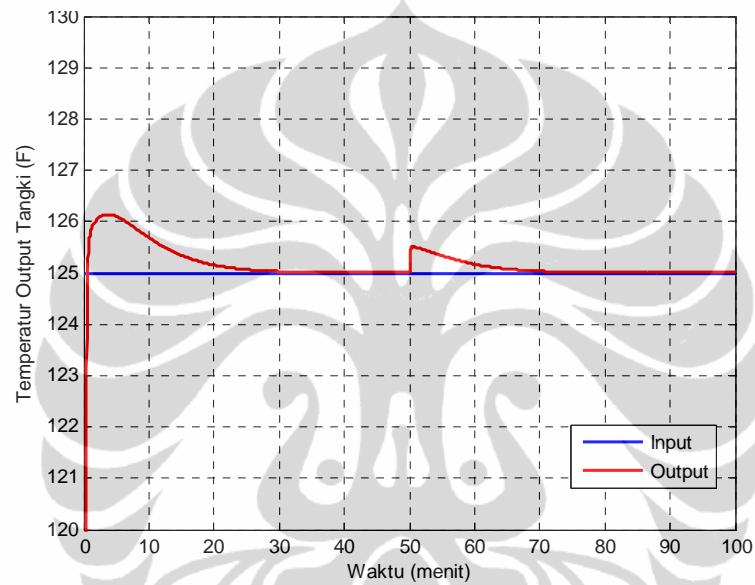


(b)

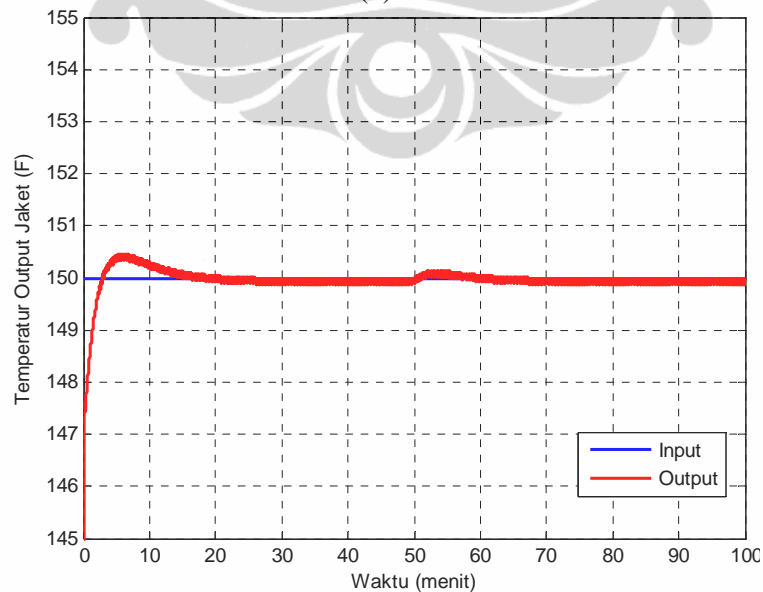
Gambar 4.6 Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+50 %)

B. Hasil Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+100 %)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki +100 % dari 50 °F menjadi sebesar 100 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit diberikan gangguan pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.7 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,51 °F naik 0,408 % dari nilai set point. Sedangkan untuk temperatur output jaket naik dari 150 °F menjadi 150,14 °F naik 0,093 % dan kembali ke nilai set point.



(a)

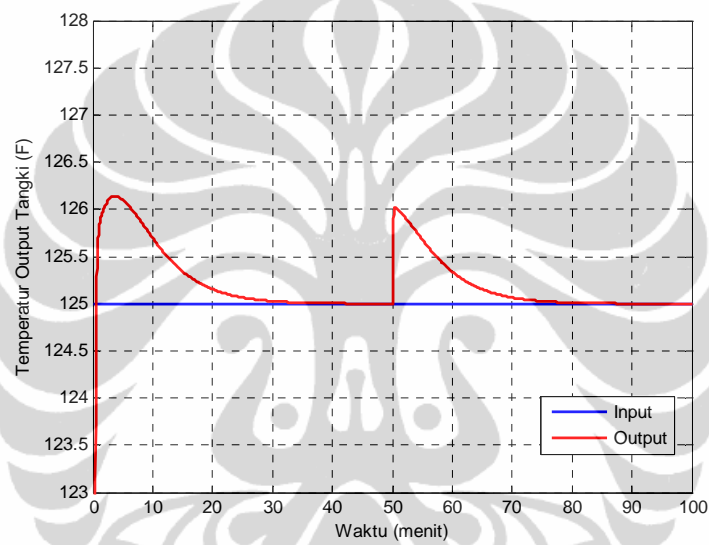


(b)

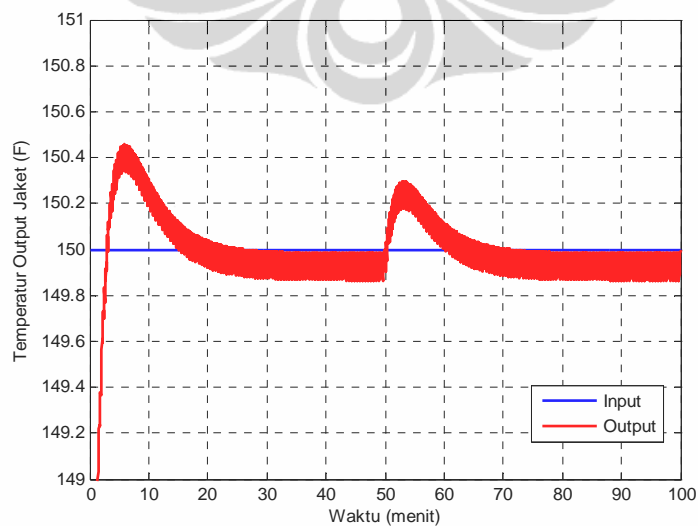
Gambar 4.7 Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+100 %)

C. Hasil pengendalian PI dengan gangguan pada temperatur input tangki +200%

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki +200 % dari 50 °F menjadi sebesar 150 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.8 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 126,025 °F naik 0,82 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point. Sedangkan untuk temperatur output jaket naik dari 150 °F menjadi 150,295 °F naik 0,197 % dan kembali ke nilai set point.



(a)



(b)

Gambar 4.8 Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+200 %)

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan pada temperatur input tangki

Keterangan	Persen Overshoot pada pengendali PI (%)	
	T	T _{jo}
Tanpa Gangguan	0,8	0,3
Dengan Gangguan +50%	0,208	0,04
Dengan Gangguan +100%	0,408	0,093
Dengan Gangguan +200%	0,82	0,197

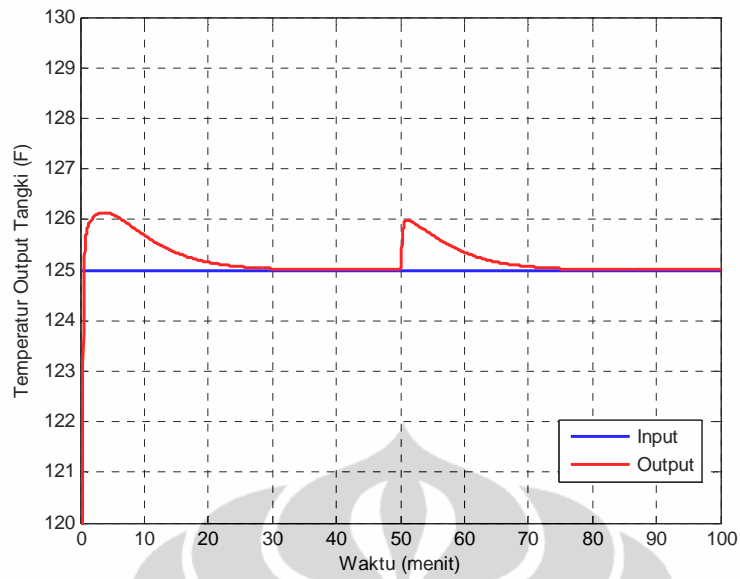
Dari hasil simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki tampak terjadinya kenaikan overshoot untuk temperatur output tangki dan untuk temperatur output jaket. Dan terbukti pengendali PI sudah dapat mengendalikannya terlihat dari nilai keluaran kembali ke nilai set point yang diinginkan.

4.2.3 Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket

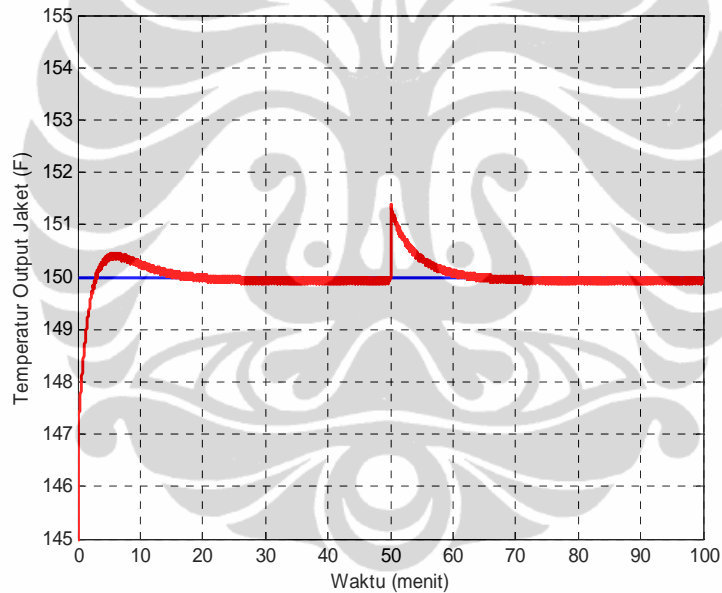
Pada subbab ini akan disimulasikan pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input jaket yaitu kenaikan +50%, +100 % dan kenaikan +200% dengan waktu simulasi 100 menit.

A. Hasil simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input jaket (+50%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input jaket +50 % menjadi sebesar 75 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan mulai pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.9 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 126 °F berarti naik 0,8 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.9 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan yaitu dari 150 °F menjadi 151,4 °F berarti naik 0,933 % dari nilai set point.



(a)

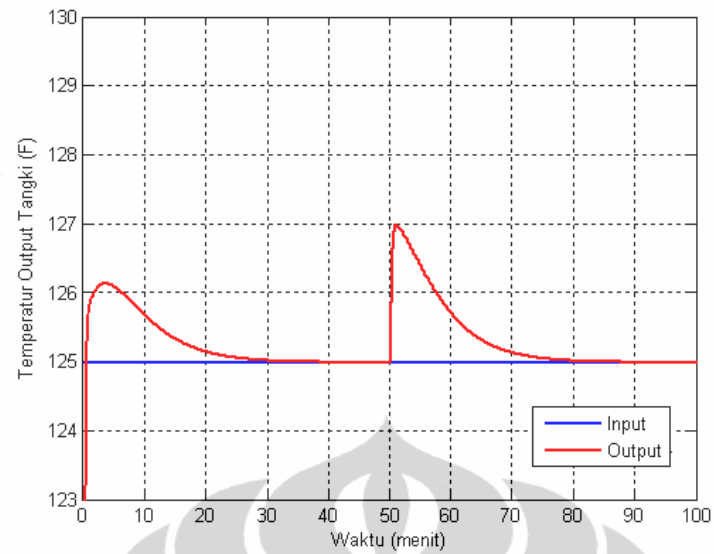


(b)

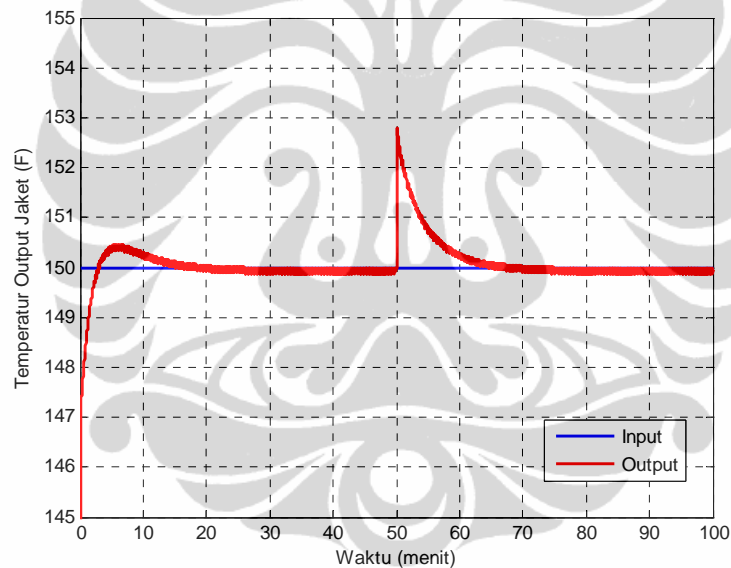
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket +50%

B. Hasil simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input jacket (+100%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input jacket menjadi sebesar +100 % dari 200 °F menjadi 400 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit.



(a)



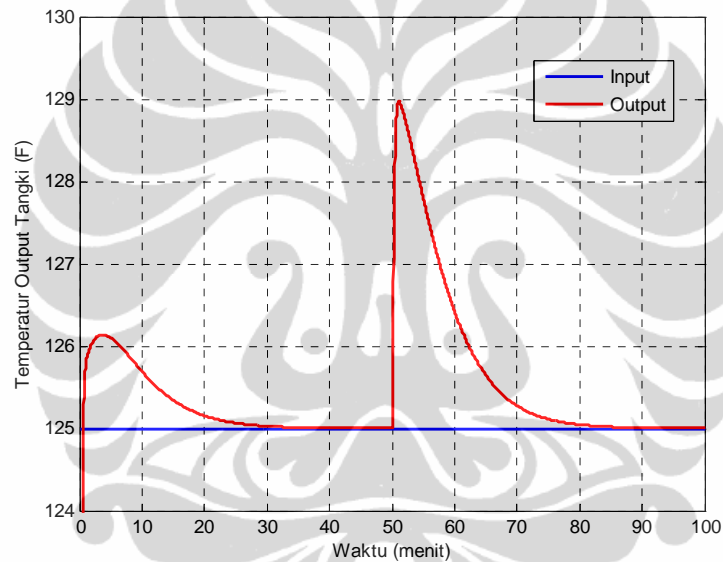
(b)

Gambar 4.10 Hasil Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket +100 %

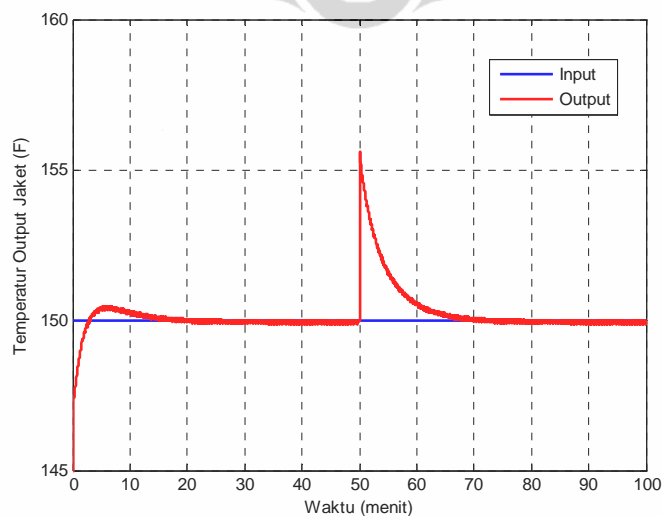
Tampak pada gambar 4.10 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 126,97 °F berarti naik 1,576 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point selama 20 menit. Sedangkan pada gambar 4.10 (b) temperatur output jacket mengalami kenaikan temperatur yaitu dari 150 °F menjadi 152,8 °F berarti naik 1,87 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point selama 10 menit.

C. Hasil simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input jaket (+200%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input jaket 200 % menjadi sebesar 600 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan mulai pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.11 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 128,97 °F berarti naik 3,176 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point . Sedangkan pada gambar 4.6 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu dari 150 °F menjadi 155,61 °F berarti naik 3,74 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point selama 10 menit.



(a)



(b)

Gambar 4.11 Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jaket +200%

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket

Keterangan	Persen Overshoot pada pengendali PI (%)	
	T	T _{jo}
Tanpa Gangguan	0,8	0,3
Dengan Gangguan +50%	0,8	0,93
Dengan Gangguan +100%	1,576	1,87
Dengan Gangguan +200%	3,176	3,74

Dari hasil simulasi pengendali PI ini didapat bahwa pengendalian sistem jacketed stirred tank heater bekerja sesuai dengan setpoint, terjadi overshoot pada temperatur output tangki dan temperatur output jaket dengan adanya gangguan pada temperatur input jaket.

4.3 Simulasi Pengendali Fuzzy

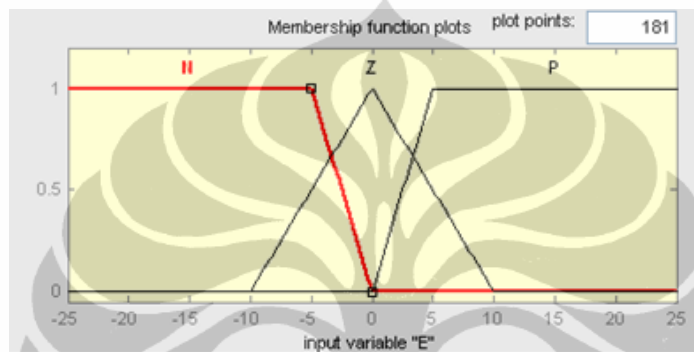
Pengendalian sistem jacketed stirred tank heater dilakukan dengan menggunakan tiga fungsi keanggotaan. Simulasi dengan gangguan dan tanpa gangguan pada temperatur fluida dalam tangki maupun pada temperatur uap dalam jaket. Gangguan diberikan pada kenaikan temperatur input tangki dan temperatur input jaket sebesar +50 %, +100% dan +200 %. Hasil yang didapat akan dibandingkan dengan pengendali PI.

4.3.1 Simulasi Pengendali Fuzzy dengan tiga fungsi keanggotaan

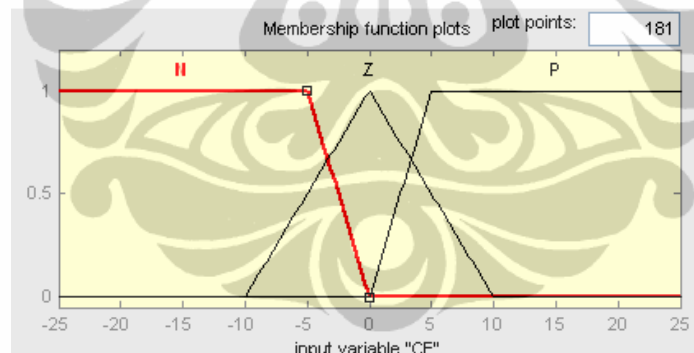
Hasil simulasi pengendali fuzzy dengan tiga fungsi keanggotaan. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, untuk mengendalikan temperatur output tangki dan temperatur output jaket, faktor normalisasi yang digunakan adalah 0.1 dan faktor denormalisasi untuk masing-masing pengendali adalah $de_{\delta u1} = 100$ dan $de_{\delta u2} = 100$ disesuaikan dengan masukan nilai proses.

Setelah melalui beberapa kali percobaan, maka diperoleh fungsi keanggotaan seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.12 – gambar 4.17 untuk mengendalikan temperatur output tangki dan temperatur output jaket.

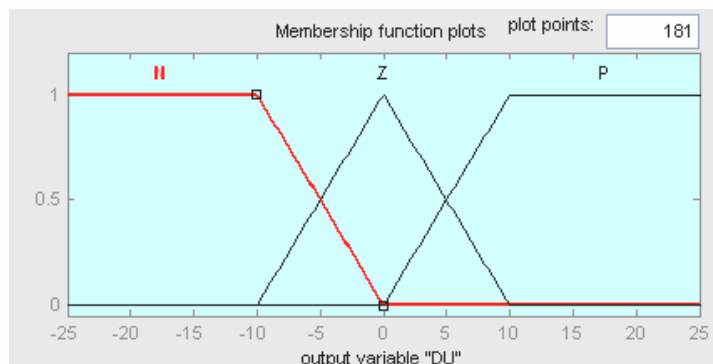
Fungsi keanggotaan untuk masing-masing FLC dapat dilihat dalam tabel 4.4. Dalam tabel tersebut ditunjukkan bahwa *Zero (Z)* untuk masing-masing fungsi keanggotaan *Error (E)*, perubahan *error (DE)* dan perubahan input (*DU*) pada kedua FLC mempunyai rentang nilai yang berbeda-beda.



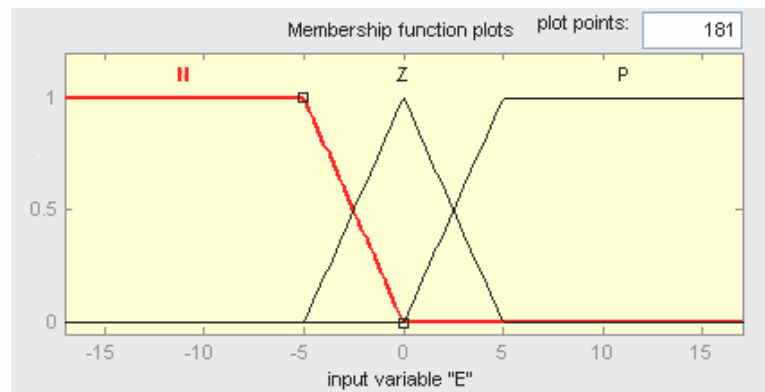
Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Error (E) temperatur tangki



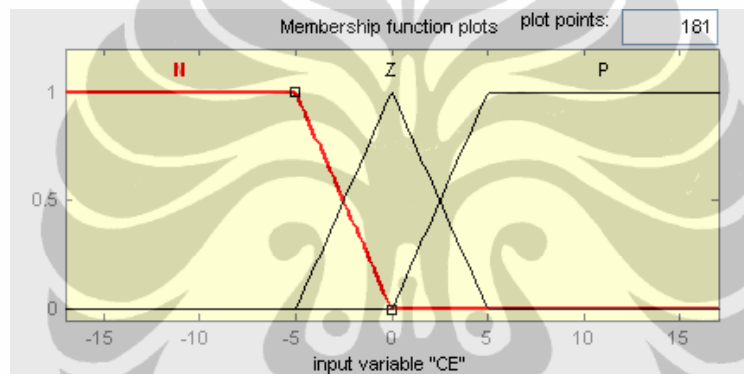
Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan Perubahan Error (DE) temperatur tangki



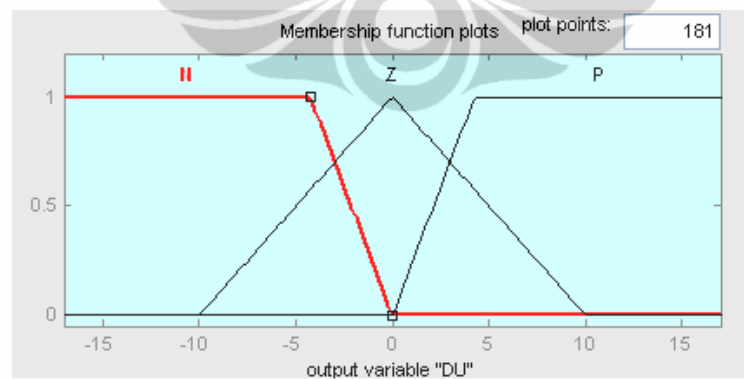
Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Output Perubahan (DU) Temperatur Tangki



Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Error (E) temperatur jaket



Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan Perubahan Error (DE) temperatur jaket



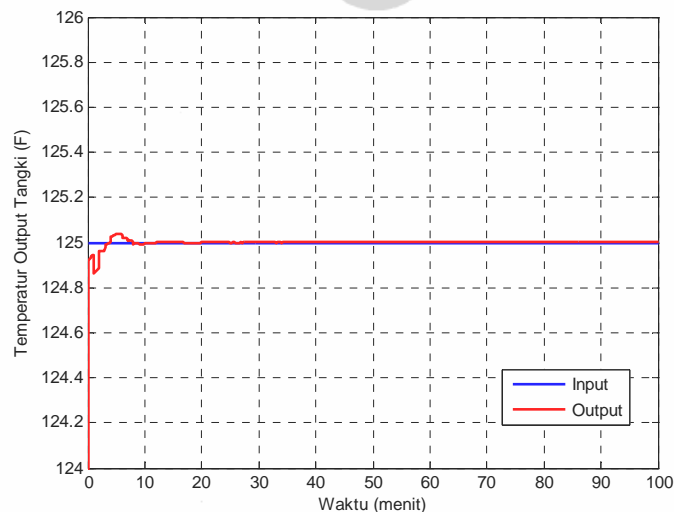
Gambar 4.17 Fungsi Keanggotaan Perubahan Output (DU) temperatur jaket

Tabel 4.4 Rentang nilai (*Range*) fungsi keanggotaan

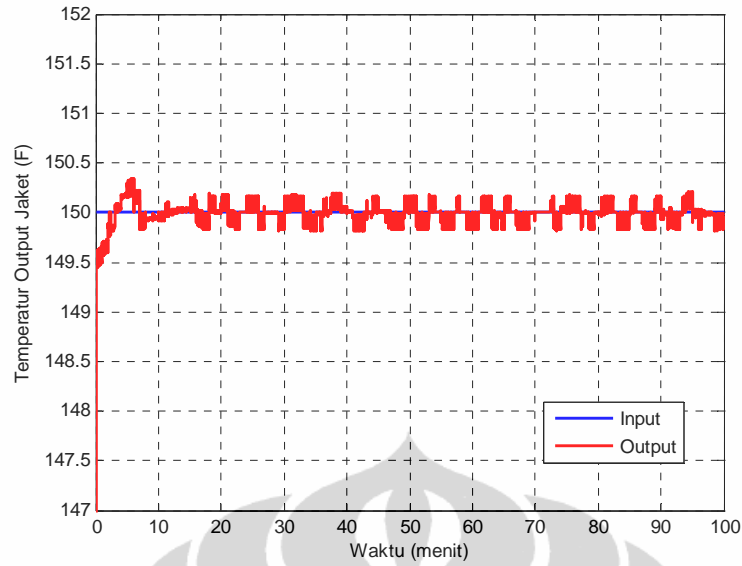
Fungsi Keanggotaan	<i>Error</i> (E)		<i>Perubahan Error</i> (DE)		<i>Perubahan Input</i> (DU)	
	<i>Range</i>	<i>Zero</i>	<i>Range</i>	<i>Zero</i>	<i>Range</i>	<i>Zero</i>
FIS 1	[-25 25]	[-10 10]	[-25 25]	[-10 10]	[-25 25]	[-10 10]
FIS 2	[-17 17]	[-5 5]	[-17 17]	[-5 5]	[-17 17]	[-10 10]

4.3.2 Hasil Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan

Hasil simulasi pengendalian sistem jacketed stirred tank menggunakan pengendali fuzzy dengan waktu simulasi 100 menit dengan set point untuk temperatur output tangki 125 °F dan set point untuk temperatur output jaket 150° F. Gambar 4.18 (a) menunjukkan hasil simulasi pengendalian fuzzy tanpa gangguan terhadap temperatur output tangki tampak mengalami overshoot yaitu sebesar 0,032 % dari nilai set point dan settling time 0,018 menit. Gambar 4.18 (b) menunjukkan hasil simulasi pengendalian fuzzy tanpa gangguan terhadap temperatur output jaket tampak mengalami sedikit overshoot sebesar 0,227 % dan settling time 0,005 menit. Hanya saja pada output temperatur jaket T_{jo} terdapat riak-riak kecil (*ripple*). *Ripple* ini terjadi karena pengaruh FLC yang mempunyai fungsi keanggotaan *zero* dengan rentang nilai tertentu.



(a)



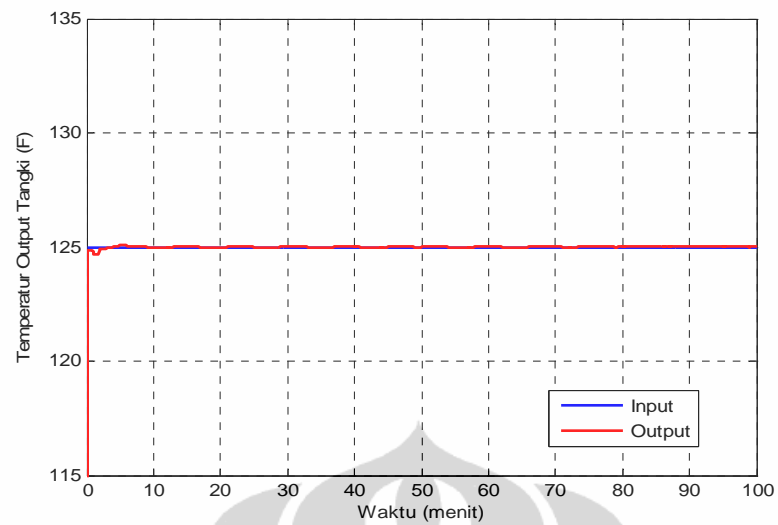
(b)

Gambar 4.18 Hasil Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan

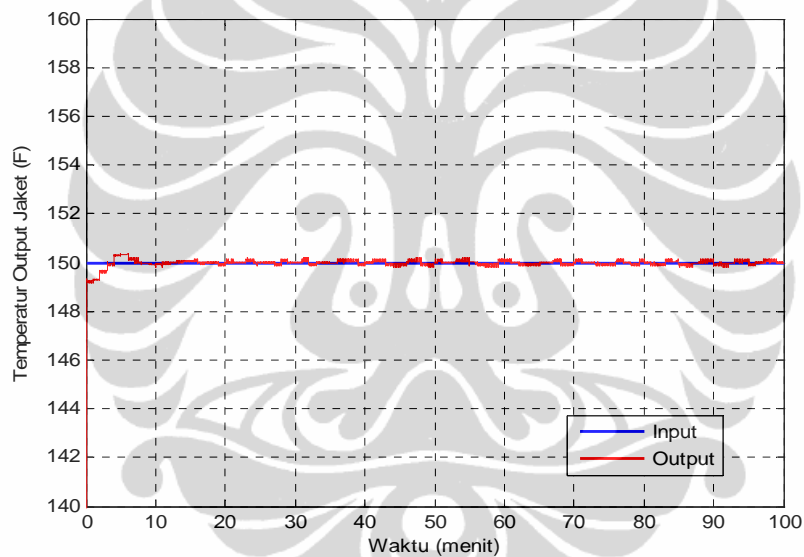
4.3.3 Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki

A. Hasil simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input Tangki (+50%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki + 50 % menjadi sebesar 75 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan mulai pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.19 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,008 °F berarti naik 0,0064 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.19 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan yaitu dari 150 °F menjadi 150,18 °F berarti naik 0,12 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



(a)



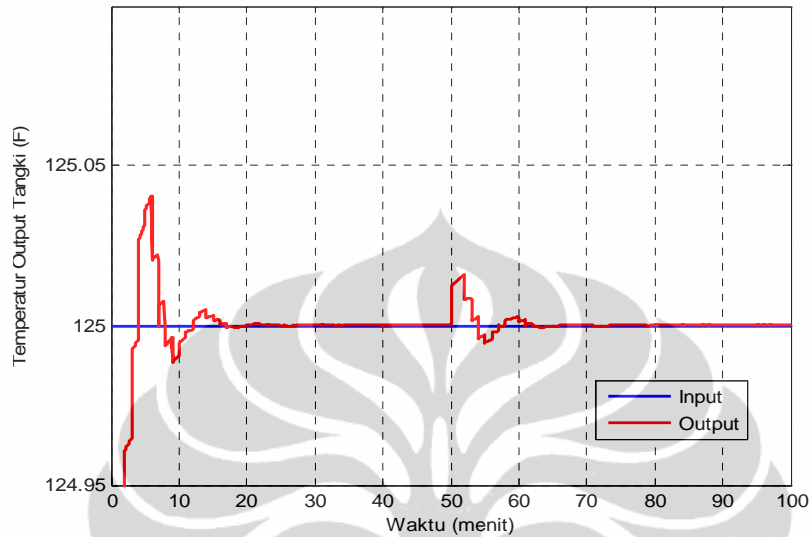
(b)

Gambar 4.19 Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki +50 %

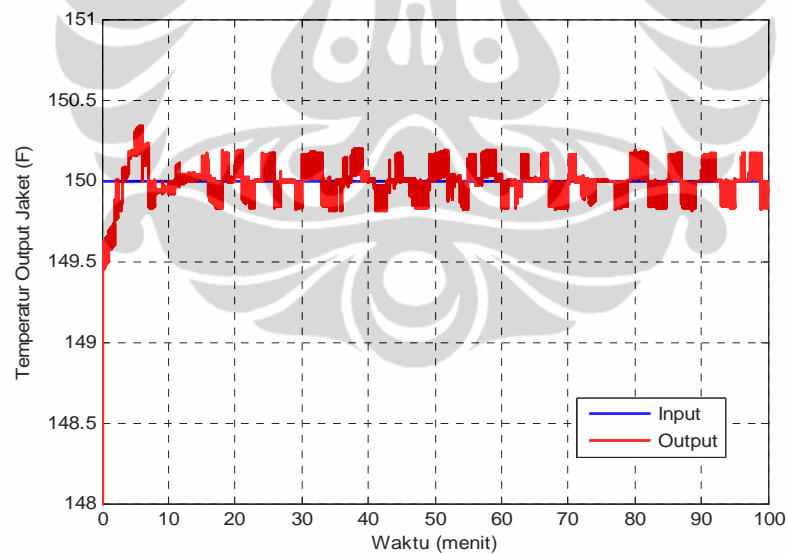
B. Hasil simulasi pengendali Fuzzy dengan gangguan pada temperatur input Tangki (+100%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki sebesar +100 % menjadi 100 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit. Tampak pada gambar 4.20 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,016 °F berarti naik 0,0128 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai

set point selama 10 menit. Sedangkan pada gambar 4.20 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan temperatur yaitu dari 150 °F menjadi 150,18 °F berarti naik 0,12 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



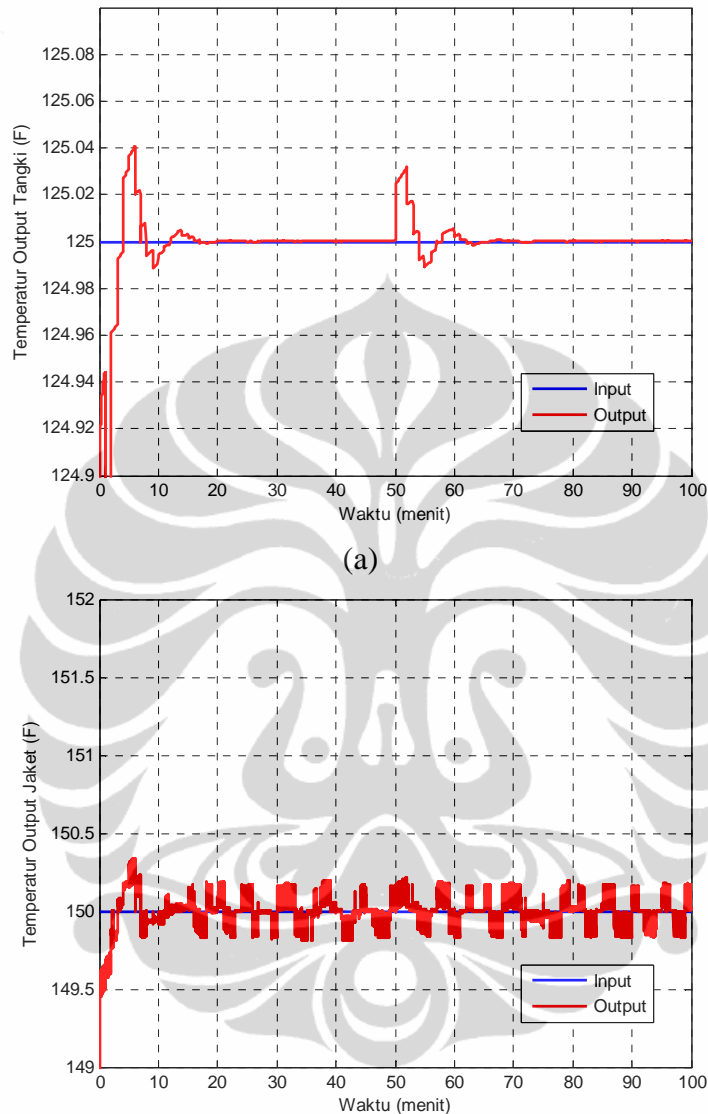
(a)



(b)

Gambar 4.20 Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki +100 %

C. Hasil simulasi pengendali Fuzzy dengan gangguan pada temperatur input Tangki (+200%)



Gambar 4.21 Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki +200 %

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki sebesar 200 % menjadi 150 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit. Tampak pada gambar 4.21 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,031 °F berarti naik 0,0248 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.21 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan temperatur yaitu dari 150 °F menjadi 150,21 °F berarti naik 0,14 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.

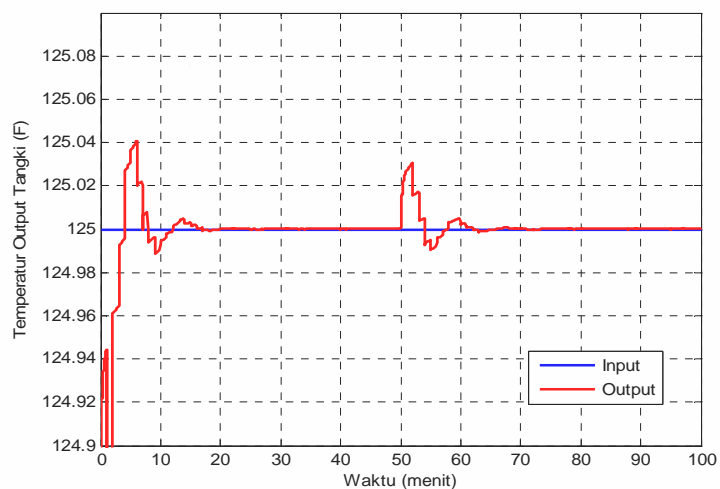
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki

Keterangan	Persen Overshoot pada pengendali Fuzzy (%)	
	T	T _{jo}
Tanpa Gangguan	0,032	0,227
Dengan Gangguan +50%	0,0064	0,12
Dengan Gangguan +100%	0,0128	0,12
Dengan Gangguan +200%	0,0248	0,14

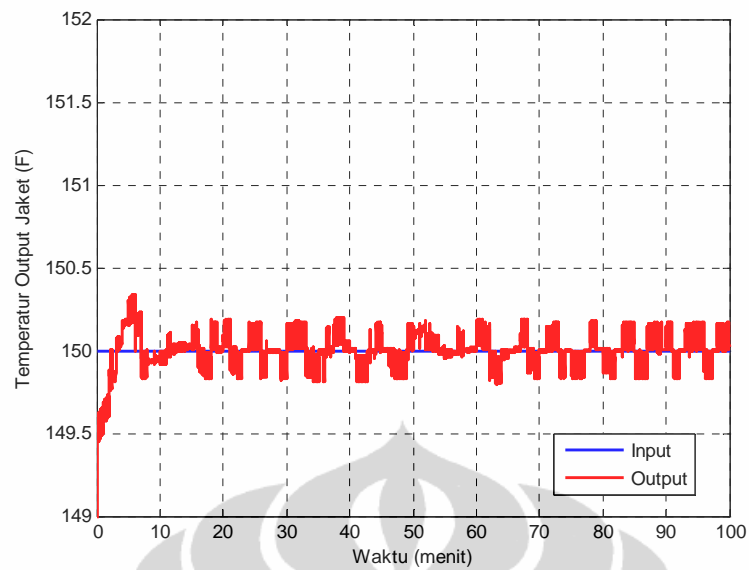
4.3.4 Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Jacket

A. Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jacket (+50%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input jacket + 50 % menjadi sebesar 75 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit, diberikan gangguan mulai pada menit ke 50. Tampak pada gambar 4.22 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,03 °F berarti naik 0,024 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.22 (b) temperatur output jacket mengalami kenaikan yaitu dari 150 °F menjadi 150,18 °F berarti naik 0,12 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



(a)

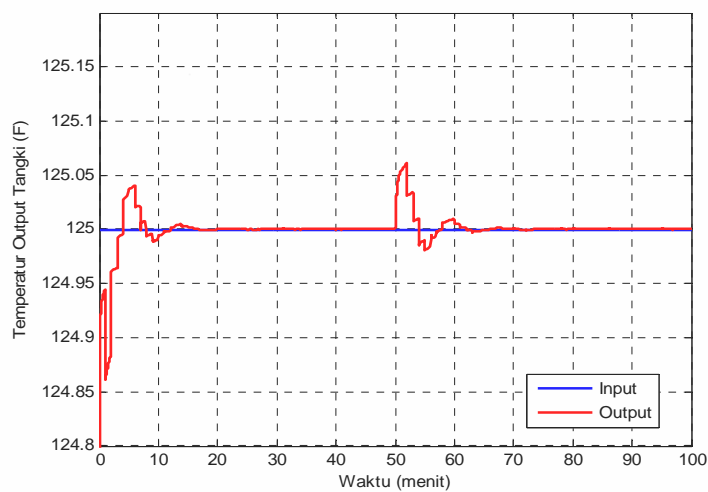


(b)

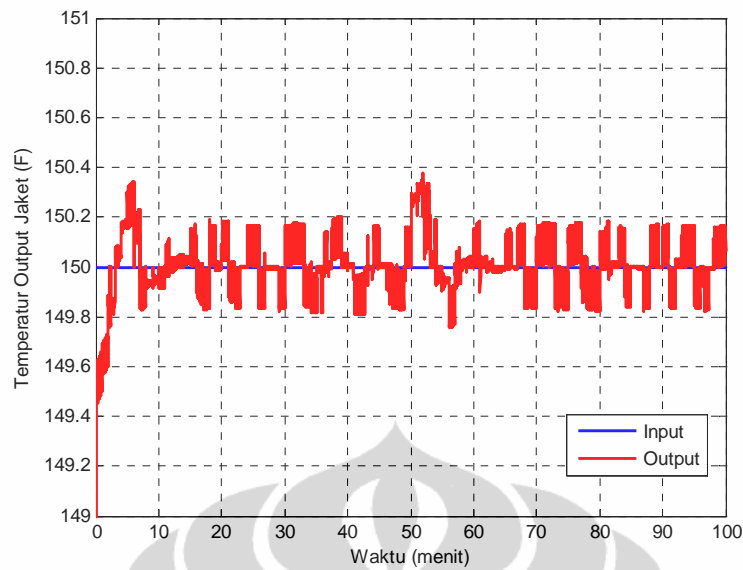
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jaket (+50%)

B. Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jaket (+100%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur input tangki sebesar +100 % menjadi 400 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit. Tampak pada gambar 4.23 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,062 °F berarti naik 0,0496 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.23 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan temperatur yaitu dari 150 °F menjadi 150,37 °F berarti naik 0,247 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



(a)

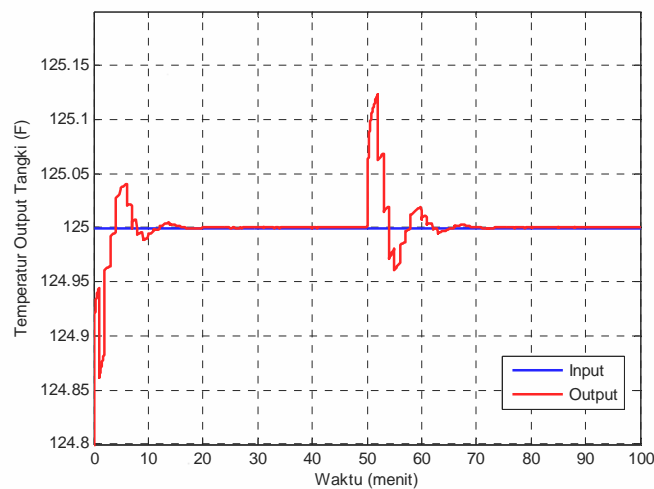


(b)

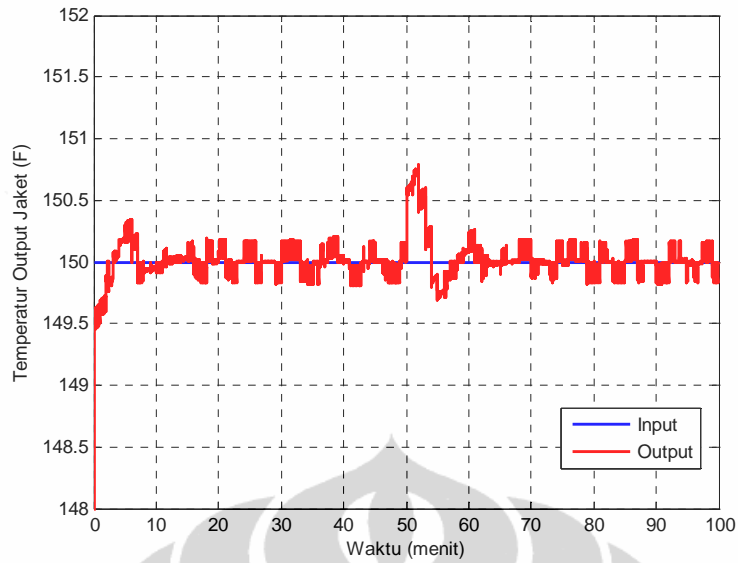
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jaket (+100%)

C. Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jaket (+200%)

Simulasi dilakukan dengan memberikan gangguan pada temperatur jaket sebesar 200 % menjadi 600 °F dengan waktu simulasi selama 100 menit. Tampak pada gambar 4.24 (a) temperatur output tangki naik dari 125 °F menjadi 125,124 °F berarti naik 0,0992 % dari nilai set point, kemudian kembali ke nilai set point. Sedangkan pada gambar 4.24 (b) temperatur output jaket mengalami kenaikan temperatur yaitu dari 150 °F menjadi 150,78 °F berarti naik 0,52 % dari nilai set point dan kembali ke nilai set point.



(a)



(b)

Gambar 4.24 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jaket (+200%)

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket

Keterangan	Persen Overshoot pada pengendali Fuzzy (%)	
	T	T_{jo}
Tanpa Gangguan	0,032	0,227
Dengan Gangguan +50%	0,024	0,12
Dengan Gangguan +100%	0,0496	0,247
Dengan Gangguan +150%	0,0992	0,52

4.4 Perbandingan Unjuk Kerja Pengendali

Pada subbab ini akan dibahas perbandingan unjuk kerja antara pengendali PI dan pengendali Fuzzy. Yang dibandingkan adalah persen overshoot

pada saat ada gangguan dan tanpa gangguan. Akan dibandingkan antara dua pengendali ini manakah yang paling tahan (robust) terhadap gangguan.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Pengendali PI dan Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki

Keterangan	Persen Overshoot pada pengendali (%)			
	Pengendali Proportional Integral (PI)		Pengendali Logika Fuzzy	
	T	T _{jo}	T	T _{jo}
Tanpa Gangguan	0,8	0,3	0,032	0,227
Dengan Gangguan +50%	0,208	0,04	0,0064	0,12
Dengan Gangguan +100%	0,408	0,093	0,0128	0,12
Dengan Gangguan +200%	0,82	0,197	0,0248	0,14

Dari hasil perbandingan terlihat bahwa persen overshoot pengendali fuzzy lebih kecil dibandingkan dengan pengendali PI baik ada gangguan maupun tanpa gangguan. Pengendali logika fuzzy lebih tahan (robust) terhadap gangguan terlihat dari tabel 4.7.

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Simulasi Pengendali PI dan Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket

keterangan	Persen Overshoot pada pengendali (%)			
	Pengendali Proportional Integral (PI)		Pengendali Logika Fuzzy	
	T	T _{jo}	T	T _{jo}
Tanpa Gangguan	0,8	0,3	0,032	0,227
Dengan Gangguan +50%	0,8	0,93	0,024	0,12
Dengan Gangguan +100%	1,576	1,87	0,0496	0,247
Dengan Gangguan +200%	3,176	3,74	0,0992	0,52

Untuk temperatur output sistem jacket stirred tank heater overshoot yang diperbolehkan maksimal adalah $\pm 5\%$ sebab kecepatan untuk dapat stabil kembali cukup lama dikarenakan oleh pengaruh input yang sebanding dengan output. Dari hasil simulasi tabel 4.7 dan tabel 4.8 persen overshoot pengendali fuzzy saat ada gangguan lebih kecil dibandingkan dengan pengendali PI. Range yang dapat dikendalikan oleh PI sehingga mencapai maksimal persen overshoot $\pm 5\%$ yaitu untuk temperatur tangki adalah dari $-560\text{ }^{\circ}\text{F}$ sampai dengan $655\text{ }^{\circ}\text{F}$, untuk temperatur jacket adalah dari $-340\text{ }^{\circ}\text{F}$ sampai dengan $735\text{ }^{\circ}\text{F}$. Sedangkan pengendali fuzzy rangnya yaitu untuk temperatur tangki adalah dari $-16.900\text{ }^{\circ}\text{F}$ sampai dengan $14.500\text{ }^{\circ}\text{F}$, untuk temperatur jacket adalah dari $-3400\text{ }^{\circ}\text{F}$ sampai dengan $3800\text{ }^{\circ}\text{F}$. Perancangan pengendali fuzzy pada sistem jacketed stirred tank heater lebih robust dibandingkan dengan pengendali PI dilihat dari tahannya pengendali fuzzy terhadap gangguan yang sangat besar.