

PENGENDALIAN PROSES EVAPORASI PADA PABRIK UREA MENGUNAKAN KENDALI JARINGAN SARAF TIRUAN

Nazrul Effendy¹⁾, Masrul Solichin²⁾, Teuku Lukman Nur Hakim³⁾, Faisal Budiman⁴⁾

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjahmada

Jl. Grafika 2, Yogyakarta

Email: nazrul@gadjahmada.edu, masrul_sol@yahoo.com, faisal_budiman@yahoo.com,

Abstrak

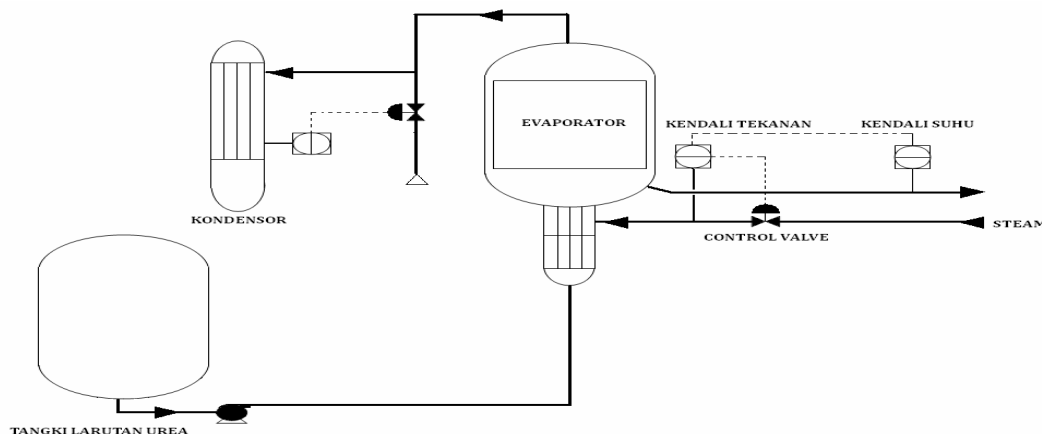
Ketahanan pangan merupakan hal yang utama bagi kemandirian bangsa. Untuk mendukung hal tersebut perlu dilakukan usaha-usaha untuk menjamin pasokan pupuk bagi petani. Pada penelitian ini difokuskan pada kasus yang terjadi di pabrik urea. Evaporasi pada suatu pabrik urea merupakan suatu tahapan yang bertujuan untuk memekatkan larutan urea dengan cara memisahkan unsur H_2O dan amoniak dari larutan tersebut. Untuk melakukan hal tersebut diperlukan uap panas untuk memanaskan larutan, sehingga H_2O dan amoniak dalam fase gas akan terpisah dari larutan urea. Besaran yang dikendalikan pada proses ini adalah suhu pada tangki dan tekanan larutan urea. Untuk mengendalikan kedua parameter tersebut digunakan kendali cascade pada sistem loop tertutup. Proses tekanan memiliki time constant yang kecil sedangkan proses suhu memiliki time constant yang besar. Untuk menstabilkan sistem tersebut, diusulkan untuk menggunakan kendali jaringan saraf tiruan, untuk memperbaiki kestabilan dari kendali yang sudah ada. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa untuk pengendalian proses evaporasi pada pabrik urea, unjuk kerja kendali jaringan saraf tiruan lebih baik dibandingkan dengan unjuk kerja kendali PID. Sistem kendali jaringan saraf tiruan memiliki settling time sebesar 7,9 detik dan tanpa steady state error. Sedangkan sistem kendali PID memiliki settling time sebesar 74,4 detik dan steady state error sebesar 0,07.

Kata kunci: evaporasi, kendali, jaringan saraf tiruan.

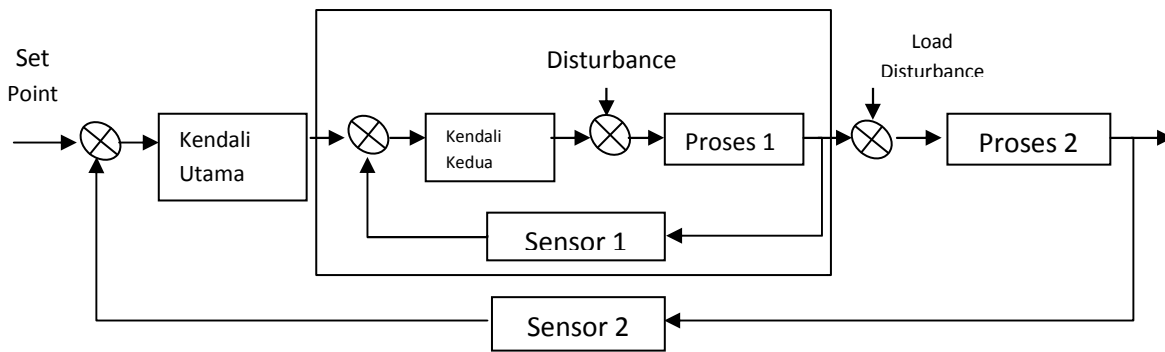
1. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan hal yang utama bagi kemandirian bangsa. Untuk mendukung hal tersebut perlu dilakukan usaha-usaha untuk menjamin pasokan pupuk bagi petani. Pada penelitian ini difokuskan pada kasus yang terjadi di pabrik urea. Proses evaporasi pada suatu pabrik urea terdiri dari dua tahap yang bertujuan untuk mendapatkan larutan urea yang lebih pekat dengan cara memisahkan H_2O dan amoniak dari larutan urea. Awalnya larutan urea yang berasal dari tangki larutan urea dipompa menuju bagian bawah evaporator (lihat Gambar 1). Suhu evaporator bagian bawah dinaikkan hingga $101,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan memanfaatkan pemanas sirkulasi air pendingin *HP scrubber*. Untuk menaikkan suhu larutan urea evaporator bagian atas, maka tekanan dan suhu uap panas harus dikendalikan. Di dalam evaporator, konsentrasi urea dinaikkan hingga 90 % pada suhu $118\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan $0,42\text{ kg/cm}^2$.

Dalam proses evaporasi terdapat beberapa kendali untuk menjaga agar parameter-parameter proses sesuai dengan yang seharusnya. Pada proses evaporasi loop *cascade* terdapat dua buah transmitter yaitu transmitter suhu dan transmitter tekanan, dan dua kendali, yaitu kendali suhu dan kendali tekanan.



Gambar 1. Diagram proses evaporasi pada pabrik urea



Gambar 2. Diagram blok loop tertutup kendali *cascade*

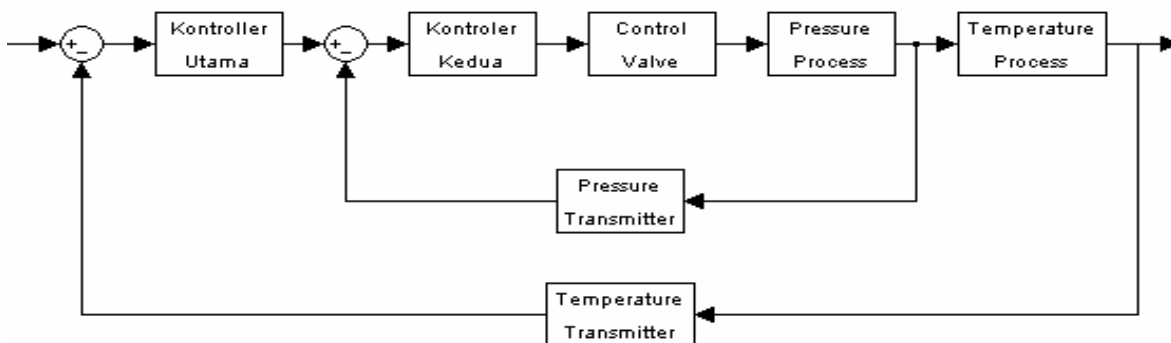
Pada pengaturan suhu di evaporator, set point suhu pada pipa output evaporator sebesar 119 °C. Untuk menjaga suhu tersebut maka aliran uap panas yang masuk di evaporator harus dijaga tekanannya sebesar 2 kg/cm². Karena terdapat dua buah parameter atau variable yang harus dikendalikan, maka digunakan jenis kendali *cascade* pada sistem loop tertutup.

2. KENDALI PADA LOOP *CASCADE*

Kendali *cascade* merupakan salah satu kendali proses tingkat lanjut, merupakan sistem kendali yang terdiri dari beberapa loop dalam sistem loop tertutup. Kendali proses lanjut dalam beberapa kasus sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja suatu sistem kendali dengan struktur yang lebih kompleks. Struktur kendali *cascade* mempunyai dua kendali umpan balik, dengan keluaran dari kendali primer mengubah set point dari kendali sekunder (lihat Gambar 2). Pada sistem evaporasi keluaran kendali sekunder menggerakkan *control valve* sebagai aktuaternya (lihat Gambar 3).

Tujuan dari kendali *cascade* adalah:

1. Mengeliminir pengaruh dari gangguan-gangguan
2. Memperbaiki kinerja dinamika loop kendali



Gambar 3. Diagram blok loop *cascade* proses evaporasi

Pada proses evaporasi suhu pada pipa output evaporator akan dibaca oleh transmitter suhu dan akan ditransmisikan serta diolah oleh kendali utama. Masukan kendali ini merupakan nilai error dari selisih pembacaan sensor suhu dengan nilai *set point*. Hasil keluaran kendali utama menjadi nilai set point dari kendali kedua. Selisih nilai set point dengan nilai tekanan yang dibaca transmitter tekanan dari pipa input uap panas merupakan nilai error yang akan diolah kendali kedua. Sinyal keluaran kendali kedua akan menjadi sinyal input ke *control valve*. Dengan mengatur bukaan *valve* maka dapat mengatur aliran uap panas dari pipa yang akan masuk ke evaporator. Pada sistem yang ada kendali yang digunakan adalah PID. Kendali PI digunakan untuk mengendalikan tekanan aliran uap panas yang masuk ke evaporator. Sedangkan untuk mengendalikan suhu pada pipa output evaporator agar sesuai dengan set point yang diberikan digunakan kendali PID, mengingat proses suhu memiliki *time constant* yang besar.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dengan kendali hybrid yang menggabungkan kendali Jaringan Saraf Tiruan dengan pengendali Proporsional Integral sehingga diperoleh unjuk kerja yang lebih baik daripada kendali PID yang nantinya dijadikan sebagai pembanding. Kendali PI dapat mengendalikan proses

tekanan dengan baik, tetapi untuk proses suhu kendali PID lambat untuk mencapai kestimbangan. Sehingga dilakukan perancangan kendali utama menggunakan kendali jaringan saraf tiruan untuk menstabilkan sistem.

3. PEMODELAN PROSES EVAPORASI PADA PABRIK UREA

3.1 Fungsi Pindah Transmitter Tekanan (PT-401)

Dari data sheet transmitter PT-401 didapatkan data

Input : 1,6 – 2,4 kg/cm²G

Output : 4 -20 mA

Sehingga *Gain transmitter* tekanan dapat dihitung sebagai:

$$\text{Gain transmitter tekanan} = \frac{\text{Rentang Output}}{\text{Rentang Input}} = \frac{16}{0,8} = 20$$

3.2 Fungsi Pindah Transmitter Suhu (TT-401)

Dari data sheet transmitter TT-401 didapatkan data

Input : 118 – 133 C

Output : 4 -20 mA

Sehingga *Gain Pressure transmitter* dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{Gain transmitter} = \frac{\text{Rentang Output}}{\text{Rentang Input}} = \frac{16}{15} = 1,0667$$

3.3 Fungsi Pindah Kendali Tekanan (Kendali Kedua)

Kendali tekanan menggunakan mode kendali proporsional-integral (PI). Komponen derivative tidak diperlukan karena *time constant* tekanan yang kecil.

Bentuk umum fungsi pindah kendali PI:

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{Kc (1+Tis)}{Tis}$$

Dari data operasi didapatkan :

PB = 120

Ti = 100 s = 1,667 menit

Kc = 100/PB = 100/120 = 0,833

Sehingga dapat diketahui fungsi pindah kendali :

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{0,833 (1+1,667s)}{1,667s} = \frac{1,389s + 0,833}{1,677s}$$

3.4 Fungsi Pindah Kendali Suhu

Kendali suhu menggunakan mode kendali Proporsional-Integral-Derivative (PID). Proses suhu yang umumnya memiliki *time constant* yang besar, sehingga diperlukan komponen derivative.

Bentuk umum fungsi kendali PID:

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = Kc \left[1 + \frac{1}{Tis} + Tds \right]$$

Dari data operasi didapatkan :

PB = 150

Ti = 75s = 1,25 menit

Td = 10s = 0,167 menit

Kc = 100/PB = 100/150 = 0,667

Sehingga dapat diketahui fungsi pindah kendali suhu :

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{0,1335s^2 + 0,8345s + 0,667}{1,25s}$$

3.5 Fungsi Pindah Control Valve

Control valve merupakan elemen kendali akhir dalam sistem yang berhubungan erat dengan pengendalian variabel proses. Dari data *control valve*, diketahui :

$$\text{Positioner, Gain} = \frac{1,569}{16}$$

$$\text{Aktuator, Gain} = \frac{6,35}{1,569}$$

$$\text{Valve, Gain} = \frac{321,816}{6,35}$$

$$\text{Control valve} = 20,1009 \frac{1}{s+1}$$

3.6 Fungsi Pindah Proses Suhu

Dalam dinamika sistem kendali, proses adalah suatu perlakuan pada besaran keluaran dari elemen akhir untuk mendapatkan besaran keluaran yang dikehendaki dan dapat dideteksi kembali oleh elemen sensor sebagai umpan balik.

Dalam proses pengendalian, elemen proses suhu dan tekanan merupakan proses orde satu karena hanya memiliki satu kapasitansi vessel. Input proses ini adalah suhu keluaran dari evaporator. Besar suhu pada keluaran evaporator harus dijaga pada besaran tertentu, input ini dibaca sebagai sinyal output transmitter suhu dan dikendalikan oleh kendali suhu yang outputnya menjadi set point bagi kendali tekanan. Dari proses dapat diketahui waktu untuk mencapai kestimbangan, sehingga fungsi pindah proses suhu pada pipa keluaran evaporator dan proses suhu di pipa input evaporator digunakan persamaan orde satu:

$$Tf = Gp \frac{1}{\tau s + 1}$$

$$\tau: \text{lag time (time constant) yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang} = \frac{[PV-SV]}{[50\%-MV]}$$

Dari data pada evaporator, didapatkan :

$$GP = 1$$

$$PV \text{ (process variable)} = 120,7 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \leftrightarrow PV = \frac{120,7}{250} \times 100 \% = 48,28 \%$$

$$SV \text{ (set-point variable)} = 119,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \leftrightarrow SV = \frac{119}{250} \times 100 \% = 47,60 \%$$

$$MV \text{ (manipulated variable)} = 1,562 \text{ kg/cm}^2 \quad \leftrightarrow MV = \frac{1,562}{6} \times 100 \% = 26,03 \%$$

$$\tau = \frac{[PV-SV]}{[50\%-MV]} = \frac{[48,28-47,60]}{[50-26,03]} = 0,0287$$

$$TF = \frac{1}{0,0287s + 1}$$

3.7 Fungsi Pindah Proses Tekanan

Fungsi pindah proses tekanan yang berada di pipa input uap panas evaporator merupakan persamaan proses orde Satu

$$Tf = Gp \frac{1}{\tau s + 1}$$

$$\tau: \text{lag time (time constant) yang diperlukan untuk mencapai keadaan stimbang} = \frac{[PV-SV]}{[50\%-MV]}$$

Dari data didapatkan :

$$GP = 1$$

$$PV \text{ (process variable)} = 1,531 \text{ kg/cm}^2 \quad \leftrightarrow PV = \frac{1,531}{6} \times 100 \% = 25,52$$

$$SV \text{ (Set-point variable)} = 1,509 \text{ kg/cm}^2 \quad \leftrightarrow SV = \frac{1,509}{6} \times 100 \% = 25,15 \%$$

$$MV \text{ (manipulated variable)} = 31,6 \%$$

$$\tau = \frac{[PV-SV]}{[50\%-MV]} = \frac{[25,15-25,52]}{[50-31,6]} = 0,02011$$

$$TF = \frac{1}{0,02011s + 1}$$

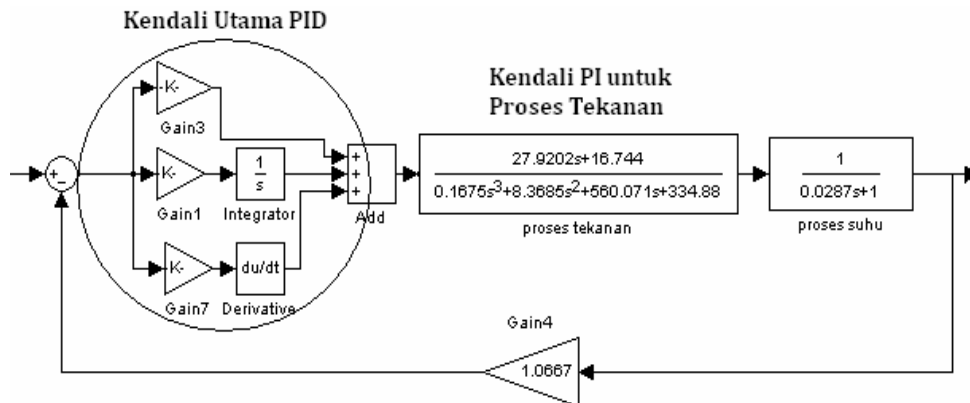
4. PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PROSES EVAPORASI

Langkah pertama pada perancangan sistem kendali proses evaporasi, adalah merancang plant berdasarkan model matematis yang ada. Langkah berikutnya adalah merancang kendali *cascade* dengan kendali PID yang kemudian digunakan untuk pembelajaran jaringan saraf tiruan. Selanjutnya dirancang kendali *cascade* dengan menggabungkan jaringan saraf tiruan dan kendali PI. Kemudian dilakukan analisis antara kendali PID dengan kendali jaringan saraf tiruan. Perancangan dilakukan menggunakan software Matlab 7.1.

4.1 Kendali PID

Blok diagram kendali PID ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan data-data dari sistem kendali tersebut, didapatkan fungsi pindah sebagai berikut:

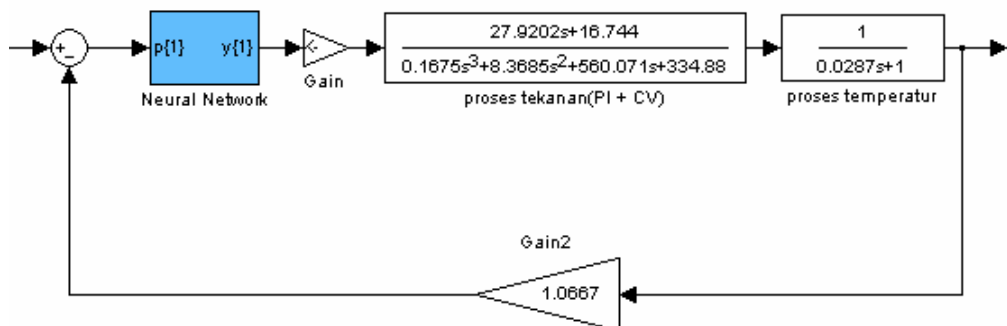
$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{3,881s^3 + 25,6128s^2 + 32,5873s + 11,1682}{0,006s^3 + 0,5096s^2 + 34,693s + 739,4238s^2 + 453,36096s + 11,9131}$$



Gambar 4. Blok diagram sistem kendali PID

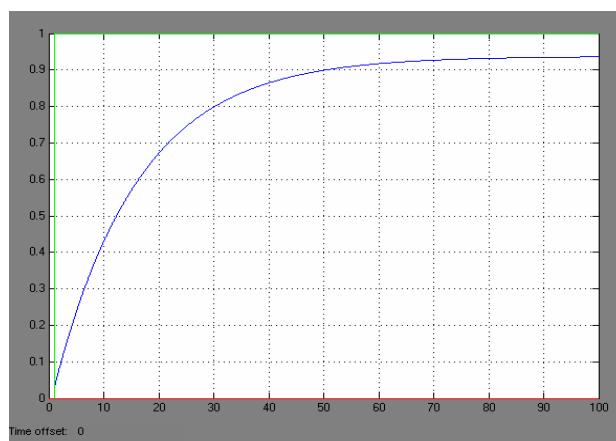
4.2 Kendali Jaringan Saraf Tiruan

Setelah didapat *step response* dilakukan pengambilan data *error* dan *gain*, serta menentukan nilai awal jumlah *neuron* di lapisan tersembunyi. Pada penelitian ini jumlah *neuron* di lapisan tersembunyi sebanyak 15. Jaringan dilatih sebanyak 5000 epoch dengan metode pelatihan *backpropagation Levenberg-Marquardt*.



Gambar 5. Diagram blok kendali jaringan saraf tiruan

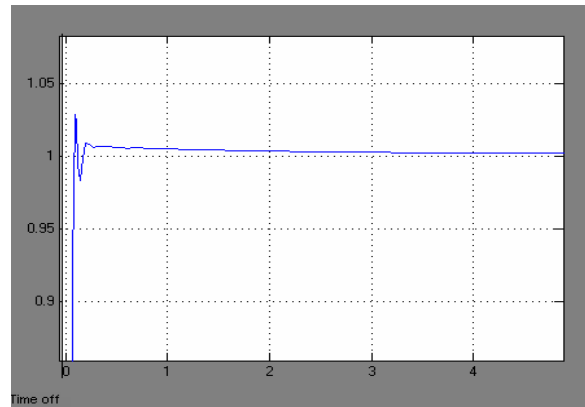
Dari grafik tanggapan sistem, keluaran dengan kendali jaringan saraf tiruan tidak mampu memenuhi target *settling time* sehingga diperlukan tambahan gain yang terbukti dapat memenuhi target. Gain tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Respon sistem dengan kendali PID

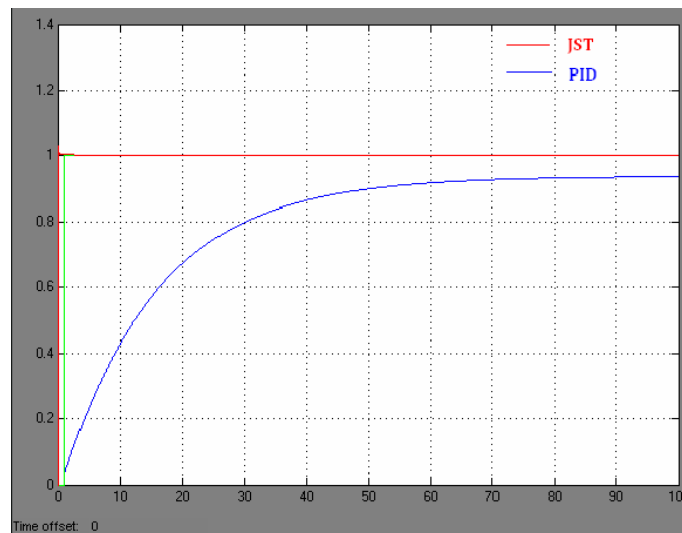
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, sistem kendali PID pada plant evaporasi diuji menggunakan input berupa fungsi step. Unjuk kerja sistem kendali tersebut ditampilkan pada Gambar 6. Pengujian yang telah dilakukan dengan kendali PID menunjukkan bahwa kestabilan sistem dicapai dengan *settling time* yang lama dan error yang besar. *Settling time* yang diperlukan adalah 74,4 detik dengan *rise time* sebesar 42.5 detik.



Gambar 7. Tanggapan undak sistem kendali JST

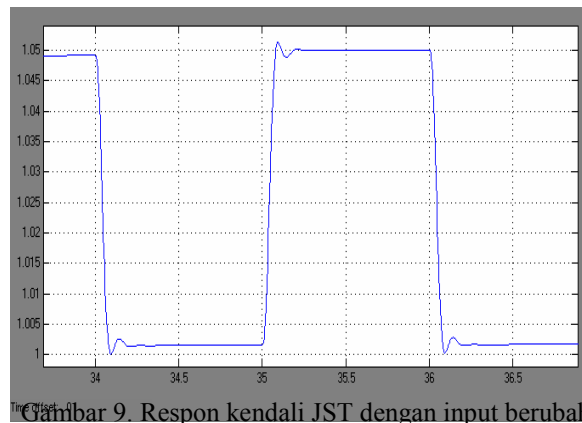
Tanggapan undak sistem kendali JST ditunjukkan pada Gambar 7. Sistem dengan kendali JST mempunyai kestabilan yang baik dengan *settling time* yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem kendali PID. Pada pengujian menggunakan input step nilai *settling time* kendali JST adalah sebesar 7,9 detik sedangkan *settling time* kendali PID adalah sebesar 74,4 detik. Apabila dibandingkan dengan kendali PID maka terlihat bahwa kendali JST jauh lebih baik dibandingkan kendali PID. Hal ini terlihat dari kecepatan sistem untuk mencapai kestabilan dan telah menghilangkan error. Namun, *overshoot* sistem kendali JST lebih besar dari *overshoot* kendali PID, karena pada penelitian ini, kendali PID memiliki *steady state error* sebesar 0,07. Sedangkan sistem kendali JST tidak memiliki *steady state error*.



Gambar 8. Perbandingan tanggapan undak kendali JST dan kendali PID

Tabel 1. Perbandingan unjuk kerja dinamik sistem pengendalian PID dan JST

No	performansi	Kendali PID	Kendali JST
1.	<i>Settling time</i>	74,4 detik	7,9 detik
2.	<i>Overshoot (%)</i>	0	3
3.	<i>Rise time</i>	42,5 detik	1,0 detik
4.	<i>Steady state error</i>	0,07	0,00



Gambar 9. Respon kendali JST dengan input berubah

6. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dengan memberikan input step, kendali JST memberikan unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan dengan kendali PID dalam hal kecepatan untuk mencapai kestabilan. Hal ini terlihat dari perbandingan *settling time*, *rise time* dan maksimal *overshoot* masing-masing kendali.

Sedangkan dari percobaan dengan input yang berubah pada sistem kendali JST terlihat bahwa sistem tersebut mampu mencapai *set point* yang diberikan dan stabil.

7. PUSTAKA

- [1] Kuswadi, Son, 2006, *Teori dan Aplikasi Praktisnya: Kendali Cerdas*. Surabaya. ANDI offset
- [2] Kusumadewi, Sri; dan Hartati, Sri, 2006, *NEURO FUZZY: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Saraf*, Graha Ilmu, yogyakarta
- [3] Muhhfizaturrahmah, 2008, *Analisis DCS Dan Kestabilan Pada Loop Tertutup cascade Di Seksi Evaporation Pabrik Optimasi Kaltim (Popka) PT. PKT*, Laporan KP, Yogyakarta, Jurusan Teknik Fisika, UGM
- [4] Nise, Norman S, 2004, *Control System Engineering*, John Wiley & Son, Inc, New York