
PENERAPAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER* UNTUK MEMPERTAHANKAN KESETABILAN SISTEM AKIBAT PERUBAHAN *DEADTIME* PADA SISTEM KONTROL PROSES DENGAN *DEADTIME*

Mukhtar Hanafi

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang
Jl. Mayjend Bambang Soengeng Km.5 Mertoyudan, Magelang
e-mail: muhtarhanafi@yahoo.com

Abstrak

Deadtime akan terjadi pada proses atau plant yang membutuhkan jeda waktu bagi sensor untuk mendeteksi terjadinya error, dan ini berpengaruh pada kecepatan kontroler untuk meresponnya. Jika deadtime yang terjadi lama atau berubah ubah, maka akan berpengaruh pada kesetabilan atau performa sistem kontrol secara keseluruhan. Metode kontrol PID (Proporsional-Integral-Derivatif) merupakan metode kontrol yang banyak diterapkan pada sistem kontrol yang memiliki deadtime ini. Untuk mendapatkan respon sistem yang baik atau setabil, pada kontroler ini diperlukan penalaan atau tuning untuk mendapatkan parameter pengontrolan yang tepat. Pada sistem kontrol dengan deadtime, penalaan harus dilakukan pada plant dengan menentukan parameter deadtime-nya lebih dahulu. Jika terjadi perubahan pada parameter deadtime diluar toleransi yang diijinkan, maka harus dilakukan penalaan ulang untuk mempertahankan kesetabilan sistem, dan ini membutuhkan waktu dan keahlian tertentu. Fuzzy Logic Controller (FLC) menawarkan metode pengontrolan yang berbeda. Dengan basis pengetahuan yang dimiliki, sistem kontrol fuzzy mampu menyesuaikan perubahan parameter akibat keidaklinieran dan ketidakpastian sistem. Simulasi menggunakan matlab dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem kontrol FLC dan PID pada plant atau proses dengan deadtime. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan load atau disturbance yang diujikan, kontroler FLC mampu mempertahankan kesetabilan sistem untuk berbagai perubahan waktu tunda.

Kata kunci: *deadtime, FLC, kesetabilan, basis pengetahuan*

1. PENDAHULUAN

Waktu tunda merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk merespon bentuk inputnya. Jika tidak terjadi waktu tunda, begitu input diberikan pada sistem atau sistem dijalankan, sistem langsung merespon dan respon sistem akan mengikuti bentuk inputnya. Jika terjadi waktu tunda yang terlalu lama maka akan terjadi kondisi dimana kondisi sistem tidak merespon inputnya dalam waktu tertentu dan kondisi ini sering disebut dengan waktu mati (*deadtime*). *Deadtime* didefinisikan sebagai waktu ketika sistem tidak merespon inputnya akibat lamanya waktu tunda. Jadi output sistem baru muncul setelah *deadtime*. Misalnya dalam suatu sistem kontrol ada enam komponen yang terlibat dalam proses pengaturan dan masing-masing menyumbang waktu tunda terhadap sistem, maka sistemnya akan memiliki waktu tunda yang sangat lama atau terjadi *deadtime* dan respon atau output sistem baru akan muncul setelah *deadtime*. Jika *deadtime* yang terjadi terlalu lama atau berubah ubah, maka akan berpengaruh pada kesetabilan atau performa sistem kontrol secara keseluruhan.

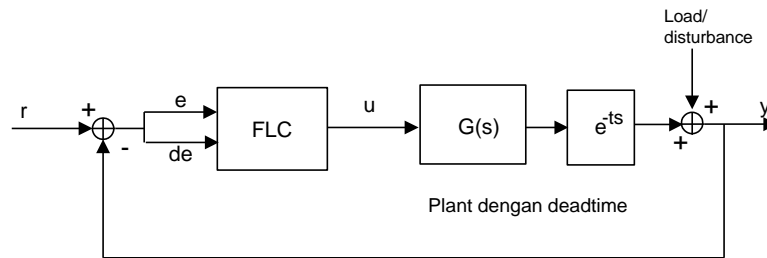
Untuk mengendalikan sistem yang memiliki atau dipengaruhi *deadtime* banyak digunakan *controller* konvensional seperti PID. Namun kendalanya adalah sistem kendali konvensional ini membutuhkan pengetahuan tentang parameter-parameter sistem terlebih dahulu. Selain itu, untuk sistem yang kompleks akan terdapat kendala dalam menentukan parameter-parameter yang sesuai agar mendapatkan respon keluaran yang stabil. Ada tiga parameter dalam pengontrol PID tersebut, yaitu *proporsional gain* (K_p), *integral time* (T_i) dan *derivative time* (T_d). Ketiga parameter tersebut mempunyai pengaruh terhadap hasil respon sistem. Untuk memperoleh respon sistem yang baik (setabil), harus dilakukan proses penalaan atau *tuning* pada ketiga parameter tersebut. Cara men-*tuning* ketiga parameter tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan tabel atau *trial and error* sampai diperoleh respon sistem yang diharapkan, baik pada besarnya *overshoot*, *settling time* atau *error steady state*. (Ogata, 1997)

Logika Fuzzy dapat digunakan untuk menala parameter-parameter kendali konvensional seperti kendali PID. Dengan basis pengetahuan yang dimiliki, logika Fuzzy menerapkan suatu sistem kemampuan manusia untuk mengendalikan sesuatu, yaitu dalam bentuk aturan-aturan Jik – Maka (*If-Then Rules*), sehingga proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik (Negnevitsky, 2002).

2. METODOLOGI

2.1 Pembuatan Model Sistem Kontrol

Struktur sistem kontrol dengan *deadtime* ditunjukkan pada gambar 3.1. Sinyal kontrol u merupakan sinyal dihasilkan oleh pengontrol FLC yang digunakan untuk mengontrol $G(s)$.

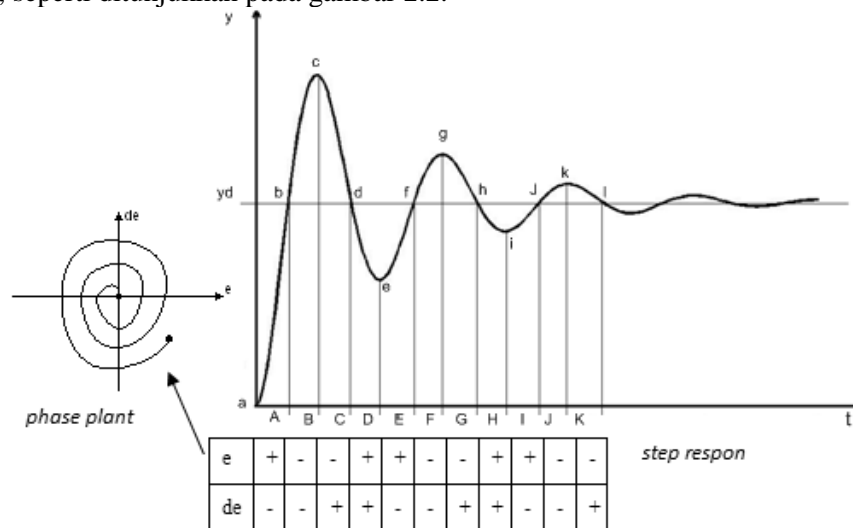


Gambar 2.1 Struktur sistem kontrol FLC pada *plant* dengan *deadtime*

$G(s)$ adalah *transfer function* dari *plant* dan e^{-ts} merupakan unsur *deadtime* yang terjadi pada *plant*. Sedangkan masukan r merupakan *setpoint* atau input sistem. Sinyal informasi yang diterima oleh pengontrol FLC merupakan sinyal *error* (e) dan perubahan *error* (de) yang terjadi antara output (y) sistem dengan input sistem.

2.2 Perancangan FLC

Basis pengetahuan dari FLC yang dirancang, diperoleh melalui analisis terhadap *phase plane* dan *Step respon system*. Pada model sistem kontrol yang menggunakan pendekatan heuristik dalam perancangannya, kebanyakan sistem kontrol berbasis logika fuzzy, sering memanfaatkan *phase plane* untuk mengetahui perilaku *close-loop system* dan merencanakan strategi pengontrolannya. Pada *fuzzy logic control*, *phase plane* dibuat dengan dua masukan yaitu e dan de (Yan dkk,1994), seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Phase Plane* dan *Step respon system*

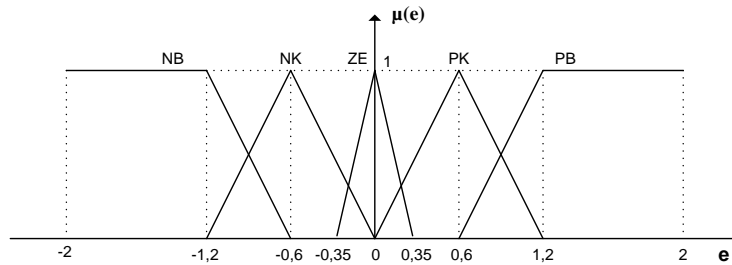
Jika ditentukan bahwa *fuzzy subset* setiap masukan dan keluaran memiliki variabel linguistik berupa Negatif Besar (NB), Negatif Kecil (NK), *about zero* (ZE), Positif Kecil (PK) dan Positif Besar (PB), maka berdasarkan *step respon system* dan dengan menggunakan AND sebagai operasi hubungan antara e dan de , diperoleh basis aturan kontrol fuzzy atau *fuzzy rule base*

antara masukan (e,de) dan keluaran (u) dengan: **IF e is NB AND de is NB THEN u is NB**, seperti pada tabel 2.1.

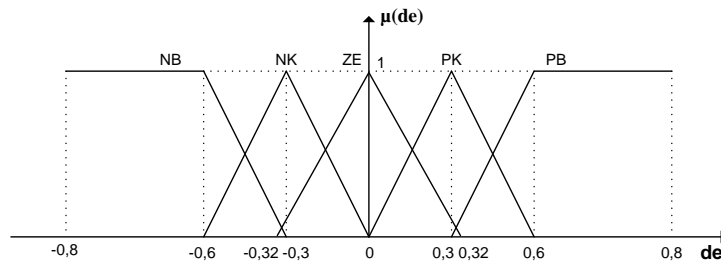
Tabel 2.1 fuzzy rule base

u		de				
		NB	NK	ZE	PK	PB
e	NB	NB	NB	NB	NB	NB
	NK	NB	NK	NK	ZE	ZE
	ZE	NK	ZE	ZE	ZE	PK
	PK	ZE	ZE	PK	PK	PB
	PB	PB	BB	PB	PB	PB

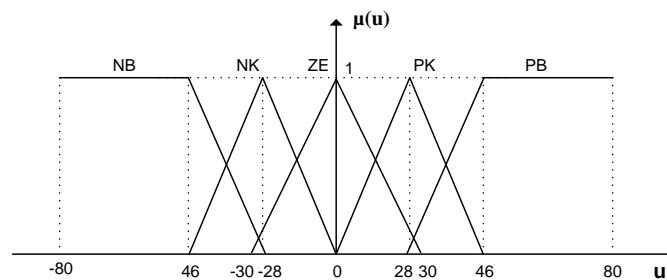
Untuk proses fuzzifikasi dari masukan (e,de) dan keluaran (u), digunakan fungsi segitiga dan kurva bahu pada akhir area fuzzy sebagai fungsi keanggotaannya, seperti terlihat pada gambar 2.3 sampai gambar 2.5. Berdasar hasil analisa sistem yang kemudian dilakukan penyesuaian sampai diperoleh pengontrol yang baik dengan coba-coba (*trial and error*), didapatkan jangkauan nilai masukan e dari -2 sampai dengan 2 dan jangkauan nilai de dari -0,8 sampai 0,8, sehingga fungsi keanggotaan untuk variabel linguistik masing-masing masukan tersebut seperti terlihat pada gambar 2.3 dan gambar 2.4.



Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan dan Variabel Linguistik untuk e



Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan dan Variabel Linguistik untuk de



Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan dan Variabel Linguistik untuk u

Dengan cara yang sama diperoleh jangkauan untuk nilai keluaran u sebesar -80 sampai dengan 80. gambar 2.5 memperlihatkan fungsi keanggotaan dan variabel linguistik untuk keluaran (u).

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* Matlab. Model proses atau *plant* yang digunakan pada pengujian ini adalah *Heat Exchanger*. *Heat Exchanger* merupakan contoh proses atau *plant* yang mengandung *deadtime*. Fungsi alih *Heat Exchanger* dapat dinyatakan dalam bentuk sistem orde satu (Santoso,2003):

$$\frac{T(s)}{F_h(s)} = \frac{K_{pex}}{\tau_{ex}s + 1} = G_{ex}(s) \dots \dots \dots (2.1),$$

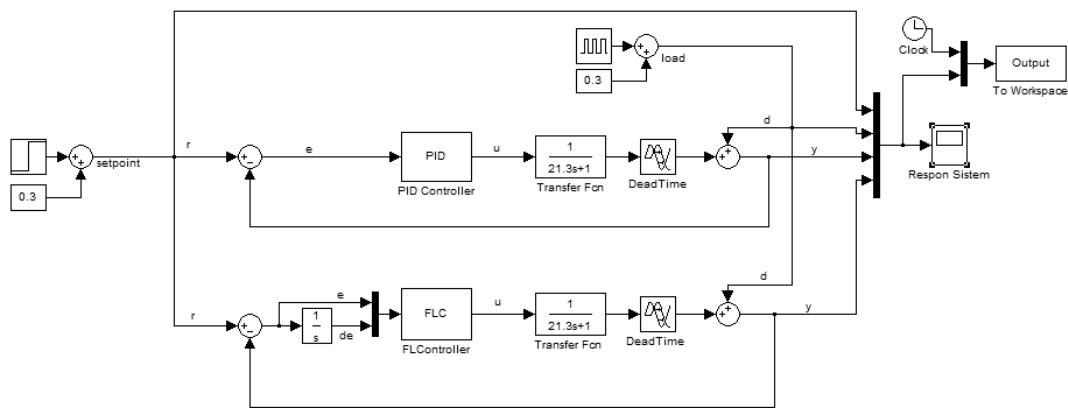
Karena ada waktu tunda / *death time* pada *plant* maka fungsi alih *plant* menjadi:

$$\frac{T(s)}{F_h(s)} = \frac{K_{pex}}{\tau_{ex}s + 1} e^{-ts} = G_{ex}(s) \dots \dots \dots (2.2),$$

dengan *t* merupakan *death time process*. Pada pengujian ini fungsi alih *plant* dinyatakan dengan:

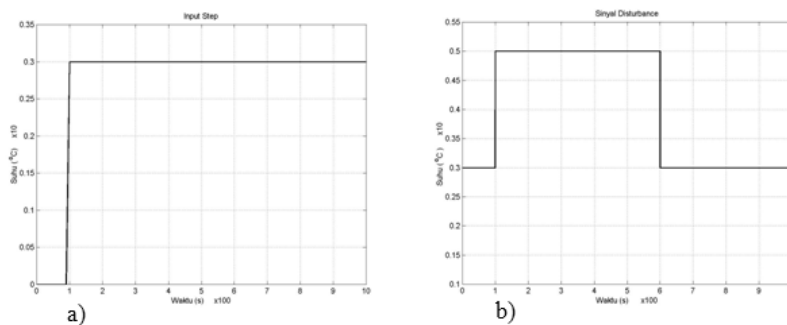
$$G(s) = \frac{1}{21,3s + 1} e^{-14} \dots \dots \dots (2.3).$$

Berdasarkan struktur kontrol dengan fungsi alih *plant* pada persamaan (2.3), dibuat rangkaian simulasi untuk pengujian sistem kontrol menggunakan simulink matlab seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Rangkaian simulasi sistem kontrol PID dan FLC

Pengujian dilakukan pengujian dengan input *step respon system* dan pengujian untuk pengaruh adanya *gangguan (disturbance)* atau *load*, seperti yang terlihat pada gambar 2.7a dan b. Untuk input *step respon system* ini diuji dengan lama *deadtime* yang bervariasi, yaitu 14s, 20s, 30s dan 40s.



Gambar 2.7. Sinyal pengujian: a) input step, b) *disturbance* atau *load*

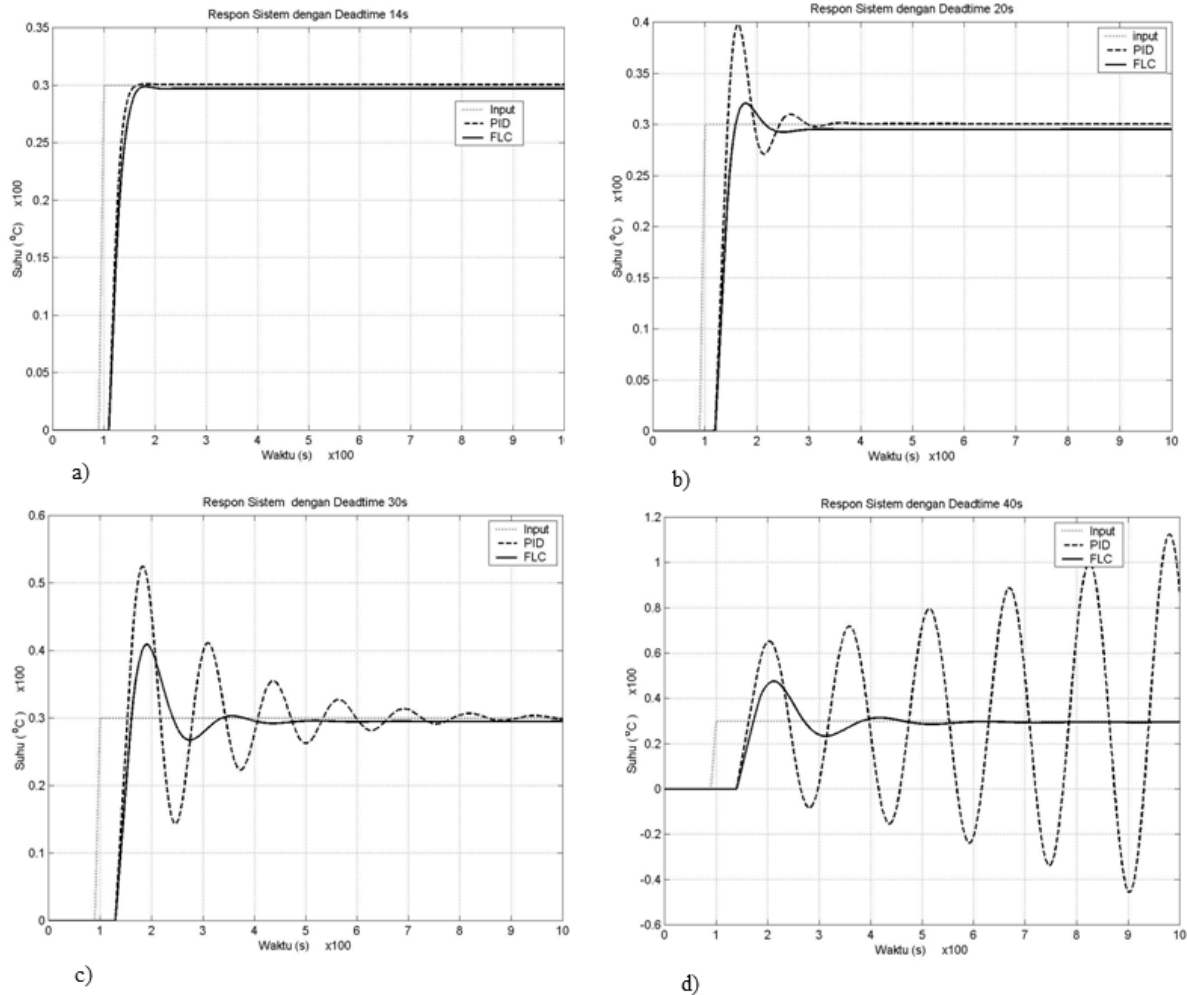
Pengujian berikutnya adalah pengujian sistem kontrol karena pengaruh adanya *gangguan (disturbance)* atau *load*. Pada pengujian ini input sistem diset sebesar 30 °C, kemudian diberi *disturbance* atau *load* dengan kenaikan suhu menjadi 50 °C dalam 500 s dan turun kembali ke posisi set poinnya, seperti yang terlihat pada Gambar 2.7b.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Step respon system dari kedua sistem kontrol dengan lama *deadtime* yang bervariasi, yaitu 14s, 20s, 30s dan 40s, ditunjukkan pada gambar 3.1. Hasil pengujian pada gambar 3.1 tersebut menunjukkan bahwa FLC memberikan *step respon system* lebih baik dari PID untuk seluruh *deadtime* yang diujikan. Untuk *step respon system* dengan *deadtime* 14s, pada *controller* PID

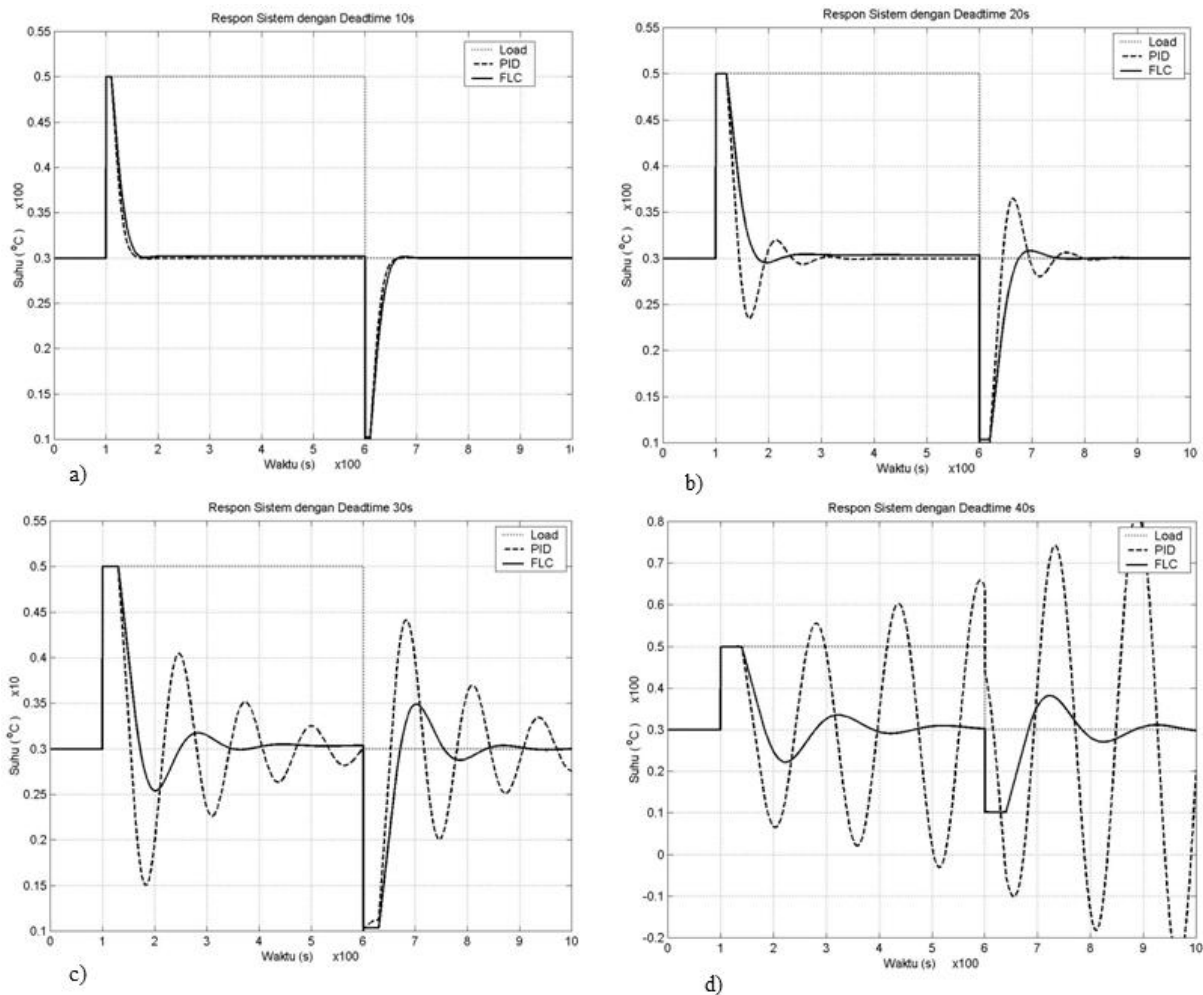
sudah dilakukan *tuning* parameter kontrol PID yaitu K_p , K_i dan K_d sehingga diperoleh hasil yang optimal. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14a

Pada *deadtime* sebesar 40s yang ditunjukkan oleh gambar 14d, sistem kontrol PID menunjukkan osilasi yang terjadi semakin membesar dan hal itu menyebabkan kondisi sistem menjadi tidak stabil. Untuk memperbaiki kondisi *step respon* sistem kontrol PID ini, perlu dilakukan *tuning* ulang terhadap parameter-parameter kontrol, dan ini tentunya membutuhkan waktu dan keahlian khusus. Sedangkan pada *controller* FLC, pada *deadtime* ini, masih menunjukkan kinerja yang baik untuk proses pengendalian sistemnya, sehingga jika dilihat dari *step respon* sistemnya, kondisi sistem masih tetap stabil.



Gambar 3.1 Step respon system dengan deadtime: a). 14s, b). 20s, c). 30s dan c). 40s

Untuk pengujian sistem dengan menggunakan *disturbance* atau *load* terlihat pada gambar 3.1. Akibat adanya gangguan (*disturbance*), nilai *controlled variable* dalam hal ini temperatur naik selama 500s kemudian kembali normal, sehingga controller meningkatkan sinyal kontrol u , untuk membawa sistem kembali ke nilai *set point*-nya. Hasil pengujian pada gambar 3.1 tersebut menunjukkan bahwa controller FLC memberi respon sistem lebih baik untuk *deadtime* diatas 20s.



Gambar 3.2 Respon sistem akibat adanya *disturbance* atau *load* untuk *deadtime*:

a). 14s, b). 20s, c). 30s dan d). 40s

4. KESIMPULAN

Dari analisa dan hasil pengujian pengendalian sistem dengan *deadtime* menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kontrol FLC memberikan hasil pengendalian atau respon sistem yang lebih baik pada sistem kontrol saat terjadi perubahan *deadtime*
2. Pada saat terjadi *deadtime* dimana sistem kontrol PID sudah tidak mampu mengendalikan sistem, FLC mampu memberikan hasil pengontrolan yang tetap stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Negnevitsky, M., 2002, *Artificial Intelligence Aguide to Inteeligent System*, Pearson Education.
- Ogata, K., 1997, *Modern Control Engineering*, Third Edition, Prentice Hall International.
- Yan, J., Ryan, M., Power, J., 1994, *Using Fuzzy Logic*, Prentice Hall.
- Santoso F, 2003, Perbandingan Kinerja Sistem Kontrol Berumpan Balik (Feedback) Dengan Sistem Kontrol Berumpan Maju (Feedforward) Pada Jaringan Penukar Panas (Heat Exchanger), *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, Vol. 5, No.1 April 2003, 36 – 42