

PENGENDALIAN SUHU BERBASIS PENGENDALI HIDUP-MATI, P, PI, DAN PID

Ainie Khuriati, Sumariyah, Eko Adi Sarwoko
Jurusan Fisika – Universitas Diponegoro

Abstract

A control system is needed by a process for consistency of output with set point. Inconsistency output and set point is due to the existing of noises for the certain process. There are several kinds of controls as conventional and modern controls.

In this research, we used discontinue conventional control that was on-off control and 3 automatics control such Proportional Control , Proportional Integral, Proportional Integral plus & Differential plus Controls receptively. All of these controls were implemented on personal computer that was applied for temperatures controls. Performance all of 4 control systems ware compared base on Time Delay Measurement (T_d), race time (T_r), and maximum pass Time peak (T_p). Algorithms of these four controls were developed by using Pascal 7.0.

By giving, the value of set point was 42.05° , we found that data as follow: On-Off control: $T_d = 36$ second. Control P: $T_r = 114$ second, $T_d = 102$ second and $M_p=0.5^\circ C$ control PI: $T_r = 130$ second, $T_d = 104$ second and $M_p=0.75^\circ C$ control PID : $T_r = 126$ second, $T_d = 72$ second and $M_p=0.6^\circ C$

From our results of time delay (T_d), rice-time (T_r), and (M_p), its was concluded that P control, set point value was not found. PID control is best temperature control that compared with three other controls. PID control has fast response time, maximum pass smaller, and enough small osculation amplitude.

Intisari

Adanya besaran-besaran pengganggu pada suatu proses memerlukan sistem pengendali agar keluaran selalu sesuai dengan setpoint. Terdapat berbagai jenis pengendali yang konvensional maupun modern .

Pada penelitian digunakan jenis pengendali konvensional yaitu satu pengendali tak kontinyu yakni pengendali hidup-mati dan 3 pengendali otomatis lainnya yaitu pengendali Proporsional, Proporsional plus Integral dan Proporsional plus Integral plus Diferensial. Keempat jenis pengendali ini diimplementasikan pada komputer pribadi yang diaplikasikan untuk pengendalian suhu. Unjuk kerja keempat sistem kendali ini kemudian dibandingkan yang didasarkan pada pengukuran waktu tunda (T_d), waktu naik (T_r), dan waktu lewatan puncak maksimum (T_p). Algoritma keempat pengendali ini disusun dalam bahasa Pascal 7.0.

Dengan pemberian setpoint sebesar 42.05° , diperoleh data-data sebagai berikut : Pengendali Hidup-mati : $T_d = 36$ detik. Pengendali P : $T_r = 114$ detik, $T_d = 102$ detik dan $M_p=0.5^\circ C$ Pengendali PI : $T_r = 130$ detik, $T_d = 104$ detik dan $M_p=0.75^\circ C$ Pengendali PID : $T_r = 126$ detik, $T_d = 72$ detik dan $M_p=0.6^\circ C$

Dari besarnya waktu tunda (T_d), waktu naik (T_r), dan lewatan maksimum (M_p) yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa untuk pengendali P, harga setpoint tidak dapat dicapai. Pengendali PID merupakan pengendali suhu terbaik dibanding dengan ketiga jenis pengendali lainnya, dengan waktu tanggapan yang lebih cepat, lewatan maksimum yang lebih kecil, dan amplitudo osilasi yang cukup kecil.

PENDAHULUAN

Saat ini pengembangan teknologi komputer merambah disemua disiplin ilmu, selain harganya lebih terjangkau, mudah dalam pemakaian, keandalannya tinggi juga mudah dirangkaikan dengan rangkaian digital lainnya. Kernampuan komputer tidak hanya dapat digunakan menganalisis data secara cepat dan dapat juga digunakan untuk mengendalikan suatu proses.

Kebutuhan komputer sebagai alat pengendali menjadi semakin mendesak karena seringkali dalam suatu proses tidak sekedar membutuhkan perubahan *set point* dari waktu ke waktu namun juga rumusan *set point* dari lup satu dengan lainnya.

Perbedaan antara sistem yang dikendalikan dengan komputer dan sistem umpan balik analog biasa hanyalah terletak pada pengimplementasian hukum pengendalian.

Dengan mengimplementasikan pada komputer digital kelas dari hukum pengendalian yang digunakan akan sangat ditingkatkan karena dengan mudah dapat digunakan untuk melakukan perhitungan non-linier, logika gabungan, perhitungan-perhitungan penting dalam pengendali dsb (Astrom,K,J et all, 1990).

Walaupun sudah banyak para ahli mencoba menggunakan alternatif lain sebagai pengganti unsur P (Proporsional), I (Integral),

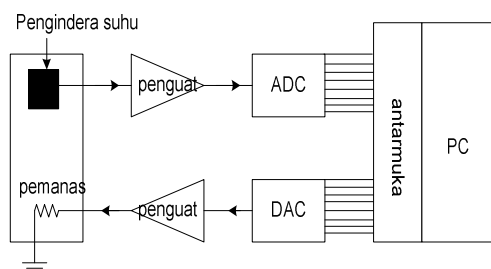
D(difrensial) tetapi tetap saja terbukti ketiga unsur merupakan yang terbaik, ketiga unsur itu masih tetap mampu menjawab tantangan sistem pengendalian (Gunterus,F, 1994). Pengendali PID telah digunakan secara luas karena kesederhanaannya dan sifat robusnya (Ho et all, 1997).

Satu diantara banyak besaran yang paling umum dikendalikan adalah suhu seperti heat exchanger, pengkondisian lingkungan untuk pemanasan dan pendinginan udara dalam suatu bangunan, pengendalian laju reaksi kimia dan proses biologi

METODA PENELITIAN

Diagram kotak Sistem Pengendalian dengan Komputer

Diagram kotak Sistem Pengendalian suhu dengan Komputer ditunjukkan gambar 1. Penerapan pengendalian suhu dipergunakan untuk mengendalikan suhu cairan dalam hal adalah air, elemen pemanas yang berlaku sebagai penggerak, yang akan menggerakkan katup kendali agar terbuka dan tertutup dan selalu ada pada suhu yang dikehendaki pengendali. Suhu cairan akan diindera merupakan sinyal terukur yang berupa sinyal tegangan, sinyal ini kemudian dikirimkan ke ADC yang akan dicacah dengan periode *T* melalui antarmuka dan dikirimkan ke PC untuk diolah dengan menggunakan 4 mode pegendalian yaitu pengendali hidup-mati, proporsional, proporsional integral dan proporsional integral diferensial. Apabila data yang diolah lebih besar atau kurang dari nilai setpoint, data ini akan dikirimkan ke DAC digunakan untuk menggerakkan penggerak/pemanas agar nilai suhu selalu sesuai dengan *setpoint*.



Gambar 1. Diagram kotak Sistem Pengendalian suhu dengan Komputer

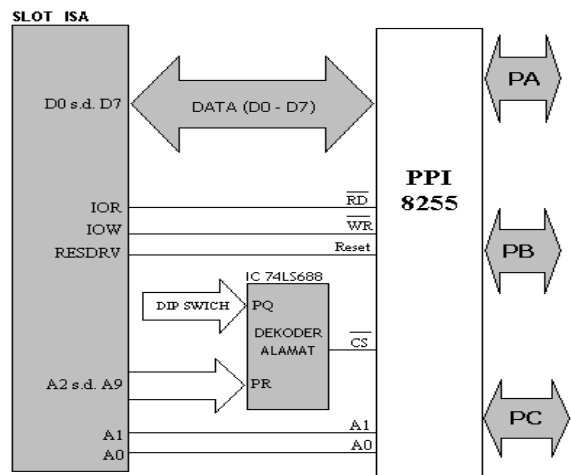
Antarmuka yang dipergunakan

Antarmuka dipergunakan untuk menghubungkan perangkat keras dengan komputer. Dalam penelitian ini dipergunakan PPI 8255 yang banyak terdapat dipasaran dan harganya murah.

Jalur masukan dan keluaran paralel PPI 8255 sebagai komponen utama perangkat antarmuka terdiri dua kelompok A dan kelompok B, masing-masing menerima perintah Write (W) dan Read (R), kode kendali dari CPU kemudian membaca atau menulis data pada port VO yang bersesuaian. Antarmuka ini mempunyai tiga port yaitu A, B dan C dan ketiga port tersebut digunakan masing-masing sebagai

- Port A : masukan
- Port B : keluaran
- Port CO..C3 : sebagai keluaran

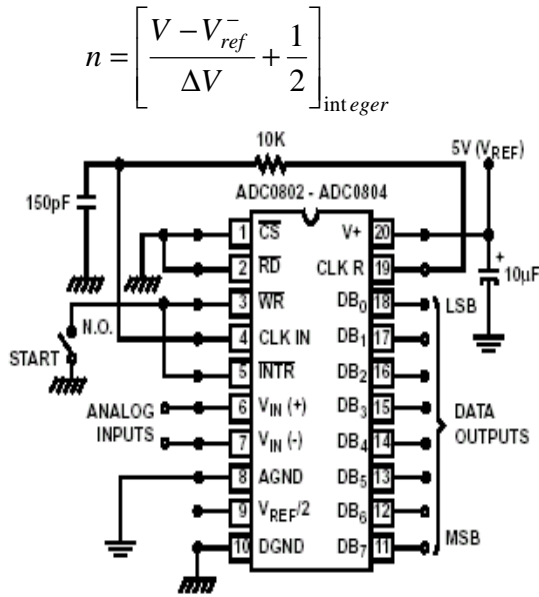
Gambar 2 memperlihatkan slot ekspansi dari PC dan hubungannya dengan PPI 8255.



Gambar 2. Slot ekspansi dan antarmuka

Pengubah A/D 0804 (Analog to digital conveter, ADC)

Untuk mengubah masukan sinyal analog menjadi keluaran sinyal digital digunakan A/D 0804, ditunjukkan gambar 3. Pengubah A/D membagi daerah tegangan masukan menjadi 255 pita. Untuk pengubah A/D 8-bit linier, keluaran digital n adalah fungsi linier dari tegangan masukan V antara dua tegangan acuan V_{ref}^- dan V_{ref}^+ .



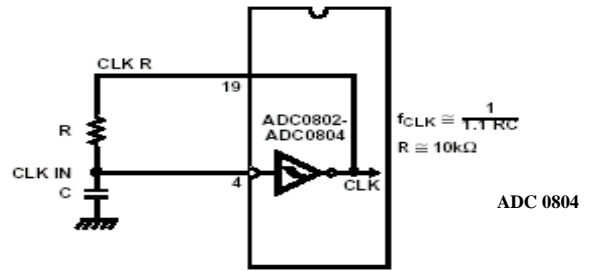
Gambar 3. ADC 0804 [5]

dengan $\Delta V = \frac{V_{ref}^+ - V_{ref}^-}{255}$
Waktu yang dibutuhkan ADC 0804 untuk mengubah isyarat analog menjadi isyarat digital adalah sekitar 100 mikrodetik, tegangan masukan 0-5 volt dengan ketelitian sekitar 1 LSB (Intersil Semiconductor Corporation).

Konfigurasi IC 0804. Konfigurasi IC 0804 diperlihatkan seperti pada gambar 4. Penyemat 11 sampai 18 adalah keluaran data digital. Apabila CS dan WR dalam keadaan tinggi maka keluaran penyemat 11-18 akan mengambang. Apabila CS dan RD rendah, keluaran data digital akan keluar pada penyemat 11-18. Konversi dimulai dengan memberi masukan sinyal rendah pada penyemat WR dan INTR.

Pembangkit Pulsa

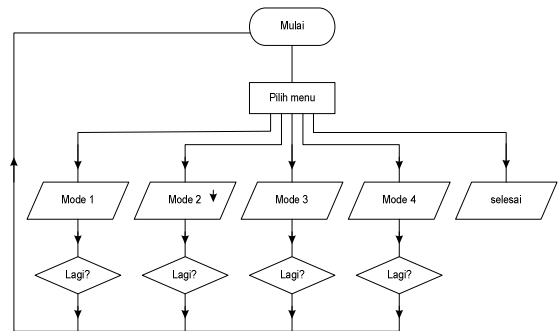
ADC 0804 memerlukan rangkaian RC tambahan sebagai pembangkit pulsa yang dihubungkan pada CLK R (penyemat 19) dan CLK IN (penyemat 4) seperti gambar 4



Gambar 4. Rangkaian pembangkit pulsa [5]

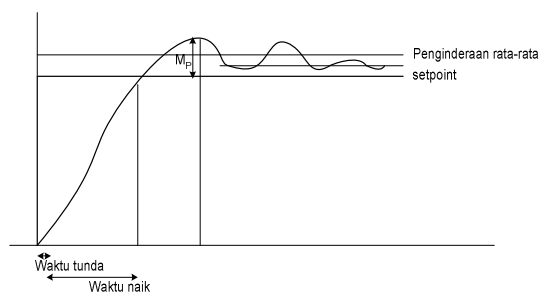
Perangkat lunak

Program dibuat dalam bahasa Pascal versi 7.0 dengan menggunakan empat mode pengendalian yaitu Pengendali Mati-Hidup, pengendali proporsional, pengendali proporsional plus integral, dan pengendali proporsional plus diferensial plus integral. Gambar 5 menunjukkan diagram alir dari program untuk mengendalikan antarmuka.



Gambar 5 diagram alir dari program untuk mengendalikan antarmuka

Kriteria Unjuk kerja untuk Algoritma Kendali.



Gambar 6 menunjukkan perilaku suatu sistem kendali sesudah pentubahan set point secara tiba-tiba

Algoritma kendali membandingkan pencacahan data yang diukur dengan set point. dan secara periodik menurunkan atau menaikkan harga dan peubah kendali yang dikirimkan ke penggerak untuk

mengendalikan sistem dan mempengaruhi data yang diukur

Gambar 6 menunjukkan perilaku suatu sistem kendali sesudah pentbahan *set point* secara tiba-tiba. **Waktu tunda** adalah waktu yang diperlukan oleh *setpoint* apabila peubah terukur yan pertama rnencapai harga 10% dari harga awalnva. **Waktu naik** adalah waktu yang diperlukan oleh peubah terukur untuk berubah dari titik 10% sampai ke titik 90%.

Waktu puncak adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai puncak lewatan yang pertamakali Kemungkinan peubah yang terukur akan berosilasi disekitar harga kesetimbangan rata-rata, dan osilasi ini akan teredam dengan waktu penetapan, waktu penetapan adalah waktu yang diperlukan untuk amplitudo osilasi teredam sebesar $e=2,71828$, namun kemungkinan osilasi ini juga tidak meredam, tetapi berosilasi kontinvusecara tak terbatas.Kesalahan dalam suatu sistem kendali adalah perbedaan antara peubah terukur dan setpont. Kesalahan rata-rata atau ketelitian adalah perbedaan antara setpoint dan peubah terukur rata-rata.

Prosedur pengendalian

Setiap interval waktu T_s (interval pencacahan), dibaca dan didisplay (i) sinyal kesalahan (ii) harga A/D (iii) sinyal keluaran (sinyal kendali) D/A yang dilakukan terhadap keempat mode.

dengan K_p menyatakan kepekaan proporsional, T_D adalah waktu diferensial dan T_i adalah waktu integral. Dengan menyetel K_p , T_D dan T_i , satu atau dua dari ketiga unsur tadi dapat dibuat lebih menonjol dari yang lain. Misalnya, unsur P bisa dibuat lebih menonjol dari unsur I dan D, atau unsur I bisa dibuat lebih menonjol dari unsur P dan D dan sebagainya. Unsur yang menonjol itulah yang kemudian membawa pengaruh pada tanggapan sistem secara keseluruhan.

Mode 1 (Mati-Hidup)

- Diberikan harga *setpoint*
- Setiap interval T_{fi} sinyal terukur dicacah
- Sinyal kesalahan dihitung sebagai selisih antara *setpoint* dengan sinyal terukur.

Jika peubah terukur adalah y dan *setpoint* adalah y_{ref} serta sinyal kendali

adalah u , algoritma kendali diberikan sebagai berikut:

Kendali hidup-mati
 Jika $y \leq y_{ref}$, u adalah minimum
 Jika $y \geq y_{ref}$, u adalah maksimum

Jika *setpoint* ditetapkan antara 0 - 255
 Jika sinyal kesalahan < 0, D/A ditetapkan 255
 Jika sinyal kesalahan > 0, D/A ditetapkan 0

Mode 2 (Proporsional)

- Ditetapkan *setpoint* dan harga penguatan
- Setiap interval T_s sinyal terukur dicacah , sinyal kesalahan dihitung dan kendali D/A diubah sebesar penguatan x kesalahan . Jika sinyal terukur adalah y dan *setpoint* adalah y_{ref} dengan penguatan K_{kritis} , yang ditentukan dengan metode osilasi . Jika perubahan sinyal kendali adalah Δu , maka algoritma kendali proporsional dapat dituliskan

Kendali proporsional
 $u = u + \Delta u$
 $\Delta u = (y_{ref} - y)GT_s/T_o$
 Atau
 $u(kT_s) = K_p e(kT_s)$
 Jika $u > u_{maks}$, $u = maks$
 Jika $u < u_{min}$, $u = min$

Dengan k adalah langkah pencacahan
 $e = y_{ref} - y$

Ditetapkan sepoint 0 - 255 dan harga penguatan 2,5

Mode 3 (Proporsional Integral)

-Setiap interval T_s sinyal terukur dicacah dan perubahan sinyal terukur (keluaran) Δy dan penguatan K_{kritis} .. Jika sinyal terukur adalah y dan *setpoint* adalah y_{ref} , T_d adalah waktu penyetelan, perubahan sinyal kendali adalah Δu , algoritma kendali proporsional + integral dapat dituliskan

Kendali proporsional + integral
 $u = u + \Delta u$
 $\Delta u = K_{krit} (y_{ref} - y) + K_{krit} \sum (y_{ref} - y)$
 Atau
 $u(kT_s) = K_{krit} \{e(kT_s) + T_s/T_i [e(kT_s) + e(k-1)T_s]\}$
 Jika $u > u_{maks}$, $u = maks$
 Jika $u < u_{min}$, $u = min$

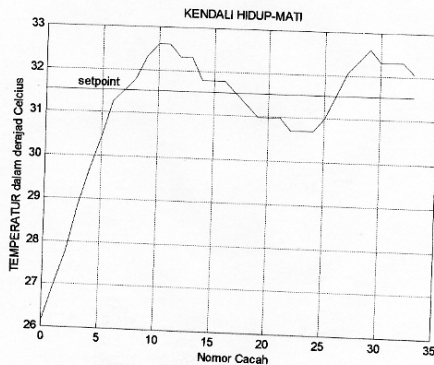
Mode 4 (Proporsional Integral Diferensial)

Kendali proporsional + integral+diferensial
 $u = u + \Delta u$
 $\Delta u = K_{krit} (y_{ref} - y) + K_{krit} \Sigma (y_{ref} - y)$
 Atau
 $u(kT_s) = K_{krit} \{ e(kT_s) + T_s / T_i [e(kT_s) + e(k-1)T_s] \}$
 Jika $u > u_{maks}$, $u = maks$
 Jika $u < u_{min}$, $u = min$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada sistem pengendalian suhu diterapkan 4 pengendali yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan memperhatikan unjuk kerja sistem kendali yaitu waktu naik, waktu tunda dan waktu lewatan puncak. Data diambil setiap 6 detik dengan K_{kritis} adalah 2.5 sedang *setpoint* dari 39,35° sampai 42,05° C.

Pengendali Hidup-mati.

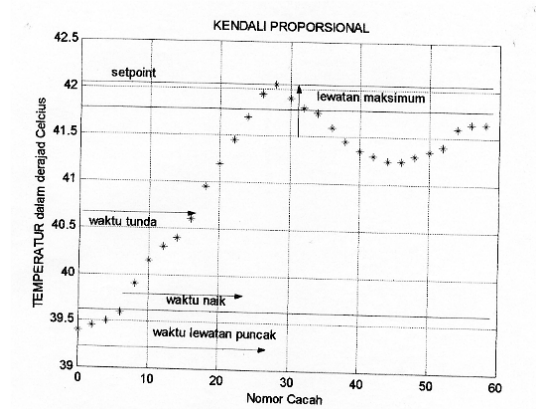


Gambar 7. hasil implementasinya untuk pengendali hidup-mati

Khusus untuk pengendali hidup-mati, harga suhu awal adalah 26°C dengan *setpoint* 31.5°C dan hasil implementasinya dapat dilihat pada gambar 7 diperoleh harga waktu tunda sebesar 36 detik

Pengendali Proporsional

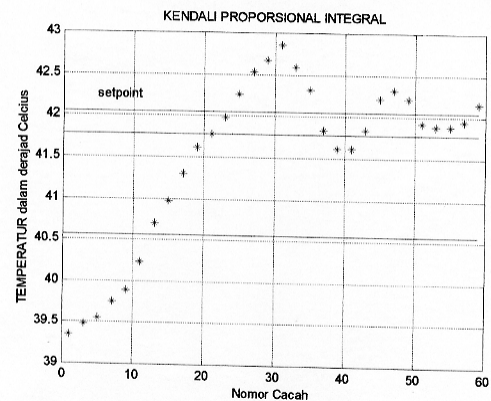
Setpoint dicapai pada saat mencapai harga puncak atau lewatan maksimum, sehingga untuk perhitungan parameter-parameter diambil dari harga efektifnya yakni terhadap suhu 41.5°C. Dari gambar 8 diperoleh waktu naik sebesar 114 detik, waktu tunda 102 detik dan lewatan maksimumnya 0.5°C.



Gambar 8 *Setpoint* saat mencapai harga puncak atau lewatan maksimum

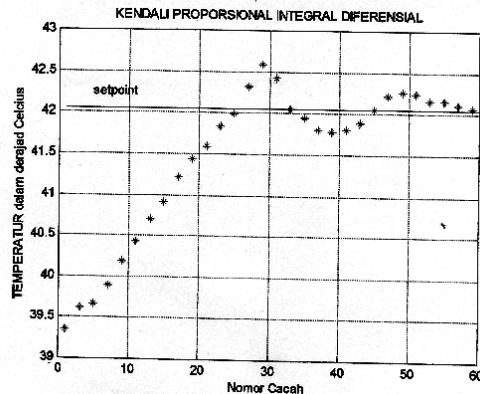
Pengendali PI

Perilaku dari pengendali PI dapat dilihat pada gambar 9, dibandingkan dengan pengendali proporsional, pengendali ini menanggapi secara lebih baik karena adanya pengendali I, sinyal naik terus sampai harga *setpoint* dilewati, kemudian setelah melewati lewatan maksimum sebesar 0.75°C, sinyal kembali turun berusaha mendekati *setpoint*, sinyal beresilasi disekitar harga *setpoint*. Waktu yang diperlukan untuk naik dari 10% sampai 90% adalah 130 detik dengan waktu tunda sebesar 104 detik.



Gambar 9 Perilaku dari pengendali PI

Pengendali PID



Gambar 10 Perilaku dari pengendali PID

Perilaku dari pengendali PID dapat dilihat pada gambar 10, dibandingkan dengan pengendali PI, pengendali ini menanggapi secara lebih cepat karena adanya pengendali D, sinyal naik terus sampai harga setpoint dilewati, karena adanya faktor I maka sinyal ini diperlambat sehingga tidak melewati *setpoint* terlampaui tinggi dibanding pengendali PI, kemudian setelah melewati lewatan maksimum sebesar 0.6°C , sinyal kembali turun berusaha mendekati *setpoint*, sinyal beresilasi disekitar harga setpoint dengan amplitudo yang lebih kecil dibanding pengendali proporsional. Waktu yang diperlukan untuk naik dari 10% sampai 90% adalah 126 detik dengan waktu tunda sebesar 72 detik

Kesimpulan

Pada sistem pengendalian suhu digunakan 4 jenis pengendali yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan memperhatikan unjuk kerja sistem kendali yaitu waktu naik, waktu tunda dan waktu lewatan puncak. Data diambil setiap 6 detik dengan K_{kritis} adalah 2.5 sedang *setpoint* dari $39,35^{\circ}\text{C}$ sampai $42,05^{\circ}\text{C}$. Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengendali hidup-mat diperoleh waktu tunda sebesar 36 detik
2. Pada pengendali P, setpoint yang tak dapat dicapai, sebelum lewatan maksimum mencapai setpoint, sinyal sudah turun kembali, untuk perhitungan parameter-parameter diambil dari harga efektifnya yakni terhadap suhu 41.5°C . diperoleh waktu naik sebesar 114 detik, waktu tunda 102 detik dan lewatan maksimumnya 0.5°C .
3. Dibandingkan dengan pengendali

proporsional, pengendali ini menanggapi secara lebih lambat karena adanya pengendali I yang ditunjukkan dengan meningkatnya waktu naik namun *setpoint* dapat dicapai dimana sinyal naik terus sampai harga *setpoint* dilewati, kemudian setelah melewati lewatan maksimum sebesar 0.75°C , sinyal kembali turun berusaha mendekati *setpoint*, sinyal beresilasi disekitar harga *setpoint*. Waktu yang diperlukan untuk naik dari 10% sampai 90% adalah 130 detik dengan waktu tunda sebesar 104 detik.

4. Dihandingkan dengan pengendali PI, pengendali ini menanggapi secara lebih lambat karena adanya pengendali I, sinyal naik terus sampai harga *setpoint* dilewati, karena adanya faktor D maka sinyal ini dipercepat sehingga tidak melewati *setpoint* terlampaui tinggi dibanding pengendali PI; kemudian setelah melewati lewatan maksimum sebesar 0.6°C , sinyal kembali turun berusaha mendekati *setpoint*, sinyal beresilasi disekitar harga *setpoint* dengan amplitudo yang lebih kecil dibanding pengendali proporsional. Waktu yang diperlukan untuk naik dari 10% sampai 90% adalah 126 detik dengan waktu tunda sebesar 72 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Astrom, K,J, Wittenmark,B, 1990, "Computer Controlled System", Prentice Hall. New Jersey.
- [2]. Derenzo,S,E, 1990, "Interfacing", prentice Hall, New Jersey.
- [3]. Gunterus,F, 1994, "Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses PT Elex Komputindo, Jakarta.
- [4]. Ho,W,K, Hang,C,C, and Zhou,J, 1997, "Self Tuning PID Control of a Plant with UnderDamped Responses with Specifications on Gain and Phase Margin", IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol15, USA.
- [5]. Ogata, K, terjemahan oleh Leksono,E, 1985, "Teknik Kontrol Otomatik", Erlangga, Jakarta.
- [6]. Virks,G,S, Cheung,J,M and Loveday,D,I, 1991, "The Development of Adaptive Control for Building

Energy Management Systems", IC-Control, Ukraina.

[7]. Zack,R, Lesia,A, terjemahan oleh Nasution,S,H, 1993, "Teknik Perantaraan Mikroprosesor", Erlangga, Jakarta