

DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONTROLER *PROPORTIONAL, INTEGRAL, DIFERENSIAL* (PID) DIGITAL DENGAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) PADA MODUL TRAINER *ANALOG CONTROL SYSTEM ACS-1000* DI LAB. PENGATURAN PRODI TEKNIK ELEKTRONIKA PNUP

Kifaya¹⁾, Chaerur Rijal²⁾

^{1,2)}*Dosen Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang*

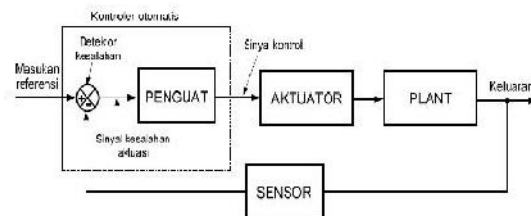
ABSTRACT

The purpose of this research is to design a module of Integral Proportional, Integral, Differential (PID) digitally with Human Machine Interface (HMI) as the development of Analog Control Trainer Analog Control System (ACS-1000) and several other plant regulation systems that have been used in the Laboratory of Regulatory Systems, Prodi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang. With the development of analog trainer to digital trainer form, it is expected to make it easier for Electronic Engineering students (especially in Ujung Pandang State Polytechnic) to learn the practice of regulatory system and be able to keep pace with technological developments in which today's controllers have generally been digital. In testing the digital controller P is given V_{in} a sinusoidal signal or square signal with amplitude 1 Volt and frequency 4Hz then obtained display signal V_{out} seen on digital oscilloscope V_{out} value equal to result. In Controller I and D digital V_{in} given a square signal with amplitude 1 Volt and 4Hz frequency then obtained the results seen on the digital oscilloscope V_{out} value equal to the results. In testing the input module V_{in} -1.5 Volt with the square signal type with the changed frequency then obtained error output voltage V_{out} of 1.3 % and error frequency of 1.5 %

Keywords: *Digital Controller, Digital PID, Human Machine Interface*

1. PENDAHULUAN

Modul trainer *Analog Control System ACS-1000* merupakan trainer system pengaturan berbasis analog. Kelemahan dari trainer analog ini adalah susahnya proses penalaan parameter K_p , K_i , maupun K_d dikarenakan proses penalaan ini menggunakan potensio analog, sehingga tanggapan respon *output* sistem *plant* yang dihasilkan tidak sesuai dengan teori. Trainer *Analog Control System ACS-1000* adalah suatu trainer system pengaturan berbasis analog. Kelemahan dari trainer analog ini pada proses penalaan parameter K_p , K_i , maupun K_d . Kelemahan ini terjadi dikarenakan proses penalaan menggunakan potensio analog, sehingga tanggapan respon *output* sistem *plant* yang dihasilkan tidak sesuai dengan teori



.Gambar. 1. Blok diagram system pengaturan

Kontroler mendeteksi sinyal kesalahan aktuasi, yang biasanya mempunyai tingkat daya sangat rendah, dan memperkuatnya menjadi tingkat yang tingginya mencukupi. Kontroler otomatis terdiri dari detektor kesalahan dan penguat atau amplifier. Seringkali rangkaian umpan balik yang sesuai, bersama dengan penguat, digunakan untuk mengubah sinyal kesalahan aktuasi dengan memperkuat dan kadang-kadang dengan diferensiasi dan atau integrasi untuk menghasilkan sinyal kontrol yang lebih baik. Aktuator adalah alat daya yang menghasilkan masukan ke "plant" sesuai dengan sinyal kontrol sedemikian sehingga sinyal umpan balik akan berkaitan dengan sinyal masukan acuan. Keluaran dari kontroler otomatis dimasukkan ke aktuator.

Penelitian ini bermaksud untuk mendesain suatu kontroler PID digital (kontroler P, PI, PD, dan PID) dengan tampilan *Human Machine Interface* (HMI) dan implementasinya pada trainer ACS-1000 yang merupakan trainer praktek Sistem Pengaturan secara analog. Dengan demikian hasil penelitian ini mengupgrate dan pembaharuan trainer yang ada di Laboratorium Sistem Pengaturan dengan menerapkan

¹ Koresponding : Kifaya, Telp 08529964417, kifayaariana@gmail.com

trainer kontroler PID berbasis digital yang dipadukan dengan trainer ACS-1000. Penelitian sebelumnya Desain dan implementasi sistem kendali PID pada pembebanan kompleks.

2.METODE PENELITIAN

A. Proses Penelitian Awal

1. Proses pengumpulan data dan ketersediaan sarana/prasaran penunjang
2. Proses studi literature
3. Proses studi kelayakan/uji coba awal

B. Proses Perancangan dan Pengujian

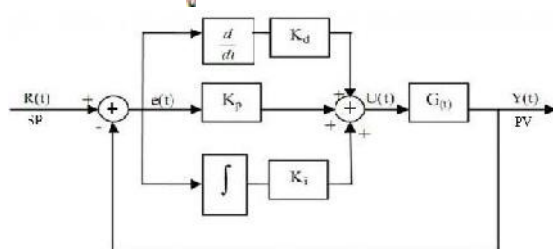
1. Proses pengumpulan bahan
2. Proses perancangan desain
Berdasarkan hasil pengumpulan data akan dirancang beberapa modul kontroler digital dengan desain tampilan HMI tiap-tiap modul kontroler.
3. Proses pembuatan/perakitan
4. Proses pengujian
Pada tahap ini, hasil perancangan kontroler akan disimulasikan pada *plant* pada kondisi ideal dan tanpa pengaruh gangguan. Hasil simulasi tersebut kemudian dianalisis untuk diperoleh performansi sistem secara keseluruhan. Selain itu, pada tahap ini juga akan dibandingkan unjuk kerja kontroler yang didesain dengan unjuk kerja kontroler yang sudah pernah diteliti sebelumnya.
5. Prose umpan balik dan perbaikan.
Pada proses ini, saran dan masukan dari pengguna saat proses uji coba akan diperhatikan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan minor (*bug*) dan untuk semakin meningkatkan kualitas luaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontroler *Proportional-Integral-Derivative* (PID)

Suatu kontroler PID akan menghitung tiga parameter konstanta yang terpisah yaitu nilai konstanta proporsional, integral dan nilai derivative, yang disimbolkan masing-masing dengan K_p , K_i , and K_d . Nilai output proporsional, integral dan derivatif akan dijumlahkan sebagai output dari kontroler PID ini. Berdasarkan definisi output kontroler PID ini, dapat dirumuskan bentuk umum suatu kontroler PID sesuai Persamaan (2.1). Adapun bentuk diagram blok suatu kontroler PID seperti pada gambar 2.

$$U(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) \cdot dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (2.1)$$



Gambar 2. Blok diagram kontrol PID

Berbeda dengan kontrol PID analog yang pengolahannya bersifat kontinyu, Di dalam sistem *digital*, pengolahan sinyal kontrol oleh PID digital pada dasarnya dilakukan pada waktu-waktu diskret. Dalam hal ini konversi sinyal dari analog ke digital, pengolahan sinyal error, sampai konversi balik digital ke analog dilakukan pada interval atau waktu cuplik (*sampling*) – T_c tertentu. Adapun persamaan algoritma kontroler PID digital seperti pada Persamaan (2.3)

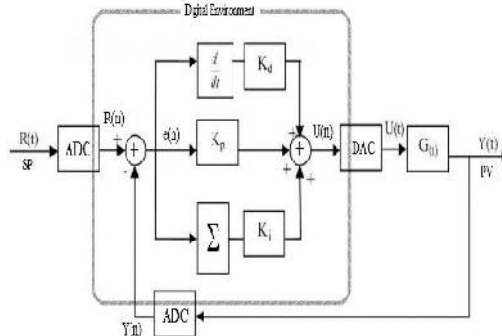
Berdasarkan teorema *Nyquist*, besarnya waktu cuplik yang diperlukan untuk meminimalkan hilangnya sebagian informasi yang dikandung oleh sinyal aslinya (sinyal analog) adalah :

$$F_s = 2 \cdot F_{max} \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana F_{max} adalah frekuensi maksimum perubahan sinyal input. Lebar waktu cuplik yang dipilih/digunakan pada kontrol digital harus jauh lebih kecil dari konstanta waktu proses yang dikontrol, untuk mencegah timbulnya efek *aliasing*

$$U(n) = K_p \cdot e(n) + K_i \cdot T_c \cdot \sum_{k=0}^n e(k) + K_d \cdot \frac{e(n) - e(n-1)}{T_c} \quad 2.3)$$

proses yang dikontrolnya itu sendiri bersifat kontinu atau analog, maka di dalam modul diperlukan perangkat keras tambahan berupa ADC (Analog to Digital Converter) dan DAC (Digital to Analog Converter) yang digunakan sebagai antara muka kontroler digital dengan *plant* proses



Gambar 3. Kontrol PID yang dilengkapi ADC

Lab VIEW dan Kontrol Digital

Untuk membangun Sistem Pengaturan diperlukan dua komponen utama, yaitu:

Hardware:

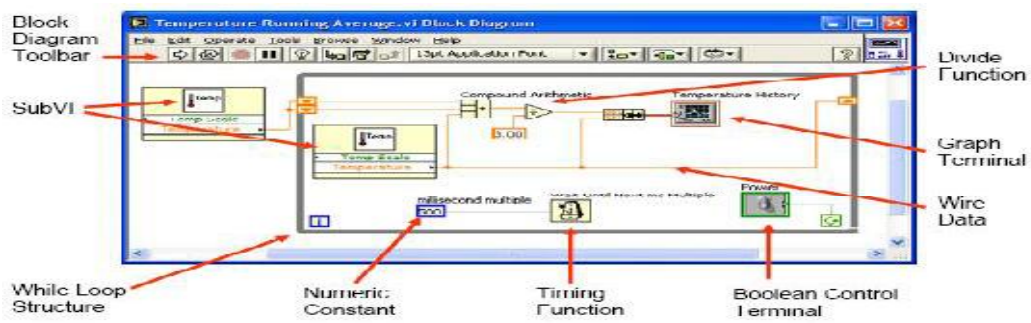
- Kartu akuisisi data (DAQ-card), Serial (RS232, USB), Paralel, dsb
- Hardware akuisisi Image (vision)
- Hardware kontrol Instrumentasi

Software development tool:

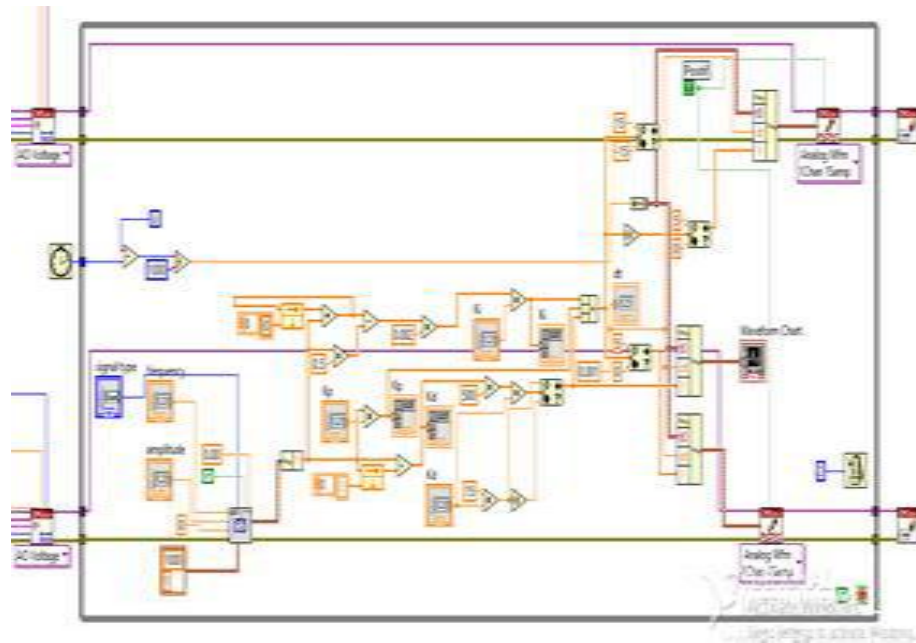
- Software pemrograman (C, CVI/LabWindow, Visual BASIC, Java, Delphi, dan sebagainya)
- LabVIEW

Pada dasarnya hardware digunakan untuk men-digitasi sinyal analog seperti sinyal audio, image atau lainnya. Sedangkan *software* ditujukan untuk mengontrol *hardware*, analisa data dan presentasi hasil.

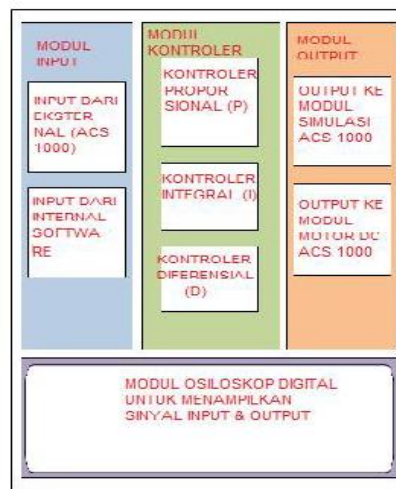
Untuk membuat program pada LabVIEW, digunakan Blok Diagram yang disebut Program VI. Blok diagram ini dijalankan berdasarkan model data flow. Blok diagram akan mengeksekusi bergantung pada aliran data. Dimana block diagram akan dieksekusi dari kiri ke kanan dan tidak untuk sebaliknya. Node akan mengeksekusi pada saat SEMUA data di terminal input tersedia. Nodes akan memberikan data ke semua terminal node berikutnya dan jika telah selesai akan diberikan ke semua terminal output. Berbeda dengan Visual Basic, C++, JAVA, dan bahasa pemrograman lainnya yang berbasis text yang mengikuti model aliran kontrol.



Gambar 4. Tampilan Blok Diagram pada LabVIEW



Gambar 5. Desain rangkaian kontroler P, PI, PD dan PID dengan tampilan HMI



Gambar 6. Blok Tampilan HMI

Modul Output

Pada modul output terdapat instrument berupa indikator gauge yang akan menunjukkan kondisi output dari modul ACS-1000 atau dari output sensor motor DC.

Modul Input

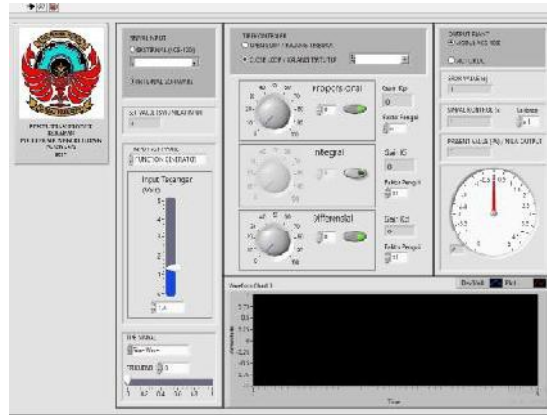
Pada modul input, sumber inputnya dapat berasal dari eksternal yang berarti sumber inputnya dari trainer ACS-1000, atau berasal dari input internal software itu sendiri.

Untuk modul input internal, dapat dipilih 4 jenis tipe input internal, seperti:

1. Input berupa tegangan dari 0 - 5 volt
2. Input berupa kecepatan putaran motor (rpm)
3. Input berupa sudut posisi piringan motor (-359 sampai 360 derajat)
4. Sumber input berupa fungsi kontiyu dari function generator, yang dapat membangkitkan tipe sinyal sinusoidal, sinyal kotak, sinyal segitiga dengan frekuensi dan amplitude yang diinginkan.

Pada modul kontroler

Pada modul kontroler terdapat 3 tipe kontroler yaitu tipe P, I, dan D. Setiap modul kontroler ini dapat diaktifkan secara terpisah akan bekerja dalam konfigurasi paralel. Jika diinginkan tipe kontroler PI maka dapat mengaktifkan kontroler P dan I dan menonaktifkan kontroler tipe D. Demikian juga untuk kontroler tipe PD maka modul tipe P dan D yang aktif dan tipe I yang dinonaktifkan.



Gambar 7. Tampilan antar muka HMI

Pengujian Modul Kontroler P, I dan D

Untuk mengamati modul kontroler maka tiap kontroler diuji secara terpisah tanpa menggunakan umpan balik. Adapun pengujian tiap-tiap jenis kontroler adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Kontroler Proporsional

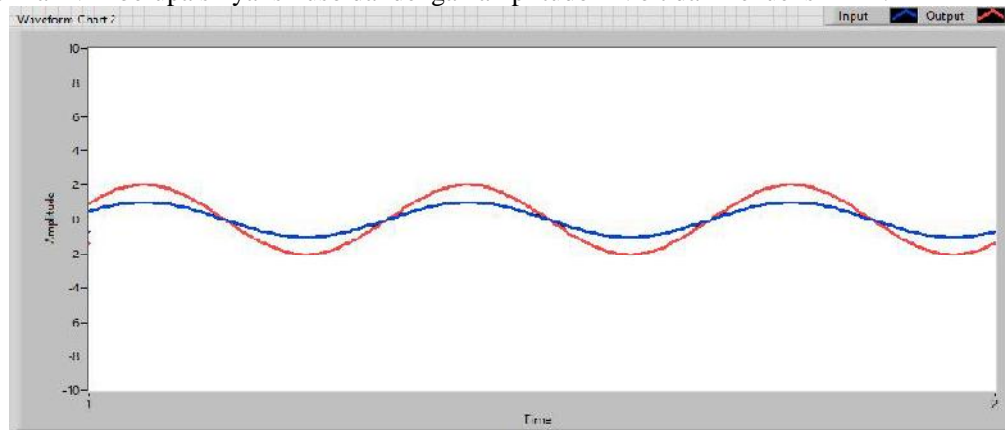
Suatu kontroler proporsional memenuhi persamaan:

$$V_{out} = K_p * V_{in}$$

Dimana K_p adalah gain penguatan proporsional.

a. Sinyal uji berupa Sinusoidal

Jika diberikan V_{in} berupa sinyal sinusoidal dengan amplitudo 1 Volt dan frekuensi 4Hz .



Gambar 8. Untuk $K_p = 2$

Tabel 1. Hasil pengujian output (hasil praktek dan perhitungan) dengan nilai K_p dan tipe sinyal input yang berubah-ubah .

Nilai K_p	Input			Output (praktek)			Output (teori)		
	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal
2	2	4	Sinus	4	4	Sinus	4	4	Sinus
5	2	4	Sinus	10	4	Sinus	10	4	Sinus
10	2	4	Sinus	20	4	Sinus	20	4	Sinus
2	2	4	Persegi	4	4	Persegi	4	4	Persegi
5	2	4	Persegi	10	4	Persegi	10	4	Persegi
10	2	4	Persegi	20	4	Persegi	20	4	Persegi

2. Pengujian Kontroler Integral

Suatu kontroler integral memenuhi persamaan:

$$V_{out} = K_i * \int_{t_0}^{t_1} V_{in} dt$$

Dimana K_i adalah gain penguatan integral.

Jika diberikan suatu sinyal uji berupa gelombang persegi dengan $V_{pp} = 2$ volt dan frekuensi sebesar 4Hz ($t = 0,25s$), sehingga $t_1-t_0 = 0,125s$.

Tabel 2. Hasil pengujian output (hasil praktek dan perhitungan) dengan nilai K_i yang berubah-ubah .

Nilai K_i	Input			Output (praktek)			Output (teori)		
	Vin (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vout (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal
5	1	4	Persegi	0,625	4	Segitiga	0,625	4	Segitiga
10	1	4	Persegi	1,25	4	Segitiga	1,25	4	Segitiga
15	1	4	Persegi	1,875	4	Segitiga	1,875	4	Segitiga

3. Pengujian Kontroler Differensial

Suatu kontroler diferensial memenuhi persamaan:

$$V_{out} = K_d * \frac{d(V_{in})}{dt}$$

Dimana K_d adalah gain penguatan integral.

Jika diberikan suatu sinyal uji berupa gelombang segitiga dengan $V_{pp} = 2$ volt dan frekuensi sebesar 4Hz ($t = 0,25s$), sehingga $(V_1-V_0)/(t_1-t_0) = 0,125s$.

Tabel 3. Hasil pengujian output (hasil praktek dan perhitungan) dengan nilai K_d dan tipe sinyal input yang berubah-ubah .

Nilai K_d	Input			Output (praktek)			Output (teori)		
	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vout (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal
0,1	2	4	Segitiga	1,6	4	Segitiga	1,6	4	Segitiga
0,25	2	4	Segitiga	4	4	Segitiga	4	4	Segitiga
0,5	2	4	Segitiga	8	4	Segitiga	8	4	Segitiga
0,005	2	4	Persegi	5	4	Impuls		4	Impuls

4. Pengujian Modul Input

Tabel 4. Hasil pengujian modul input (hasil praktek dan perhitungan) dengan nilai frekuensi berubah-ubah .

Sinyal dibangkitkan			Sinyal Output (praktek)			Sinyal Output (teori)		
Vin (volt)	Frekuensi (Hz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (mHz)	Tipe Sinyal	Vpp (volt)	Frekuensi (mHz)	Tipe Sinyal
1,5	1	Persegi	3,04	958.5	Persegi	3	1000	Persegi
1,5	0.8	Persegi	3,04	806.7	Persegi	3	800	Persegi
1,5	0.6	Persegi	3,04	604.8	Persegi	3	600	Persegi
1,5	0.4	Persegi	3,04	401.6	Persegi	3	400	Persegi
1,5	0.2	Persegi	3,04	204.7	Persegi	3	200	Persegi
1,5	0.1	Persegi	3,04	100.7	Persegi	3	100	Persegi

4. KESIMPULAN

1. Pada kontroler P dengan nilai K_p yang berubah – ubah untuk sinyal uji berbentuk gelombang sinusoidal maupun gelombang persegi dengan $V_{in} = 1$ Volt ,frekuensi 40 Hz diperoleh bentuk gelombang keluaran yang memiliki nilai $V_{out} = K_p * V_{in}$ (Besar tegangan keluaran V_{out} yang diperoleh sama dengan hasil perhitungan)
2. Pada kontroler I dan D dengan nilai konstanta yang berubah – ubah K_i dan K_d untuk sinyal uji berbentuk gelombang persegi dengan $V_{in} = 1$ Volt ,frekuensi 40 Hz diperoleh bentuk gelombang keluaran yang memiliki nilai yang sesuai dengan perhitungan.
3. Pada pengujian modul input diperoleh error frekuensi hasil praktek sebesar 1,5 %.dan error tegangan keluaran V_{out} sebesar 1,3 %

5. DAFTAR PUSTAKA

- Katsuhiko Ogata. “*Teknik Kontrol Automatik*” – terjemahan: Ir. Edi Laksono, Erlangga, Jakarta, 2000
- Katsuhiko Ogata. “*Discrete-Time Control Systems (2nd Edition)*”. Prentice Hall, 2002.
- Kuo, Benjamin C. 1982. “*Automatic Control System*”. Prentice Hall.
- Sastra Kusuma Wijaya, “*Pengenalan Instrumentasi Maya*”, Diktat Kuliah Instrumentasi Maya, Universitas Indonesia.