

SAINS TEKNOLOGI DAN REKAYASA

LAPORAN PENELITIAN DOSEN PEMULA

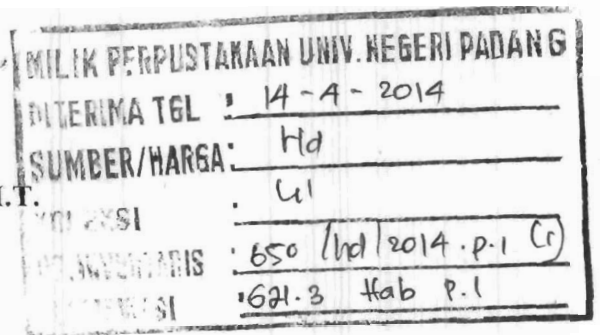


MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Pemodelan Respon Kecepatan Motor Servo DC Feedback MS-150
Menggunakan Metoda Identifikasi Dinamis dengan sinyal uji PRBS

Oleh:

Habibullah, S.Pd., M.T.



Penelitian ini dibiayai oleh:

DIPA Universitas Negeri Padang sesuai dengan surat perjanjian
Pelaksanaan Penelitian Dosen Muda DIPA tahun Anggaran 2012
No. 439/UN35.2/PG/2012, tanggal 25 Juli 2012

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
DESEMBER 2012

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN DOSEN PEMULA**

1. Judul Penelitian : Pemodelan Respon Kecepatan Motor Servo DC Feedback MS-150 Menggunakan Metoda Identifikasi Dinamis dengan sinyal uji PRBS
2. Bidang Ilmu : Rekayasa (Teknik Sistem Pengaturan)
3. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Habibullah ,S.Pd, M.T
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 19820920 200812 1 001
 - d. Disiplin Ilmu : Teknik Sistem Pengaturan (Control System)
 - e. Pangkat/Golongan : Penata Muda /III.a
 - f. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
 - h. Alamat : Jl. Prof Dr HAMKA
 - i. Telp/Fax/Email : 0751-445998
 - j. Alamat Rumah : Jl. SMAN 8 Padang No. 11
 - k. Telp/Fax/Email : 081363108543/ hbullah@gmail.com
4. Jumlah Anggota Peneliti : - orang
Nama Anggota
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Sistem Kontrol
Jurusan Teknik Elektro FT-UNP
- Biaya Penelitian : Rp 7.470.000,-
Terbilang : Tujuh juta empat ratus tujuh puluh ribu rupiah,-

Mengetahui/Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Dr. Ganefri, M.Pd., Ph.D
NIP. 19631217 198903 1 003

Padang, 13 Desember 2012
Ketua Peneliti,


Habibullah, S.Pd, M.T
NIP. 19820920 200812 1 001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang


Dr. Alwen Bentri, M.Pd
NIP. 19610722 198602 1 002

Pemodelan Respon Kecepatan Motor Servo DC Feedback MS-150 Menggunakan Metoda Identifikasi Dinamis dengan sinyal uji PRBS

Bidang Ilmu: Sains Teknologi dan Rekayasa (Konsentrasi Sistem Kendali)

ABSTRAK

Motor servo DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak dipakai di industri. Pemakaian motor servo DC memiliki keuntungan antara lain: harga relatif murah, konstruksi sederhana, mudah dalam operasi pengendalian dan perawatannya lebih mudah. Bentuk operasi yang sering dipakai untuk motor servo DC di industri adalah operasi kecepatan terkendali dan operasi kendali posisi. Untuk memperoleh aksi kendali sesuai kriteria disain, diperlukan informasi tentang karakteristik sistem yang dikendalikan (*plant*). Upaya untuk memperoleh *plant* model (*model plant*) lebih sering dikenal dengan istilah identifikasi. Semakin banyak informasi dari karakteristik *plant* maka model yang diperoleh akan semakin mendekati karakteristik *plant* yang sesungguhnya (*real plant*). Penelitian ini merupakan upaya untuk memperoleh informasi karakteristik *plant* yang lebih kompleks, sehingga akan diperoleh respon *plant* model yang mendekati dengan respon *plant* yang sesungguhnya. Dalam penelitian ini akan dimodelkan respon kecepatan Motor Servo DC Feedback MS-150 menggunakan metoda identifikasi dinamis dengan sinyal uji PRBS.

Kata kunci: motor servo DC, identifikasi, sinyal uji PRBS

RINGKASAN

Pada industri motor servo DC digunakan untuk berbagai keperluan, terutama untuk mengoperasikan peralatan-peralatan yang bergerak. Untuk memenuhi kebutuhan, maka pengoperasian motor servo DC diatur dalam berbagai bentuk pengontrolan. Bentuk operasi yang sering dipakai untuk motor servo DC di industri adalah operasi kecepatan terkendali dan operasi kendali posisi.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh model matematik dari Motor Servo DC Feedback MS-150 dengan metoda identifikasi, identifikasi statis dan identifikasi dinamis. Dengan demikian diperoleh dua model matematik dari sistem Servo DC Feedback MS-150. Identifikasi statis merupakan metoda memperoleh model matematik dari respon suatu sistem proses yang diberi sinyal uji *step*. Adapun identifikasi dinamis, merupakan metoda memperoleh model matematik dari respon sistem proses dengan memberikan sinyal uji acak. Dalam penelitian ini dipilih sinyal uji acak PRBS (*Pseudo Random Binary Sequence*). Sinyal uji PRBS merupakan sinyal uji acak tiruan yang memiliki spektrum frekuensi yang luas. Dengan demikian sistem proses yang diberi sinyal uji PRBS akan memberikan respon yang lebih kompleks, sehingga respon model matematik yang diperoleh lebih mendekati respon sistem yang sesungguhnya (*real plant response*).

Hasil identifikasi yang didapatkan dengan dua metoda tersebut kemudian dibandingkan respon sistemnya dan terlihat bahwa respon sistem dengan metode identifikasi dinamis dengan sinyal uji PRBS lebih baik dibandingkan respon sistem dengan metode identifikasi statis.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pemodelan Respon Kecepatan Motor Servo DC Feedback MS-150 Menggunakan Metoda Identifikasi Dinamis dengan Sinyal Uji PRBS*, sesuai dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dosen Pemula Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2012 Nomor: 440/UN35.2/PG/2012 Tanggal 25 Juli 2012.

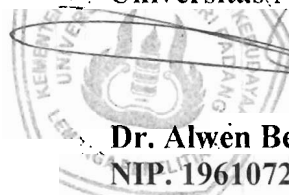
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim perevisi Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberikan dukungan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang baik selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2012
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP. 19610722 198602 1 002

PENGANTAR

Segala pujian dan segenap rasa syukur hanya pantas diutarakan kepada Allah SWT, tuhan yang memiliki semua ilmu. Karena izin dan karunia-Nya jumlah penelitian yang berharga ini dapat diupayakan dan diselesaikan dengan baik sesuai dengan yang direncanakan.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model matematik dari sistem Motor Servo DC Feedback MS-150 yang banyak digunakan dalam menggambarkan karakteristik kecepatan motor di industri. Pemodelan dilakukan dengan metoda identifikasi statis dan identifikasi dinamis.

Peneliti menyadari laporan penelitian ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik dan lebih bermanfaat dimasa yang akan datang, peneliti meminta kritikan dan saran dari para pembaca.

Atas bantuan dari semua pihak yang mendukung terlaksananya penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih.

Padang, Desember 2012

Peneliti,



Habibullah.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN	i
LEMBARAN PENGESAHAN IDENTITAS PENELITIAN	ii
ABSTRAK	iii
RINGKASAN	iv
PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	2
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	14
BAB IV METODE PENELITIAN	16
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	20
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pembangkitan Panjang Maksimum PRBS	7
Tabel 2. Fungsi Pin-pin pada terminal DB25 <i>parallel port</i>	12
Tabel 3. Alamat <i>Parallel Port</i>	13
Tabel 5.1 Hasil Pengujian DAC	21
Tabel 5.2 Hasil Pengujian ADC	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Motor DC Penguatan Terpisah	2
Gambar 2. Kelengkapan sistem servo MS150	3
Gambar 3. Pembangkitan PRBS Panjang $2^{10}-1=1023$ Periode <i>Sampling</i>	7
Gambar 4. Pemilihan Durasi Maksimum Pulsa PRBS	8
Gambar 5. Pembangkitan Proses <i>Random</i> ARX	10
Gambar 6. Rangkaian ADC	11
Gambar 7. Rangkaian DAC0808	11
Gambar 8. Konfigurasi pin terminal DB 25	12
Gambar 9. Diagram blok identifikasi dinamis sistem servo MS150	16
Gambar 10. Diagram fisik sistem identifikasi dinamis	16
Gambar 11. Diagram Alir Algoritma pembangkitan sinyal uji PRBS 10 BIT ..	18
Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian DAC	21
Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian ADC	23
Gambar 5.3 Tampilan <i>Software</i> Identifikasi	24
Gambar 5.4 Respon kecepatan untuk identifikasi statis	25
Gambar 5.5 Respon kecepatan untuk identifikasi dinamis	27
Gambar 5.6 Respon kecepatan terhadap sinyal PRBS yang diperbesar	28

BAB I PENDAHULUAN

Motor servo DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak dipakai di industri. Pemakaian motor servo DC memiliki keuntungan antara lain: harga relatif murah, konstruksi sederhana, mudah dalam operasi pengendalian dan perawatannya lebih mudah.

Pada industri motor servo DC digunakan untuk berbagai keperluan, terutama untuk mengoperasikan peralatan-peralatan yang bergerak. Untuk memenuhi kebutuhan, maka pengoperasian motor servo DC diatur dalam berbagai bentuk pengontrolan. Bentuk operasi yang sering dipakai untuk motor servo DC di industri adalah operasi kecepatan terkendali dan operasi kendali posisi.

Untuk memperoleh aksi kendali sesuai kriteria disain, diperlukan informasi tentang karakteristik sistem yang dikendalikan (*plant*). Upaya untuk memperoleh *plant* model (*model plant*) lebih sering dikenal dengan istilah identifikasi. Salah satu cara sederhana dan sering digunakan untuk mengidentifikasi model suatu *plant* adalah melalui analisa respon tangga. Informasi yang dapat ditentukan dengan metode ini adalah *delay time*, *static gain* dan *time constant*. Analisa respon tangga dikategorikan sebagai metoda identifikasi statis, oleh sebab itu analisa respon tangga tidak cukup untuk mengidentifikasi seluruh dinamika *plant*.

Semakin banyak informasi dari karakteristik *plant* maka model yang diperoleh akan semakin mendekati karakteristik *plant* yang sesungguhnya (*real plant*). Penelitian ini merupakan upaya untuk memperoleh informasi karakteristik *plant* yang lebih kompleks, sehingga akan diperoleh respon *plant* model yang mendekati dengan respon *plant* yang sesungguhnya.

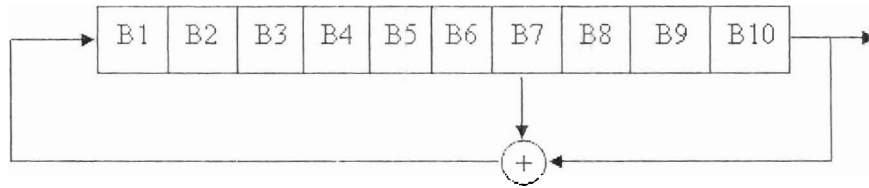
C. Identifikasi Dinamis

Identifikasi dinamis merupakan proses untuk mengetahui karakteristik *plant*. Hal ini dapat diketahui dari model matematis *plant*. Model matematis diperoleh dengan penurunan matematis berdasarkan sifat fisik *plant* atau proses identifikasi. Penurunan model matematis sistem kecepatan motor servo dilakukan dengan identifikasi secara langsung untuk mendapat data *input-output* sistem. Berdasarkan data *input-output* tersebut, diturunkan model matematis untuk disain kontroler.

1. *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS)

PRBS adalah deretan pulsa kotak yang termodulasi lebarnya, menyerupai *white noise* diskrit, sehingga mempunyai spektral yang berisi banyak komponen frekuensi. Deret ini bernama *pseudo random*, karena kenyataannya ditandai dengan panjang deret, dengan variasi lebar pulsa secara *random*, tetapi lebih dari waktu batas, deret ini periodik. Periode didefinisikan oleh panjang deret.

PRBS dibangkitkan oleh *shift register* dengan umpan balik (diimplementasikan pada *hardware* dan *software*). Panjang maksimum deret adalah $2^N - 1$ dengan N adalah jumlah sel pada *shift register*. Gambar 3 menggambarkan pembangkitan PRBS panjang $2^{10} - 1 = 1023$, didapat dengan menggunakan sebuah *shift register* 10 sel. Perhatikan bahwa sekurangnya satu sel dari N sel *shift register* seharusnya mempunyai nilai logika tidak sama dengan nol (satu secara umum membuat semua nilai awal dari N sel sama dengan logika 1. Tabel 1 memberikan aturan panjang maksimum PRBS yang akan dibangkitkan untuk jumlah sel yang berbeda-beda.



Gambar 3. Pembangkitan PRBS Panjang $2^{10}-1=1023$ Periode *Sampling*

Perhatikan bahwa satu karakteristik elemen yang sangat penting dari PRBS adalah durasi maksimum *impuls* PRBS yaitu sama dengan N (jumlah sel). Sifat ini harus dipertimbangkan saat memilih PRBS untuk identifikasi sistem. Untuk identifikasi *gain steady state plant* dengan tepat, durasi dari sekurangnya satu pulsa (durasi maksimum pulsa) harus lebih besar dari *rise time respon plant*. Durasi maksimun pulsa NT_s . Syarat berikut ini mengharuskan :

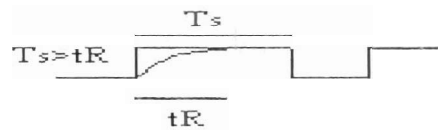
$$N.T_s > t_R \quad (4)$$

Dari syarat di atas, pertama tentukan N dan kemudian panjang deret adalah 2^N-1

Tabel 1. Pembangkitan Panjang Maksimum PRBS (Landu,1990)

JUMLAH SEL (N)	PANJANG DERET ($L=2^N-1$)	BIT YANG DIJUMLAH B_I DAN B_J
2	3	1 dan 2
3	7	1 dan 3
4	15	3 dan 4
5	31	3 dan 5
6	63	5 dan 6
7	127	4 dan 7
8	255	2 (3,4) dan 8
9	511	5 dan 9
10	1023	7 dan 10

Lebih jauh lagi untuk melingkupi seluruh spektrum frekuensi dibangkitkan dengan PRBS tertentu, panjang dari tes harus \leq panjang deret.



Gambar 4. Pemilihan Durasi Maksimum Pulsa PRBS
(Landu, 1990)

Pada banyak kasus, durasi tes L dipilih = panjang deret. Jika durasi tes ditentukan maka harus dipastikan bahwa :

$$(2^N - 1) \cdot T_s < L \quad (5)$$

Perhatikan bahwa syarat tersebut dapat menghasilkan nilai-nilai yang lebih besar dari N yang berhubungan dengan panjang deret dari durasi yang dilarang. Ini karena T terlalu besar atau karena sistem yang diidentifikasi dapat disusun selama durasi tes. Inilah sebabnya mengapa pada banyak situasi praktis, frekuensi *submultiple sampling* dipilih sebagai frekuensi *clock* untuk PRBS. Jika :

$$f_{PRBS} = \frac{f_s}{p}, p = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

maka Persamaan 4 menjadi :

$$p \cdot N \cdot T_s > t_r \quad (7)$$

Pendekatan ini lebih menarik daripada perluasan panjang deret (dengan kenaikan N) untuk memenuhi Persamaan 2.8. Sesungguhnya jika $N = N + 1$, durasi maksimum dari pulsa berubah dari $N \cdot T_s$ menjadi $(N + 1) T_s$, tetapi durasi deret berlipat menjadi $L' = 2L$. Sedangkan jika $f_{PRBS} = \frac{f_s}{2}$ dipilih durasi

maksimum pulsa berubah dari $N.T_s$ menjadi $2N.T_s$ untuk durasi berlipat $L'=2L$.

Dari perbandingan dua pendekatan ini diketahui bahwa pendekatan kedua (pembagian frekuensi) mengijinkan suatu pulsa dengan durasi lebih besar untuk didapatkan pada durasi yang identik dari deret dan dari tes. Jika p adalah *integer* pembagi frekuensi, akan mempunyai kasus pembagian frekuensi *clock* (d_{max} = durasi maksimum pulsa):

$$d_{max} = p.N.T \quad L' = 2L, \quad p=1,2,3\dots \quad (8)$$

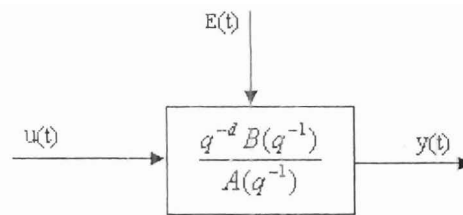
Meningkatkan N dengan $(p-1)$ maka panjang deret tanpa mengubah frekuensi *clock* PRBS akan mengurangi jangkauan frekuensi yang berhubungan dengan kerapatan spektral konstan. Secara umum, ini tidak mempengaruhi kualitas identifikasi karena pada banyak kasus ketika solusi ini dipertimbangkan, *plant* yang diidentifikasi mempunyai *low band pass* atau karena efek atau reduksi dari sinyal atau noise *ratio* pada frekuensi tinggi dapat dikompensasi menggunakan teknik identifikasi yang sesuai.

2. Model Auto Regresive eXogenous (ARX)

Model ARX merupakan model yang digunakan untuk menunjukkan efek dari kontrol dan disturbance pada *output* dari *plant*. ARX artinya proses AR dengan *exogenous* (eksternal) *input*, dalam kasus ini $u(t)$. Pembangkitan proses ARX diilustrasikan sebagai berikut :

$$y(t) = -\sum_{i=1}^n a_i y(t-1) + e(t) \quad (9)$$

Persamaan tersebut dapat ditulis : $A(Q^{-1})y(t)=e(t)$



Gambar 5. Pembangkitan Proses *Random ARX* (Landu,1990)

Dengan $A(Q^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^n a_i Q^{-i}$ merupakan suatu polinomial sehingga semua

akar-akarnya yang terletak dalam unit *circle* ($A(Z^{-1}) = 0 \rightarrow |Z| < 1$).

Struktur model ARX dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$A(Q)y(t) = B(Q)u(t-nk) + e(t) \quad (10)$$

Melalui bantuan *software* Matlab, model ARX diperoleh menggunakan estimasi dengan metode *least square*. Dengan

$$A(Q) = 1 + a_1 Q^{-1} + \dots + a_n Q^{-n},$$

dan

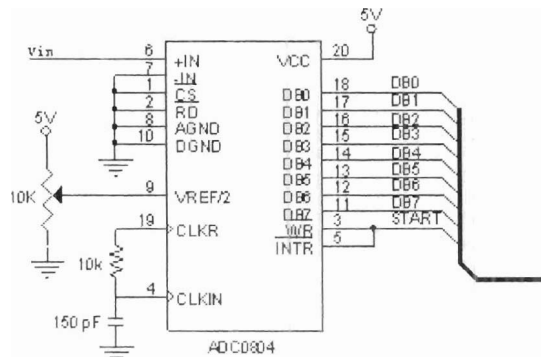
$$B(Q) = 1 + b_1 Q^{-1} + \dots + b_n Q^{-n}.$$

D. Konversi Analog ke Digital

Konversi Analog ke Digital atau ADC (*Analog to Digital Converter*) yang digunakan adalah ADC0804. ADC ini termasuk konverter A/D jenis *Successive Approximation Register (SAR)*, dengan waktu konversi 100 μ s, memiliki *input* untuk tegangan diferensial *analog* (V_{in+} dan V_{in-}), *on-chip clock generator* (*clock internal*), dan memiliki jumlah data *output* sebanyak 8 bit sehingga resolusi yang dihasilkan untuk tegangan referensi sebesar 5 Volt adalah 19,6 mVolt.

Rangkaian resistor dan kapasitor pada *pin* CLK IN dan CLK R digunakan sebagai *self clocking* pada A/D, di mana :

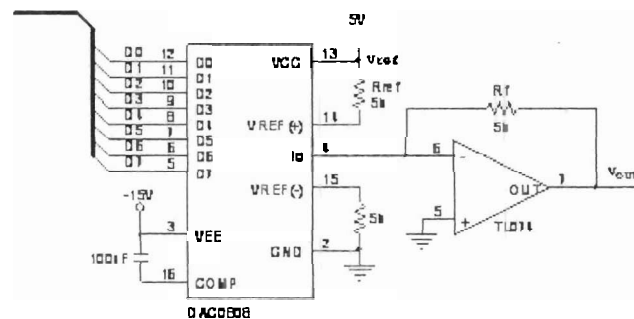
$$f_{CLK} \cong \frac{1}{1,1RC} \quad (11)$$



Gambar 6. Rangkaian ADC (Johnson, 2003)

E. Konversi Digital ke Analog

DAC yang digunakan adalah DAC0808 merupakan DAC 8-bit yang dapat diantarmukakan secara langsung dengan IC TTL maupun CMOS. Keluaran DAC ini berupa arus listrik sehingga diperlukan rangkaian konversi arus ke tegangan.



Gambar 7. Rangkaian DAC0808 (Johnson, 2003)

Besar tegangan keluaran V_{out} pada rangkaian Gambar 7 adalah :

$$V_{out} = \frac{V_{ref} \cdot R_f}{R_{ref}} \left(\frac{D_7}{2} + \frac{D_6}{4} + \frac{D_5}{8} + \frac{D_4}{16} + \frac{D_3}{32} + \frac{D_2}{64} + \frac{D_1}{128} + \frac{D_0}{256} \right) \quad (12)$$

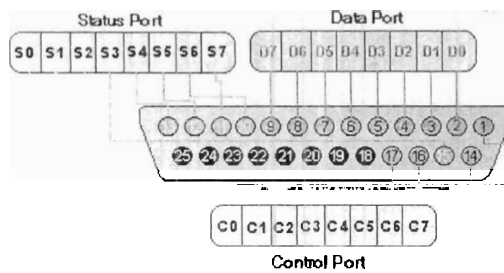
V_{out} maksimum terjadi ketika semua *bit* (D0-D7) bernilai '1', sehingga

$$V_{out}(\max) = \frac{V_{ref} \cdot R_f}{R_{ref}} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right)$$

$$V_{out}(\max) = \frac{0,996 V_{ref} \cdot R_f}{R_{ref}} \approx \frac{V_{ref} \cdot R_f}{R_{ref}} \quad (13)$$

F. Parallel Port

Parallel Port merupakan salah satu port yang tertanam pada sebuah motherboard. Port ini menggunakan terminal DB 25. Konfigurasi pin-pin *parallel port* DB25 ditunjukkan oleh Gambar 8.. Penjelasan masing-masing fungsi ditunjukkan oleh Tabel 3.



Gambar 8. Konfigurasi pin terminal DB 25

Tabel 2. Fungsi Pin-pin pada terminal DB25 *parallel port*

No Pin	Sinyal	Fungsi	Register	Inverted
1	nStrobe	In/Out	Control	Ya
2	Data 0	Out	Data	
3	Data 1	Out	Data	
4	Data 2	Out	Data	
5	Data 3	Out	Data	
6	Data 4	Out	Data	
7	Data 5	Out	Data	
8	Data 6	Out	Data	
9	Data 7	Out	Data	
10	nAck	In	Status	

11	Busy	In	Status	Ya
12	Paper-Out / Paper-End	In	Status	
13	Select	In	Status	
14	nAuto-Linefeed	In/Out	Control	Ya
15	nError / nFault	In	Status	
16	nInitialize	In/Out	Control	
17	nSelect-Printer / nSelect-In	In/Out	Control	Ya
18 – 25	Ground	Gnd		

Tabel 2 menggunakan huruf n didepan nama sinyal untuk menyatakan bahwa sinyal tersebut aktif rendah. Isitilah "inverted" artinya sinyal dibaca oleh pin tersebut secara hardware berlawanan. Jika tegangan +5 v(logika 1) diberikan pada bit 7 register status, pin tersebut akan memberikan logika 0.

Keluaran Parallel *port* adalah level logika TTL. Level tensangannya rendah (+5 volt). Arus yang dapat diperoleh atau diumpankan sekitar 12 mA. *Parallel Port* mempunyai tiga alamat dasar. Ini diperlihatkan pada Tabel 3, dimana alamat-alamat ini bisa dirubah menggunakan BIOS.

LPT1 adalah alamat dasar 378h, sedangkan LPT2 ditugaskan 278h. Huruf kecil "h" menandakan alamat dalam heksadesimal. Alamat ini bisa ubah dari mesin ke mesin.

Tabel 3. Alamat *Parallel Port*

Alamat	Catatan
3BCh - 3BFh	Digunakan untuk port parallel yang tidak terbagung pada kartu video – tidak mendukung alamat ECP
378h - 37Fh	Umumnya alamat untuk LPT 1
278h - 27Fh	Umumnya alamat untuk LPT 2

BAB III

TUJUAN, LUARAN, DAN KONTRIBUSI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang dan membuat rangkaian *interface* untuk keperluan identifikasi dinamis respon kecepatan motor servo DC.
2. Merancang perangkat lunak untuk menghasilkan sinyal uji PRBS dan perangkat lunak akuisisi data untuk mencatat respon kecepatan motor servo DC.
3. Memperoleh model matematik untuk respon kecepatan motor servo DC.
4. Membandingkan respon sistem dari model matematik yang diperoleh dari penurunan persamaan fisik dengan model matematik yang diperoleh dari hasil identifikasi dinamis

B. Luaran Penelitian

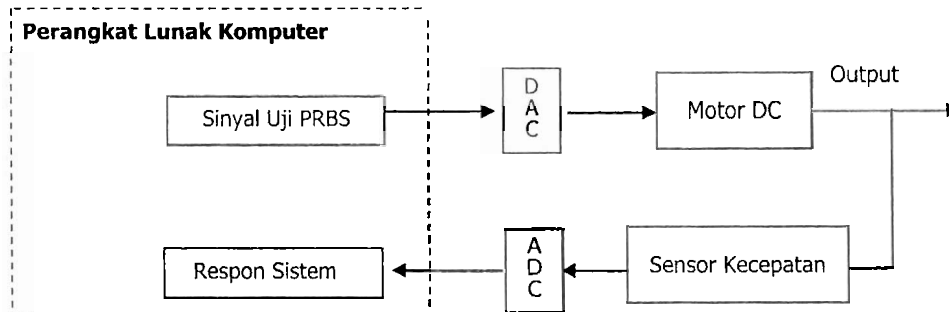
1. *Software* akuisisi data dan *interfacing hardware* bermanfaat untuk identifikasi sistem yang lain seperti untuk *plant* model untuk respon posisi motor servo, respon temperatur dan respon level untuk pengendalian sistem proses.
2. Tersedia rangkaian *interfacing* untuk menerapkan algoritma-algoritma pengendalian tingkat lanjut berbasis PC.

C. Kontribusi Penelitian

1. Memperoleh *plant* model untuk respon kecepatan motor servo DC yang dapat digunakan untuk analisis *plant* dan perancangan algoritma kontrol tingkat lanjut.
 2. Sebagai *plant* model dalam rekayasa algoritma kontroler pada pembelajaran sistem kendali (DIII), pengaturan otomatis (DIV) dan sistem pengaturan (S1).
-

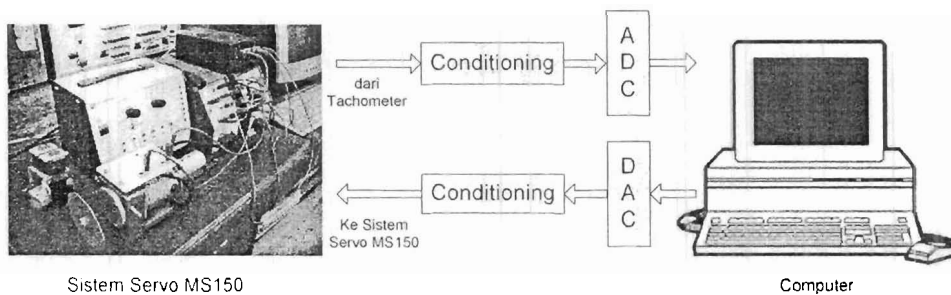
BAB IV METODE PENELITIAN

Penelitian yang diusulkan ini menggunakan pendekatan metoda eksperimen. Untuk mewujudkan tujuan penelitian ini dilakukan perancangan penelitian sebagaimana Gambar 9.



Gambar 9. Diagram blok identifikasi dinamis sistem servo MS150

Diagram fisik dari sistem identifikasi dinamis diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram fisik sistem identifikasi dinamis

Realisasi rancangan penelitian yang dipergakan pada Gambar 9 dan Gambar 10 dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

A. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk menggali informasi yang diperlukan dalam mewujudkan penelitian yang telah dirancang, diantaranya :

- a. Studi pustaka tentang teknik komunikasi menggunakan port paralel komputer
- b. Studi pustaka teknik antarmuka antara komputer dan sistem yang diidentifikasi.
- c. Studi pustaka tentang aplikasi sinyal uji PRBS dalam identifikasi dinamis serta teknik pemrogramannya.

B. Perancangan perangkat keras

Penelitian ini merancang *hardware* yang diperlukan dalam proses pengendalian berdasarkan Gambar 10 dan terdiri dari :

- a. Perancangan Rangkaian ADC

Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah tegangan analog dari sensor kecepatan menjadi tegangan digital agar diproses di komputer. Rangkaian ADC yang akan dibuat diperagakan pada Gambar 6.

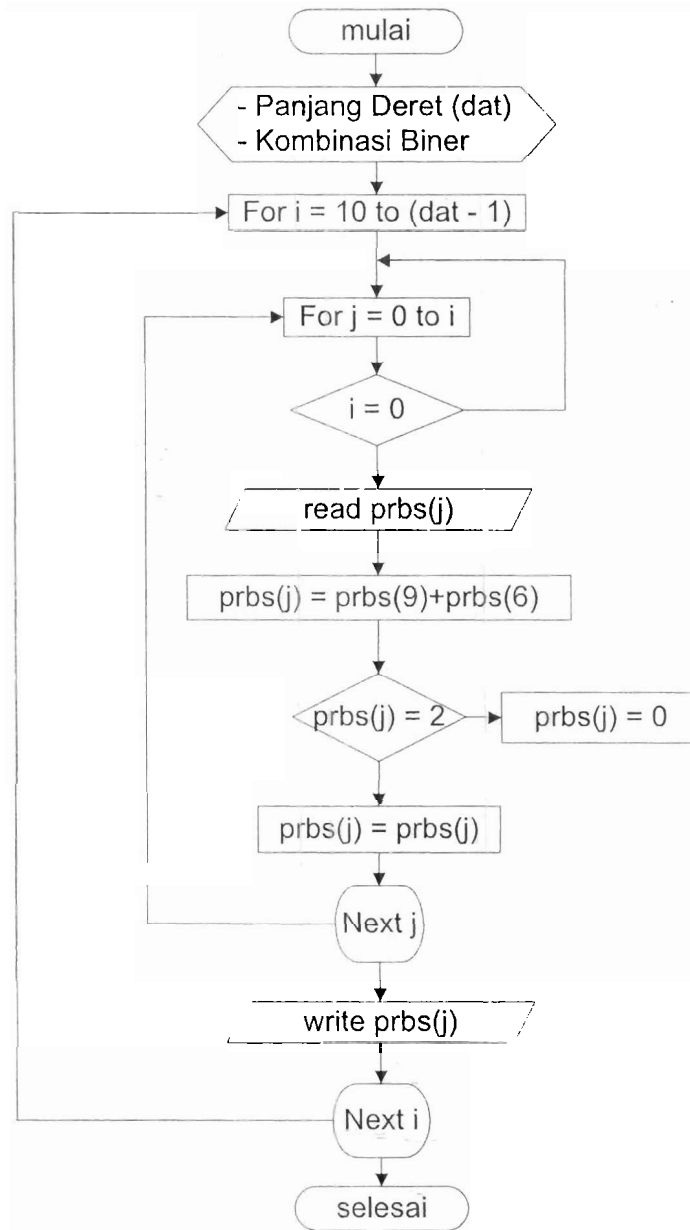
- b. Perancangan Rangkaian DAC

Fungsi rangkaian ini adalah mengubah tegangan digital dari komputer menjadi tegangan analog sebagai sinyal masukan bagi motor DC. Rangkaian ADC diperlihatkan pada Gambar 7.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Ada dua bagian utama perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini, pertama program membangkitkan sinyal uji *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS) dan yang kedua program akuisisi data menggunakan rangkaian *interface*.

Dalam penelitian ini panjang deret sinyal PRBS yang digunakan adalah 10-bit, sebagai yang telah dijelaskan pada Algoritma perangkat lunak untuk membangkitkan sinyal uji PRBS diilustrasikan dengan diagram alir yang diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Algoritma pembangkitan sinyal uji PRBS 10 BIT

D. Pengujian

Beberapa pengujian yang akan dilakukan adalah uji linieritas konversi data ADC dan DAC. Dari data respon kecepatan yang diperoleh, dilakukan pemodelan dengan bantuan *system identification toolbox* dari Matlab. Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah menguji dan membandingkan respon *plant* model dengan respon *plant* sesungguhnya.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dengan waktu yang direncanakan selama 6 bulan (mulai bulan April 2012 sampai dengan bulan September 2012).

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Umum

Bab ini membahas perbandingan respon pemodelan metoda statis dengan respon pemodelan metoda dinamis menggunakan bantuan software Matlab. Agar hal tersebut dapat dilakukan dengan baik, maka perlu dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen yang digunakan dalam pengujian kecepatan motor DC tersebut. Pengujian dilakukan pada *hardware* dan *software*. Keberhasilan pengujian tiap blok memberikan jaminan bagi keberhasilan pemodelan sistem.

B. Pengujian *Hardware*

Pengujian *hardware* atau perangkat keras dilakukan tiap blok untuk memastikan, tiap blok *hardware* bekerja sesuai dengan desain yang diharapkan. Adapun alat yang digunakan dalam pengujian adalah;

1. Komputer Pentium III 700 Mhz
2. Catu Daya
3. Kabel Komunikasi Paralel Port
4. Multimeter Sunwa YX-360Tre
5. *System Servo DC Feedback MS-150*
6. Rangkaian Interface ADC-DAC

1. Pengujian DAC

Prosedur Pengujian

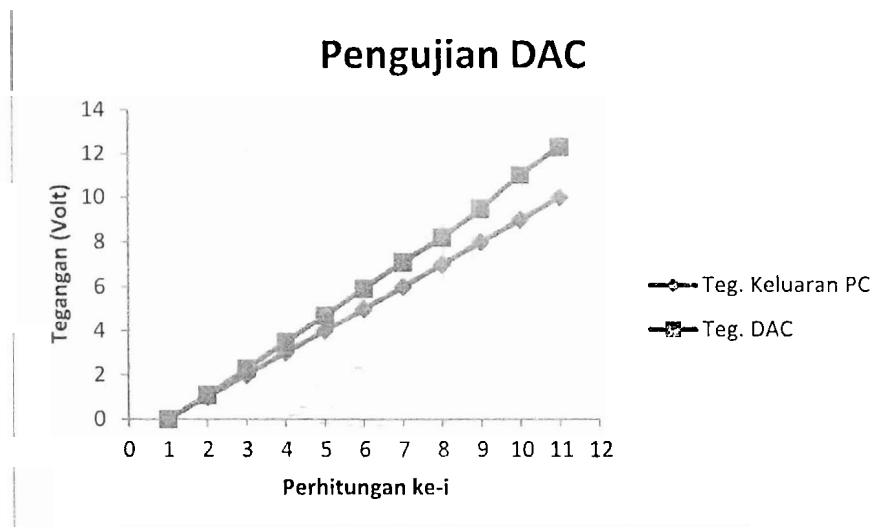
- a. Hubungkan Kabel parallel ke Komputer dan rangkaian DAC

- b. Melalui *software* pengujian (Gambar 5.1), berikan tegangan keluar komputer sebesar 0 volt.
- c. Ukur keluaran DAC menggunakan multimeter dan catat hasilnya
- d. Ulangi langkah 2-3 untuk tegangan 1 sampai 10 volt.

Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 5.1 dan Gambar 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian DAC

No	Tegangan Keluar PC (volt)	Tegangan DAC (volt)	Error	% error
1	0	0	0	0
2	1	1.1	0.1	10.00
3	2	2.27	0.27	13.50
4	3	3.48	0.48	16.00
5	4	4.7	0.7	17.50
6	5	5.92	0.92	18.40
7	6	7.1	1.1	18.33
8	7	8.2	1.2	17.14
9	8	9.49	1.49	18.63
10	9	11.03	2.03	22.56
11	10	12.32	2.32	23.20
	Total % Kesalahan			15.93



Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian DAC

Berdasarkan tabel 5.1, diperoleh informasi bahwa % kesalahan pengkonversian DAC adalah 15,93 %. Sedangkan dari gambar 5.1, diketahui bahwa DAC cukup linier dalam melakukan konversi tegangan. Dengan demikian, berdasarkan data hasil pengujian, DAC dapat digunakan untuk memberikan sinyal uji step untuk identifikasi statis dan mengumpankan sinyal uji PRBS untuk identifikasi dinamis.

2. Pengujian ADC

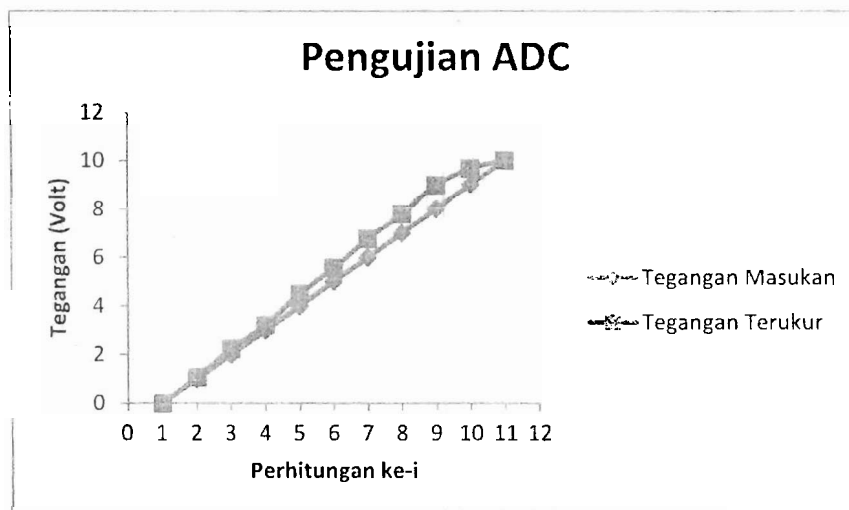
Pengujian ADC ditujukan untuk mengamati linieritas konversi dari tegangan analog yang dicatukan dengan tegangan digital yang ditampilkan pada monitor komputer. Prosedur pengujian ADC ini dapat dikelaskan pada langkah-langkah berikut:

1. Hubungkan Kabel *parallel* ke Komputer dan rangkaian ADC
2. Hubungkan Catu daya ke rangkaian ADC
3. Hidupkan catu daya dan Jalankan *software* akuisisi data (Gambar 5.3)
4. Berikan tegangan masukan ke ADC 0 volt melalui catu daya variabel.
5. Amati dan catat hasilnya pada layar monitor. Melalui *software* pengujian, berikan tegangan keluar komputer sebesar 0 volt .
6. Ulangi langkah 4-5 untuk tegangan 1 sampai 10 volt.

Hasil pengujian ditunjukkan oleh tabel 5.2 dan gambar 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian ADC

No	Tegangan Masukan ADC (volt)	Tegangan Terbaca (volt)	Error	% error
1	0	0	0	0
2	1	1.07	0.07	7.00
3	2	2.24	0.24	12.00
4	3	3.22	0.22	7.33
5	4	4.50	0.5	12.50
6	5	5.57	0.57	11.40
7	6	6.77	0.77	12.83
8	7	7.80	0.8	11.43
9	8	8.97	0.97	12.13
10	9	9.67	0.67	7.44
11	10	10	0	0
Total % Kesalahan				8.55



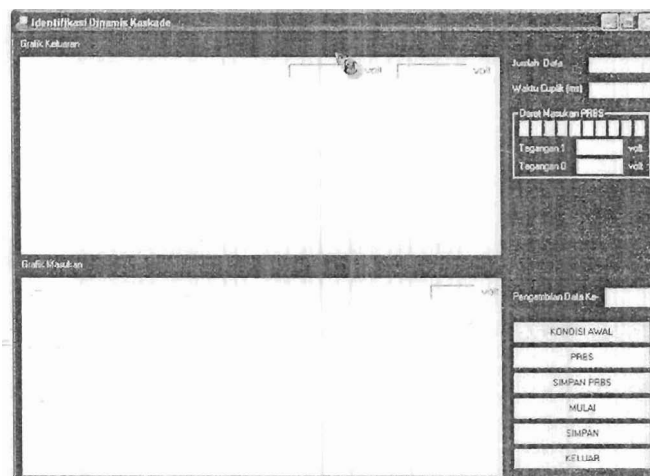
Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian ADC

Berdasarkan Tabel 5.2, diperoleh informasi bahwa % kesalahan pengkonversian ADC adalah 8.55 %. Sedangkan dari Gambar 5.1, diketahui bahwa ADC cukup linier dalam melakukan konversi tegangan. Dengan demikian, berdasarkan data hasil pengujian, ADC dapat digunakan dalam akuisisi data kecepatan motor DC servo.

3. Identifikasi Statis

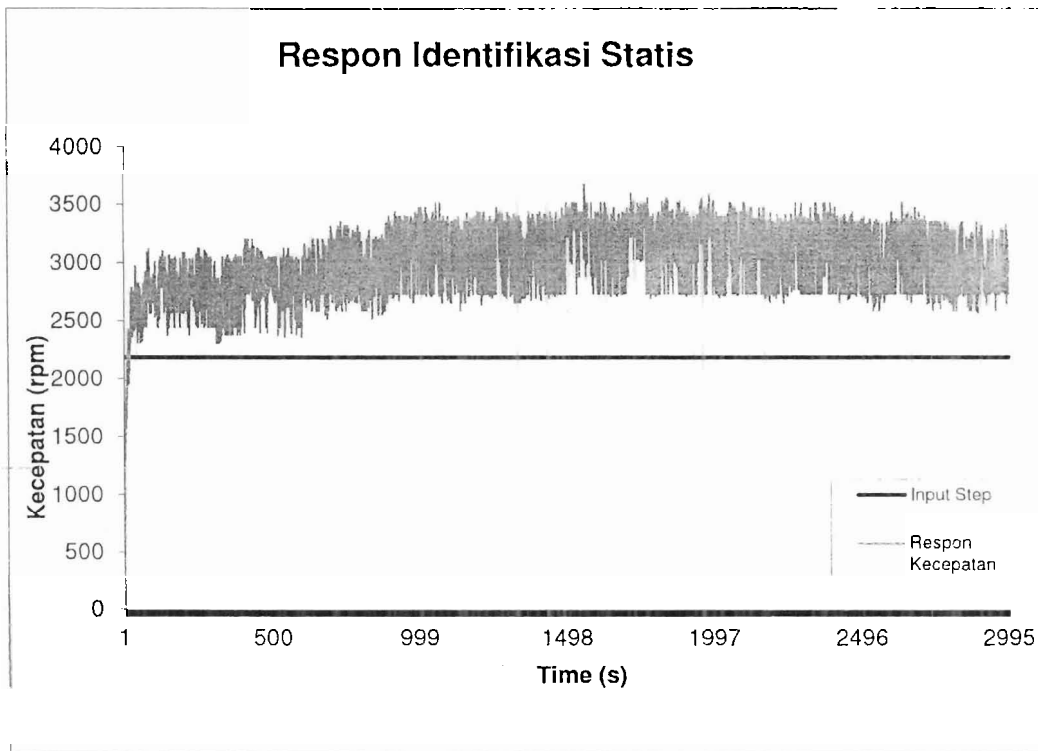
Memperoleh model matematik suatu sistem proses dengan cara penurunan besaran besaran fisik yang terkait, sangatlah sulit dan memakan waktu yang lama. Secara praktis, model matematik suatu sistem proses dapat dimodelkan dengan identifikasi statis. Identifikasi statis merupakan upaya memperoleh model matematik dari sistem servo MS-150 dengan memberi sinyal uji step dan merekam respon sistem.

1. Hubungkan *plant* Motor servo DC MS-150 dengan rangkaian *interface*. Hasil pembacaan sensor (terminal Y) dihubungkan dengan ADC, external control (terminal A) dihubungkan dengan DAC.
2. Hubungkan rangkaian *interface* ke komputer melalui *parallel port*.
3. Jalankan Program Akuisisi data, maka tampil form identifikasi seperti Gambar 5.3. Untuk identifikasi statis, maka deret PRBS diisi bebas, namun yang penting adalah tegangan logika 0 dan tegangan logika 1 harus diisi nilai tegangan yang sama. Dalam penelitian ini diisi dengan tegangan 8 volt (*maksimum step*). Waktu cuplik = 1 ms, Jumlah Data =3000



Gambar 5.3 Tampilan *Software* Identifikasi

4. Hidupkan Catu daya dan tekan tombol “Mulai” pada layar komputer
5. Diperoleh data respon temperature seperti grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 5.4, jika respon temperature dianggap telah mencapai daerah mantap (*stady state*) klik tombol “Stop” dan “Simpan”



Gambar 5.4 Respon kecepatan untuk identifikasi statis

Dari Gambar 5.4 diketahui respon kecepatan terhadap *setpoint* satuan tangga ($step=2185$ rpm). Ada dua data penting yang diperoleh hasil identifikasi statis ini. Pertama, Model matematik dari Motor servo DC MS-150 dengan metoda praktis kurva S sehingga diperoleh Model Matematik dengan bentuk:

$$G(s) = \frac{K}{(Ts + 1)^n} e^{-\tau} \quad (2.21)$$

Dengan menggunakan analisis identifikasi Strejc untuk menentukan fungsi alih plant diperoleh model matematik parameter Motor servo DC MS-150:

$$G(s) = \frac{1.26}{(7.5s + 1)}$$

Kedua, berdasarkan respon identifikasi statis diperoleh waktu cuplik (*time sampling*, T_s) untuk identifikasi dinamis. Berdasarkan respon identifikasi statis, maka T_s untuk identifikasi dinamis adalah 0.1 dari *rise time* ($t_{r \text{ statis}}$):

$$\begin{aligned} T_s \text{ dinamis} &= 0.1 * t_{r \text{ statis}} \\ &= 0.1 * 17 \text{ detik} \\ &= 1.7 \text{ detik} \end{aligned}$$

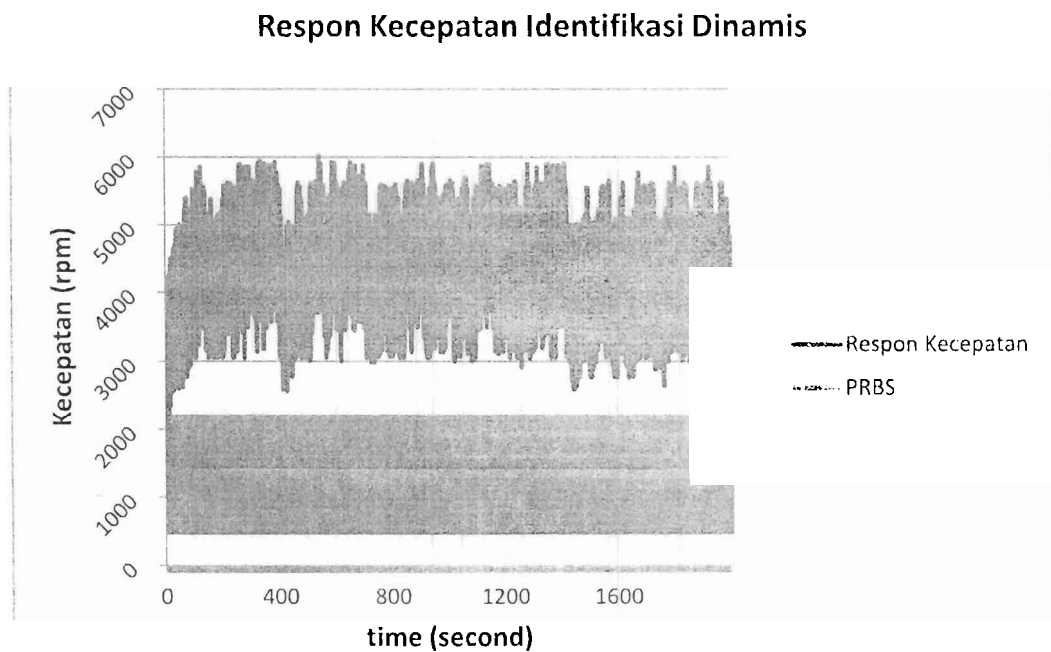
4. Identifikasi Dinamis

Identifikasi dinamis merupakan upaya memperoleh model matematik suatu sistem proses yang secara prinsip tidak jauh berbeda pada identifikasi statis. Namun pada metoda ini *plant* diberi masukan sinyal uji acak PRBS untuk memperoleh respon karakteristik yang lebih beragam. Dengan demikian diharapkan model matematik yang diperoleh lebih mendekati karakteristik plant yang sesungguhnya.

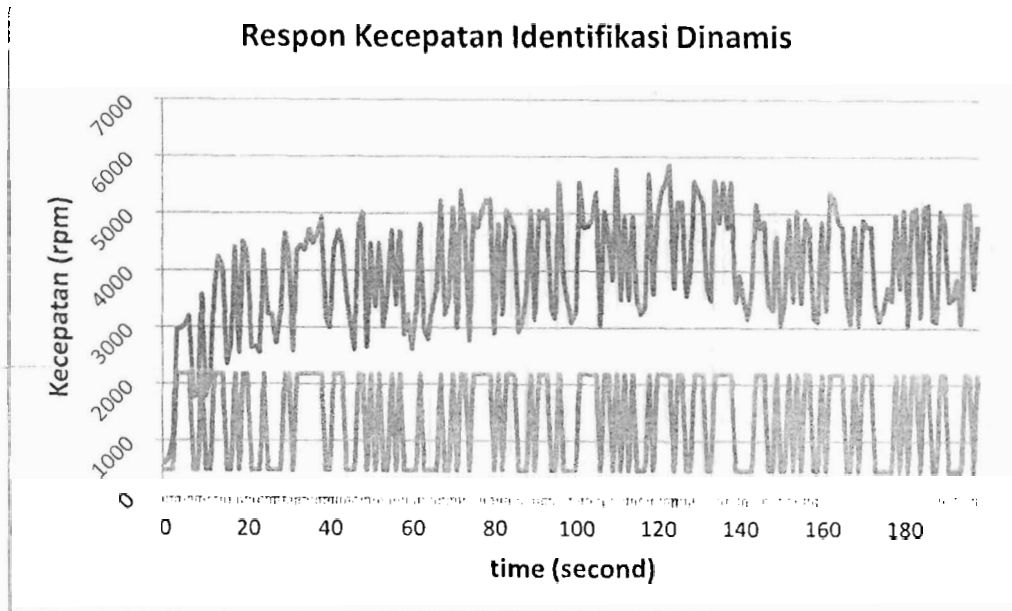
1. Hubungkan *plant* Motor servo DC MS-150 dengan rangkaian *interface*. Hasil pembacaan sensor (terminal Y) dihubungkan dengan ADC, external control (terminal A) dihubungkan dengan DAC.
2. Hubungkan rangkaian *interface* ke komputer melalui *parallel port*.

3. Jalankan Program Akuisisi data, maka tampil form identifikasi seperti Gambar 5.3. Pada dentifikasi dinamis masukkan kombinasi deret PRBS 10 bit sebagai berikut 1-0-0-1-1-0-0-0-1-0, tegangan logika 0 = 5 volt dan tegangan logika 1 = 8 volt. Waktu cuplik = 1.7 detik, Jumlah Data =2000
4. Hidupkan Catu daya dan klik tombol “Mulai” pada form identifikasi dinamis di layar komputer.
5. Amati grafiknya dan tekan tombol “Stop” jika respon kecepatan dianggap telah mencapai daerah mantap (*steady state*), lalu simpan data.

Grafik hasil identifikasi dinamis keseluruhan untuk 2000 detik ditunjukkan pada Gambar 5.5. Untuk memperjelas dinamika data respon dan sinyal uji PRBS, maka hasil akuisisi data identifikasi dinamis untuk data diperkecil diperagakan Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Respon kecepatan untuk identifikasi dinamis



Gambar 5.6 Respon kecepatan terhadap sinyal PRBS yang diperbesar

Berdasarkan data *input-output* yang diperoleh dari identifikasi dinamis diturunkan persamaan model matematik dengan pendekatan ARX orde dua 121 ($n_a=1$ $n_b=2$ $n_k=1$). Estimasi model dilakukan dengan bantuan fasilitas *system identifications toolbox* yang tersedia pada Matlab. Model matematik dari Motor servo DC MS-150 dalam bentuk persamaan diskrit sebagai berikut:

$$A(z-1)y(k) = B(z-1)u(k-d) + e(k) \quad (2.22)$$

Model parameter Motor servo DC MS-150 yang diperoleh :

$$A(z) = 1 - 0.9862 z^{-1}$$

$$B(z) = 0.04821 z^{-1} - 0.2379 z^{-2}$$

Dalam bentuk fungsi alih:

$$G(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{0.04821z^{-1} - 0.2379z^{-2}}{1 - 0.9862z^{-1}}$$

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Serangkaian aktifitas dalam penelitian ini secara keseluruhan dapat mencapai tujuan penelitian yang telah direncanakan. Dari hasil dan bahasan yang telah dikemukakan maka diperoleh beberapa kesimpulan dan saran.

1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, maka dapat tulis beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rangkaian *interfacing* untuk keperluan akuisisi data, baik ADC maupun DAC berfungsi baik dengan kesalahan linieritas konversi untuk ADC=8.55% dan DAC=15.93%
2. Dengan metoda identifikasi statis dan dinamis diperoleh dua model matematik untuk Motor servo DC MS-150. Model yang diperoleh menjadi dasar untuk menentukan atau menala parameter kontroler nanti.
3. Pemodelan Motor servo DC MS-150 dengan model dari identifikasi dinamis memiliki respon lebih baik bila dibandingkan dengan respon sistem dengan model dari identifikasi statis.

2. Saran

Terdapat banyak pendekatan penurunan matematik dari data identifikasi untuk memperoleh model. Perlu uji coba lebih lanjut dengan pendekatan berbeda untuk memperoleh respon model yang sangat mendekati respon *plant* sesungguhnya.

Untuk menghindari proses perhitungan matematik yang kompleks dan rumit dalam metoda identifikasi, pemodelan dengan pendekatan logika fuzzy dan algoritma jaringan syaraf tiruan dapat diterapkan.

Model yang diperoleh dari identifikasi dinamis dan hasil simulasi nanti dapat digunakan untuk implementasi kontroler pada Motor servo DC MS-150 (*real plant*).

DAFTAR PUSTAKA

Dorf, Richard C. 2001. *Modern Control Systems*. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Dorsey, John. 2002. *Continuous and Discrete Control Systems: Modeling, Identification, Design and Implementation*. McGraw Hill. New York

Dubay, G.K. 1993. *Power Semiconductor Controlled Drivers*. Englewood Cliffs. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Johnson, Curtis D. 2003. *Process Control Instrumentation Technology*. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Maloney, Timothy J. 2001. *Modern Industrial Electronics*. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-prinsip dan Penerapan digital*. 3rd-ed. Penerjemah Irwan Wijaya. Erlangga. Jakarta





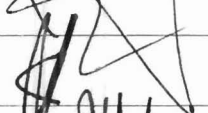
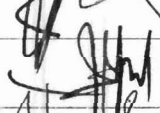
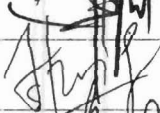
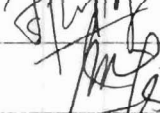

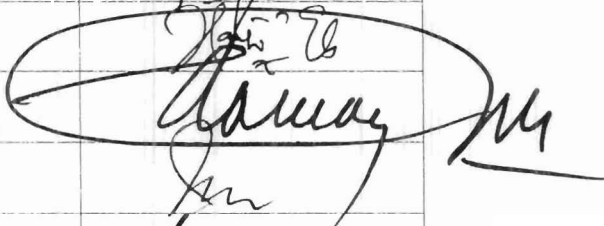
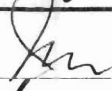

Ogata, Katsuhito. 1994. *Teknik Kontrol Otomatik, Jilid 1* (terjemahan). Penerbit Erlangga. Jakarta.

Perdikaris, George. 1991. *Computer Controlled System Theory an Applications*. Kluwer Academic Pub. Netherlands

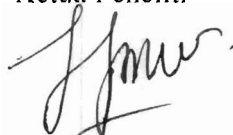
Shepherd, W. 1995. *Power Electronics and Motor Control*. Cambridge University Press. United Kingdom

LAMPIRAN

ABSENSI SEMINAR PENELITIAN
10 Desember 2013

No	Nama	Tanda Tangan
1	Asmit	
2	Oriza Comelra	
3	Aswadi	
4	Elfizar	
5	Azulina S	
6	Ali Basma P	
7	IRMA H	
8	JAMIN S	
9	Hansi Effendi	
10	DAMAN S.	
11	Amirio S	
12	NUKRAWAR D	
13		
14		
15		

Ketua Peneliti



Habibullah, S.Pd., MT.

NIP. 19820920 200812 1 001