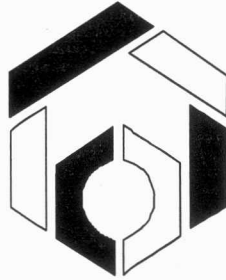


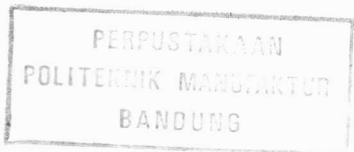
**FINAL REPORT  
RESEARCH GRANT IMHERE 2007  
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANDUNG**



**Penentuan Parameter Kendali Secara Auto Tune Pada Aplikasi  
Pengendalian Pid Kecepatan Dua Motor Dc Pada Roda  
Autonomous Robot**

**Oleh:**

**Bolo Dwiartomo  
Lukman**



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANDUNG  
JANUARI 2008**

**LEMBAR PENGESAHAN  
PROPOSAL PENELITIAN**

1. a. Judul Penelitian :  
PENENTUAN PARAMETER KENDALI SECARA AUTO TUNE PADA  
APLIKASI PENGENDALIAN PID KECEPATAN DUA MOTOR DC PADA  
RODA AUTONOMOUS ROBOT  
b. Bidang Ilmu : Teknologi
2. Ketua Peneliti  
a. Nama Lengkap dan Gelar : Bolo Dwiartomo, Ir, MEng  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Golongan Pangkat dan NIP : IIIb , 132 137 897  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas/Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
f. Perguruan Tinggi : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
4. Jumlah Anggota Peneliti : Satu (1) orang
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Robotik Teknik Otomasi  
Manufaktur dan Mekatronika Politeknik  
Manufaktur Bandung
6. Kerjasama dengan Institusi Lain  
a. Nama Institusi : -  
b. Alamat : -  
c. Telepon/Faks/e-mail : -
7. Lama Penelitian : 10 bulan
8. Biaya yang Diperlukan : Rp. 30.000.000,- (Tiga puluh Juta Rupiah)

Mengetahui:  
Direktur Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 26 Maret 2007  
Ketua Peneliti,

(Kokok Haksono Dyatmiko, Dipl. Ing HTL, MA)  
NIP. 131130607

(Bolo Dwiartomo, Ir, MEng)  
NIP.131132897

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian Polman

(Ayi Ruswandi, Dipl. Ing HTL, MT)  
NIP. 131932808

# I. RINGKASAN AKTIFITAS

## 1.1. Judul Penelitian

Penentuan Parameter Kendali Secara Auto Tune Pada Aplikasi Pengendalian Pid Kecepatan Dua Motor Dc Pada Roda Autonomous Robot

## 1.2. Biodata Peneliti

Lihat lampiran Biodata Peneliti



## 1.3. Ringkasan Proposal

Pengaturan kecepatan penggerak merupakan hal yang harus dilakukan pada aplikasi sebuah robot.. Pada robot yang menggunakan motor pada masing-masing roda penggerak yang umumnya berjumlah dua buah, fungsi pengendalian kecepatan motor pada roda bukan saja berfungsi menggerakkan robot tetapi berfungsi pula sebagai system *steering* (penentu arah). Untuk menghasilkan sinkronisasi pada kendali dua motor roda, bukan hanya nilai kecepatan akhir (*steady state value*) yang dipentingkan, tetapi keadaan pada saat motor melakukan percepatan/perlambatan yang tidak lain merupakan kondisi *transient* sangatlah penting. Hal ini akan menjadi sesuatu yang tidak terlalu kompleks bila ke dua buah motor yang diaplikasikan pada roda penggerak memiliki karakteristik yang sama. Kenyataan seringkali sulit menjumpai motor dengan karakteristik yang sama. Akibatnya bila parameter pengendali dan set point sama, ke dua motor akan menghasilkan respons transient yang berbeda walaupun kecepatan akhirnya akan sama.

Penelitian ini akan difokuskan pada penentuan parameter kendali pada masing-masing motor agar dihasilkan respons transient sesuai yang diharapkan pada masing-masing motor. Ilustrasinya bila karakteristik motor tidak sama, bila ke dua pengendali diberi nilai set point dan parameter sama, pada saat start robot akan berbelok pada saat start sebelum akhirnya berjalan lurus setelah kondisi tunak (*steady state*) tercapai. Apabila respons motor sama, robot akan senantiasa berjalan lurus mulai dari start sampai kondisi tunak tercapai. Untuk itu dibutuhkan proses yang dapat mengatur parameter kendali agar didapat respons transient yang sama. Hal ini sering disebut dengan istilah *tuning parameter*. Dengan metoda tuning yang telah ada (Ziegler Nichols atau Coohen Coon) akan dilakukan pemrosesan data secara digital sehingga akan perhitungan parameter menggunakan system computer yang akan mengikuti metoda grafis secara manual. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan perangkat lunak yang mampu melakukan proses *autotuning* berdasarkan response plant (*open loop*) terhadap fungsi tangga (*step*) yang menghasilkan parameter kendali PID yang dibutuhkan.
2. Menghasilkan sistem kendali kecepatan dua roda menggunakan motor DC untuk input sama dengan response sama baik pada saat motoring (percepatan dan kondisi tunak) maupun perlambatan sehingga robot tetap bergerak lurus..

*Kata kunci: steady state, transient, tuning parameter*

#### 1.4. Biaya yang Diusulkan

Pembuatan Alat	Rp. 18.900.000,-
Laporan	Rp. 300.000,-
Publikasi dan Perjalanan	Rp. 1.500.000,-
Honorarium	Rp. 8.800.000,-
<b>Total</b>	<b>Rp. 29.500.000,-</b>

## II. MASALAH DAN PEMECAHANNYA

### 2.1. Analisa Situasi

Industri modern dewasa ini harus dapat menghasilkan produk yang dapat memenuhi kualitas cukup tinggi dengan efisiensi yang cukup tinggi terutama dalam menekan ongkos produksi. Untuk memenuhi tuntutan ini peran kendali pada proses produksinya menjadi sangat penting. Penggunaan sistem produksi modern seperti ini harus ditunjang pula dengan penguasaan teknologinya, salah satunya adalah penggunaan robot pada industri manufaktur di Indonesia, terutama sektor otomotif yang mulai berkembang cukup pesat. Salah satu jenis robot yang umum digunakan adalah autonomous robot, seperti *Automated Guided Vehicle* yang sering digunakan sebagai media transportir/pemindah yang fleksibilitasnya tinggi dibandingkan sistem konveyor.

Secara umum robot dibagi dalam dua kategori, yaitu *joint arm* robot dan *autonomous* robot. Sampai saat ini, teknik pengendalian dan kepresisian mekanik menjadi fokus pengembangan robot untuk menghasilkan tingkat keakurasian dan kehandalan yang semakin tinggi. Dari sisi pengendalian, *joint arm* robot difokuskan pada pengembangan kemampuan

melakukan penjejakan secara berkesinambungan (*continous path*) yang semakin akurat sedangkan pada *autonomous* robot difokuskan pada pengembangan sistem navigasi yang semakin cerdas dan intelligent. Pada *autonomous* robot ada dua macam sistem navigasi, yaitu navigasi yang dipandu (*guided navigation*) dan navigasi yang melakukan pemetaan sendiri (*self mapping navigation*). Pada sistem navigasi yang dipandu seluruh rute dan task yang dilalui robot dibuat menjadi program dan disimpan pada memori robot. Pada aplikasinya, *beacon* menjadi alat bantu utama untuk memandu jalannya robot, seperti garis, kabel berarus, dinding, arah mata angin dan altitude bumi. Sedangkan sistem navigasi pada *autonomous* robot dengan sistem *self mapping navigation* lebih kompleks karena sering kali harus mengikuti pola-pola kecerdasan yang dilakukan oleh manusia untuk mengambil keputusan (*artificial intelligent*).

Penelitian ini memilih pada pengembangan sistem kendali pada *autonomous* robot dengan *guided navigation*, mengingat pengembangan teknologi robot di Polman Bandung yang relatif baru. Setelah dikaji lebih mendalam, salah satu permasalahan dasar utama yang timbul berada pada sisi kendali kecepatan roda. Pada system steering dua buah roda, kehandalan robot untuk bergerak lurus atau berbelok sangat tergantung dari proses pengendalian kecepatan ke dua buah motor. Permasalahan akan lebih kompleks bila tuntutan gerak robot harus sering melakukan kondisi berhenti dan bergerak secara bergantian. Pada situasi ini pengendalian gerak pada kondisi *transient* harus dilakukan. Kondisi berhenti menuju bergerak membutuhkan proses percepatan (*acceleraton*) sedangkan kondisi bergerak menuju berhenti membutuhkan proses perlambatan (*deceleration*). Agar kondisi pergerakan dinamik robot dapat memenuhi unjuk kerja yang diinginkan, response *transient* aksi kendali kecepatan yang dihasilkan harus dapat diatur. Sebagai contoh kasus bila robot ingin bergerak lurus dari kondisi berhenti. Secara ideal kondisi kecepatan antara motor kanan dan kiri mulai dari berhenti sampai dengan bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan haruslah sama. Pada kondisi tunak (*steady*) fokus pengendalian hanyalah pada besarnya kecepatan ke dua motor, tetapi pada kondisi *transient*nya fokus pengendalian adalah pada bentuk response kecepatan. Walaupun pada kecepatan akhir dihasilkan kecepatan yang sama, tetapi untuk input yang sama dan kurva response berbeda, pergerakan robot tidak akan lurus pada kondisi *transient* dari berhenti menuju kecepatan *setpoint*nya.

Response kecepatan motor pada kondisi *transient* sangat ditentukan oleh karakteristik motor dan parameter kendalinya. Sering kali motor yang bisa didapat di pasaran, walaupun secara fisik sama belum tentu menghasilkan karakteristik yang sama. Untuk menyamakan response yang dihasilkan ke dua buah motor bila diberi input yang sama perlu dilakukan *adjustment* pada

parameter kendalinya. Penelitian ini menitik beratkan pada proses *adjustment* parameter kendali tersebut yang dilakukan secara otomatis (*autotuning*) pada parameter *Proportional*, *Integral* dan/atau *Derivative*.

## 2.2. Identifikasi Masalah

Proses penelitian akan dimulai dengan observasi terhadap karakteristik beberapa motor DC sebagai penggerak roda dengan tipe dan merk yang sama. Observasi dilakukan terhadap seluruh kondisi eksternal yang sama baik dari sisi input maupun beban yang diberikan pada motor. Proses ini akan menghasilkan data-data transient motor berupa karakteristik kecepatan loop terbuka (*open loop characteristic*) dan beberapa data lain berupa hubungan tegangan armatur terhadap kecepatan dan hubungan beban terhadap arus armatur motor..

Langkah berikutnya adalah perumusan masalah teknis secara langsung yaitu merancang sistem kendali beserta variabel parameter yang akan diimplementasikan pada fungsi dasar pengendalian kecepatan motor DC. Perancangan berupa penyusunan langkah-langkah pengendalian dan sistem pentuningan pada motor beserta pengintegrasian ke dua sistem tersebut. Hal lain adalah perancangan software pengendali dan *autotuning* yang akan diimplementasikan pada sebuah *embedded PC* menggunakan bahasa tingkat tinggi. Pengujian akan dilakukan pada sebuah base autonomous robot yang telah dilengkapi dengan perangkat-perangkat keras yang dibutuhkan berupa driver motor, sensor dan pengolahan sinyal kecepatan dan beberapa tampilan yang dapat menunjukkan unjuk kerja sistem yang telah dihasilkan dari pengembangan terdahulu.

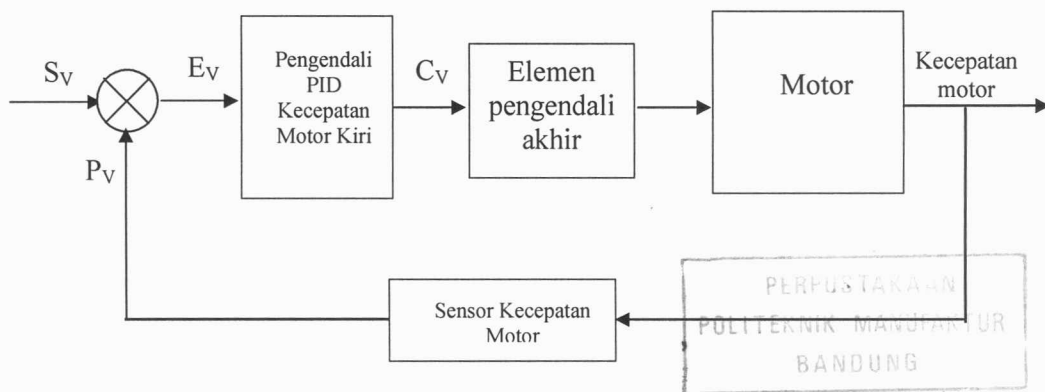
Penelitian yang akan dilakukan akan dibatasi berdasarkan dua faktor utama, yaitu option pada teknologi yang akan digunakan dan keterbatasan dana maksimum yang dapat dimanfaatkan. Berdasarkan pemilihan teknologi, penelitian akan difokuskan pada hal yang masih layak untuk diperdalam dan dapat mewakili permasalahan nyata di lapangan. Sebagai pengendali akan digunakan sebuah *embedded PC* sehingga keampuannya cukup handal untuk mengendalikan dan melakukan autotuning untuk dua motor sekaligus di mana proses masih dapat dianggap *real time*. Pengembangan program pengendali akan menggunakan bahasa tingkat tinggi C yang secara langsung akan dimpile menjadi bahasa mesin menggunakan software yang telah tersedia.

Berdasarkan batasan dana maksimum yang dapat dialokasikan, penelitian akan membatasi pengembangan utama pada pengadaan sebuah *embedded PC* dan pendukungnya sedangkan perangkat keras menggunakan komponen-komponen yang telah ada hasil pengembangan pada proyek sebelumnya.

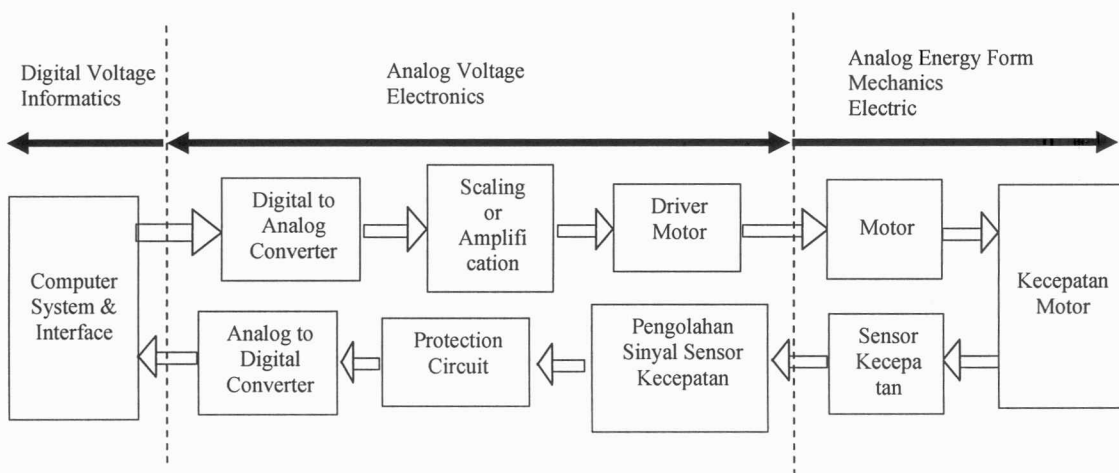
### 2.3. Tinjauan Teori Pendukung

#### 2.3.1. Sistem kendali kecepatan motor

Sistem kendali kecepatan motor DC secara fungsi sistem dapat digambarkan pada diagram blok gambar 1 [1]. Sedangkan diagram blok secara perangkat keras sistem kendali motor berbasis pengendali digital dapat dilihat pada gambar 2 [2].

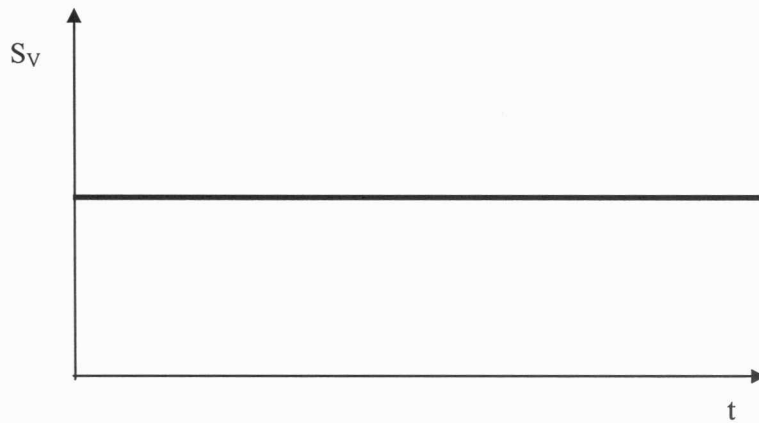


Gambar 1. Diagram blok sistem kendali kecepatan motor.

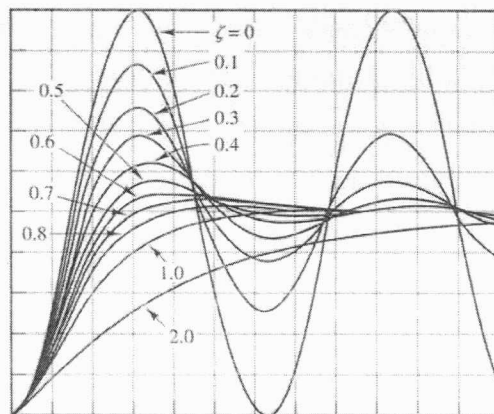


Gambar 2. Diagram blok konstruksi sistem pengendali kecepatan motor digital.

Kurva response output proses kecepatan motor ( $P_V$ ) terhadap input ( $S_V$ ) fungsi tangga (*step*) terdapat pada gambar 3a (input) dan 3b (output).



Gambar 3a. Sinyal input ( $S_v$ ) fungsi tangga (*step*).



Gambar 3b. Response kendali kecepatan motor ( $P_v$ ) terhadap masukan fungsi tangga.

Kurva response kecepatan motor adalah sebuah range yang hasilnya berupa fungsi dari parameter pengendali Proportional, Integral dan/atau Derivative pada blok pengendali gambar 1.

### 2.3.2. Pengaruh response kendali kecepatan motor terhadap unjuk kerja robot.

Bentuk kurva response untuk input yang sama sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu parameter pengendali dan karakteristik motor. Pada dasarnya, karakteristik motor telah dihasilkan oleh pabrikan pembuat dan umur pakai. Sifatnya sangat tidak umum bila pengguna berusaha untuk mengubah karakteristik tersebut. Hal yang paling umum dilakukan untuk menghasilkan response transient kecepatan adalah melakukan pengaturan pada parameter kendalinya.

Pada pengendalian dua buah roda yang menggunakan dua buah motor terpisah sebagai penggerakannya, kendali aplikasi sistem akan sangat memudahkan bila response ke dua motor



adalah sama untuk input yang sama. Secara fisik robot akan berjalan lurus mulai robot bergerak sampai robot mencapai keadaan kecepatan tunaknya (*steady*). Apabila response transient yang dihasilkan berbeda, robot akan bergerak menyimpang sampai kondisi tunak tercapai.

Berdasarkan kurva response pada gambar 3b, beberapa hal yang berkenaan dengan istilah pada kendali dan arti fisik dalam pergerakan robot dapat dijelaskan sebagai berikut,

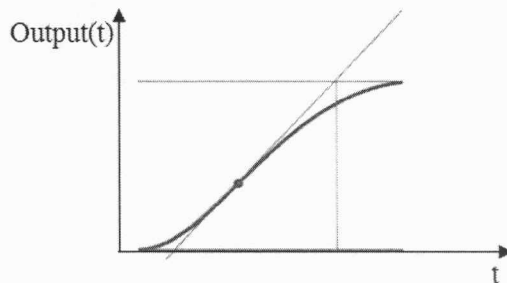
1. *Rise time* ( $t_r$ ) menunjukkan unjuk kerja percepatan pergerakan robot. Semakin kecil  $t_r$  semakin besar percepatan gerak robot untuk mencapai kondisi tunaknya. Syarat utama agar robot dapat berjalan lurus, unjuk kerja besaran ini harus sama untuk ke dua roda.
2. Faktor redaman. Faktor redaman yang besar (*over damp*) akan menghasilkan perubahan kecepatan yang tidak naik-turun (berosilasi) menjelang kondisi tunak tercapai. Kondisi bebas osilasi baik terhadap sistem ditinjau dari kestabilan unjuk kerja, tetapi response sistem menjadi lambat karena kondisi tunak akan tercapai pada waktu yang cukup lama. Sedangkan redaman yang kecil (*underdamp*) menghasilkan response yang cepat, tetapi cenderung menghasilkan kondisi kecepatan yang naik-turun (berosilasi) menjelang keadaan tunak tercapai. Kondisi ini terhadap sistem menghasilkan kondisi yang lebih labil dibandingkan sistem dengan redaman yang cukup besar. Kondisi osilasi diperbolehkan dengan syarat parameter response osilasi (overshoot, frekwensi dan settling timenya) harus sama sehingga robot tetap berjalan lurus. Dengan syarat tadi, kondisi dengan osilasi lebih sulit dikendalikan dibandingkan dengan kondisi tanpa osilasi, sehingga optimasi sistem harus dilakukan untuk menghasilkan response yang cukup cepat, tetapi tidak menghasilkan osilasi yang berlebih.

Pengaturan ke dua faktor di atas umumnya hanya sangat mungkin dilakukan dengan melakukan pengesetan pada parameter kendalinya sehingga dihasilkan response yang mendekati sama untuk ke dua buah motor. Proses tersebut yang disebut dengan istilah *tuning* pada sistem kendali PID.

### 2.3.3. *Tuning dan autotuning* sistem kendali PID

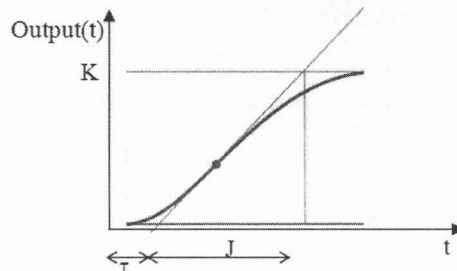
Plant dengan karakteristik sistem orde 1 atau 2 seperti pada plant kecepatan motor DC, optimasi parameter kendali PID dapat dilakukan dengan cara *model free based* [4] menggunakan metoda Ziegler-Nichols atau Coohen-Coon [5]. Metoda ini menggunakan graphis dan perhitungan matematika sederhana berdasarkan karakteristik plant (*open loop*) terhadap fungsi masukan tangga yang menghasilkan parameter pengendali untuk mendapatkan karakteristik

response transient sistem yang optimum. Karakteristik plant yang dapat dituning dengan metoda ini adalah plant dengan karakteristik tipe nol yang cenderung membentuk kurva S untuk input tangga, seperti terlihat pada gambar 4.



**Gambar 4. Karakteristik plant tipe nol.**

Berdasarkan kurva karakteristik dengan menentukan kemiringan garis dan elemen waktu tunda (gambar 5) maka dapat dihasilkan parameter kendali yang dianggap cukup optimum.

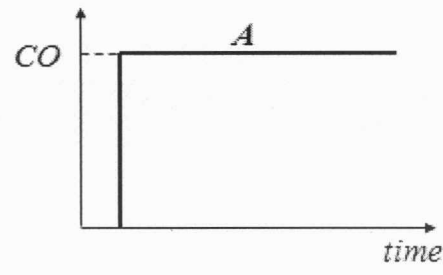


**Gambar 5. Penentuan parameter kendali dari kurva karakteristik plant berdasarkan kemiringan kurva response dan elemen waktu tunda.**

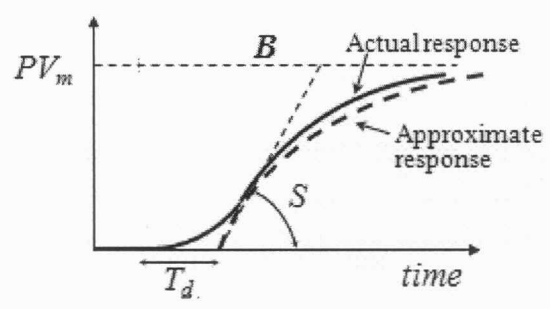
Auto tuning dilakukan dengan menyimpan seluruh data karakteristik plant terhadap waktu pada memori sistem komputer. Penentuan kemiringan garis ( $J$ ) dan waktu tunda ( $\tau$ ) didasarkan pada data-data response plant terhadap waktu. Penentuan parameter kendali tetap berdasarkan persamaan-persamaan empirik sesuai teorema Ziegler-Nichols atau Cohen-Coon.

#### 2.3.4. Teorema Cohen-Coon

Teorema ini dikemukakan pada tahun 1953 oleh G.H. Cohen dan G.A. Coon. Prinsip utama dari teorema ini adalah output proses tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan dari proses utama tetapi juga dipengaruhi oleh perubahan pengukuran nilai sensor dan elemen pengontrol. Teorema ini juga mengemukakan bahwa respon dari suatu *plant* yang diberi masukan fungsi tangga akan mempunyai keluaran berupa kurva berbentuk S



Gambar 6. Input unit Step (masukkan fungsi tangga)



Gambar 7. Output kurva berbentuk huruf S

$$G_{fpm} = \frac{PV_m}{CO} \approx \frac{K e^{-T_d s}}{\tau s + 1}$$

Dimana:

$$K = \frac{B}{A}$$

$$\tau = \frac{B}{S}$$

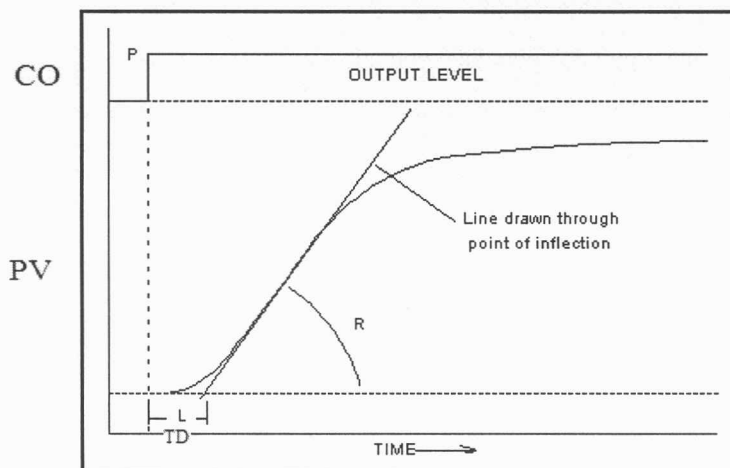
Walaupun secara perhitungan dapat ditemukan nilai-nilai parameter pengontrol yang diperlukan, nilai-nilai parameter tersebut juga dapat ditemukan dengan menggunakan table di bawah ini:

Controller	P	$I_m$	D
P only	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{T_d} \left[ 1 + \frac{T_d}{3\tau} \right]$	-	-
PI	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{T_d} \left[ 0.9 + \frac{T_d}{12\tau} \right]$	$T_d \frac{30 + 3T_d/\tau}{9 + 20T_d/\tau}$	-
PID	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{T_d} \left[ \frac{4}{3} + \frac{T_d}{4\tau} \right]$	$T_d \frac{32 + 6T_d/\tau}{13 + 8T_d/\tau}$	$T_d \frac{4}{11 + 2T_d/\tau}$

Tabel 1. Perhitungan parameter PID

### 2.3.5. Teorema Ziegler-Nichols

Teorema ini dikemukakan pada tahun 1942 oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols .



Gambar 8. Teorema Ziegler-Nichols

Yaitu dengan menggambar garis singgung pada titik tercuram dari kurva respon system. Kemudian dari grafik, dapat diestimasi nilai dari waktu tunda ( $T_d$ ), lalu menghitung nilai kecepatan respon dengan cara membagi nilai proses (PV) dengan perubahan waktu yang terjadi. Kemudian kecepatan respon per perubahan keluaran pengontrol dihitung, barulah kita dapat menemukan nilai parameter kendali yang akan digunakan serta menentukan mode pengontrol yang digunakan.

Controller	P	I	D
P only	$\frac{1}{K} \left( \frac{\tau}{T_d} \right)$	-	-
P I	$\frac{0.9}{K} \left( \frac{\tau}{T_d} \right)$	$0.33 \cdot T_d$	-
P I D	$\frac{1.2}{K} \left( \frac{\tau}{T_d} \right)$	$2 \cdot T_d$	$0.5 \cdot T_d$

**Tabel 2. Perhitungan parameter PID**

#### 2.4. Metodologi

Pendekatan umum dalam perancangan dan implementasi meliputi gabungan dari pendekatan dengan respons yang diprediksi melalui model maupun tanpa model yang disesuaikan dengan kondisi robot yang telah ada. Untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan, beberapa metoda yang akan dilakukan dalam penelitian ini secara berurutan meliputi,

1. Studi pada referensi yang digunakan untuk sistem kendali kecepatan robot dan metoda tuning yang dilibatkan.
2. Melakukan perancangan kerja sistem, berdasarkan metoda tuning Ziegler Nichols dan Coohen Coon.
3. Pembuatan program (software) autotuning dan kontrol untuk kecepatan motor roda robot.
4. Pengujian dan perbaikan software skala laboratorium.
5. Uji coba kendali gerak robot.
6. Penyusunan laporan penelitian.

## 2.5. Aktifitas yang Diusulkan

No	Kegiatan	Bulan ke									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Studi referensi	x									
2	Perancangan software		x	x							
3	Pembuatan software				x	x	x				
4	Pengujian dan perbaikan skala laboratorium							x	x		
5	Uji coba pada kendali robot								x	x	
6	Penyusunan laporan									x	x

## III. INDIKATOR KINERJA

### 3.1. Pengembangan Kurikulum dan Silabus

Penelitian ini akan memberikan pengayaan untuk dapat memberikan media yang dapat membuktikan tentang pengaruh parameter pada system kendali digital dan cara menentukan parameter untuk menghasilkan respons kendali system yang optimal.

### 3.2. Pengembangan Kemampuan Staf Pengajar

Penelitian ini merupakan langkah tahapan bagi staf pengajar terutama yang berkecimpung dalam keahlian system kendali untuk mengukur kompetensi yang telah dimiliki karena tingkat kesulitan baik dari sisi design dan implementasi perangkat keras maupun lunak dari tema penelitian ini telah berada pada tingkat menengah sehingga senantiasa menjadi pemicu untuk terus mampu mengeksplorasi metoda-metoda dan teknologi kendali pada tingkat yang lebih tinggi.

### 3.3. Pengembangan Fasilitas

Hasil penelitian ini akan menambah media bahan ajar bagi siswa yang dimiliki oleh laboratorium system kendali berupa seperangkat base autonomous robot yang dilengkapi dengan

seluruh perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuktikan fenomena optimasi pada parameter kendali untuk menghasilkan respons *transient*.

### **3.4. Pengembangan Kapabilitas Industri**

Teknologi yang diperoleh dari hasil penelitian sangat berpotensi untuk ditawarkan aplikasinya di dunia industri, khususnya industri manufaktur modern yang sudah mulai menerapkan system produksi otomatis. Salah satu contoh aplikasi penggunaan autonomous robot di industri adalah berupa *Automatic Guided Vehicle* yang sering digunakan sebagai alat transportir antara satu stasiun kerja (*work station*) ke stasiun kerja yang lain.

### **3.5. Pengembangan Kapabilitas Mahasiswa**

Penelitian ini melibatkan secara resmi 1 orang siswa sebagai tenaga peneliti pemula ditambah beberapa orang siswa yang akan dilibatkan sebagai tenaga pelaksana untuk membantu kelancaran penelitian. Siswa diharapkan mampu mengerti dan mengaplikasikan ilmu yang telah didapat pada perkuliahan menjadi sebuah teknologi aplikasi.

## **IV. PENCAPAIAN HASIL DAN PEMBAHASAN**

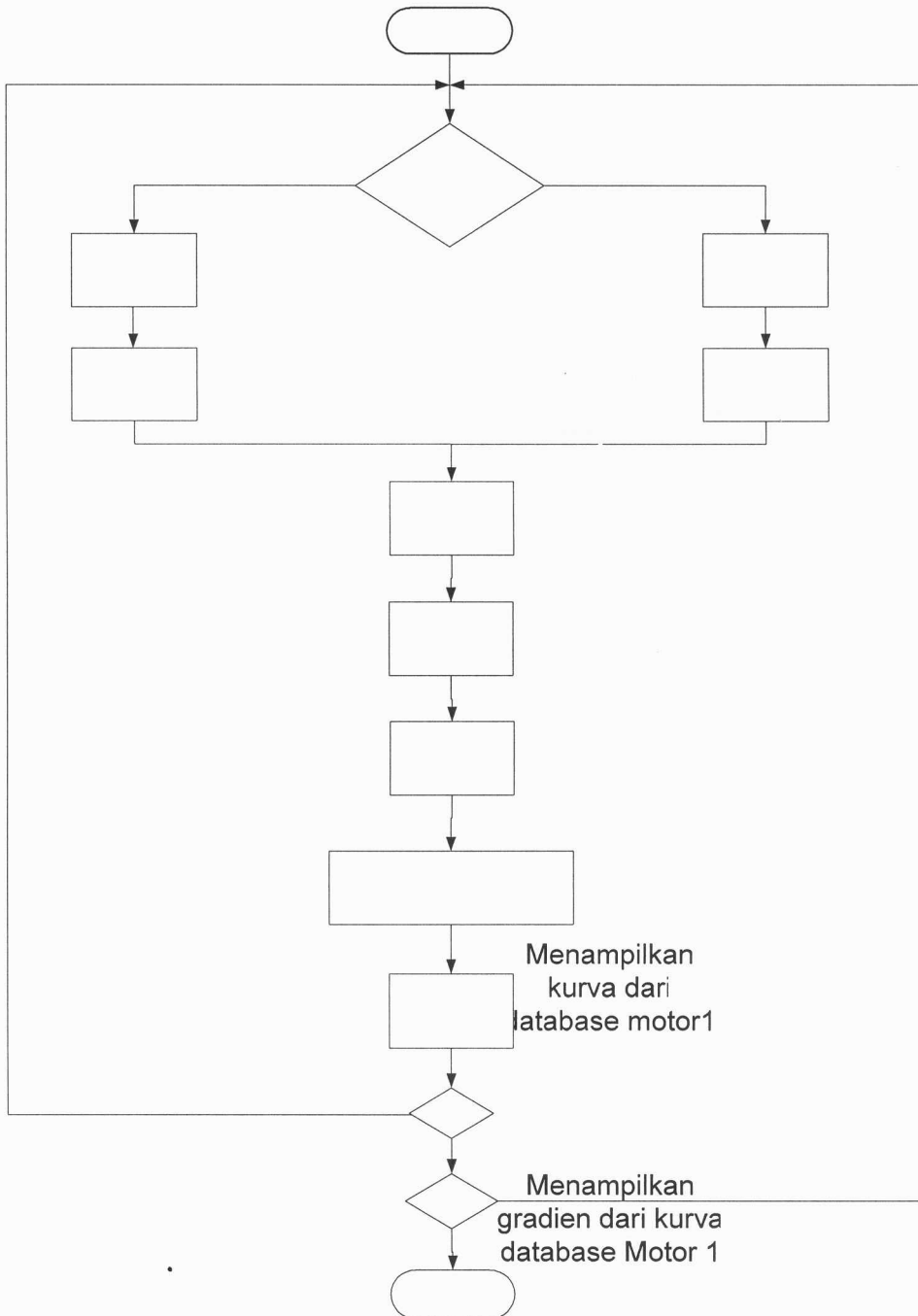
Permasalahan yang ada adalah bagaimana mengolah sinyal masukan yang diterima PC dari plant agar dapat ditampilkan secara visual. Kemudian dari grafik tersebut akan ditentukan nilai parameter pengontrol PID. Dengan ini maka kita akan dapat mengetahui nilai parameter pengontrol PID yang optimum yang dibutuhkan untuk dapat mengontrol kecepatan gerak motor roda *autonomous* robot.

### **4.1. Penentuan Parameter Kendali PID**

Penentuan parameter kendali PID dibutuhkan guna mendapatkan unjuk kerja robot yang baik. Parameter kendali PID yang optimum akan membuat gerak motor roda robot menjadi baik pula. Parameter kendali ini didapatkan melalui analisa dari tampilan grafik yang didapat dari data karakteristik motor roda robot. Sedangkan untuk analisa grafiknya menggunakan metoda Ziegler-Nichols. Dengan menggunakan perhitungan matematika dari metoda tersebut, maka akan didapatkan nilai-nilai parameter kendali PID yang dibutuhkan.

Dengan parameter yang optimum, gerak motor roda robot saat akselerasi maupun deselerasi akan sama baiknya. Meskipun terdapat perbedaan karakteristik antara motor roda kanan dengan motor roda kiri.

Berikut flow chart sistem penentuan parameter PID

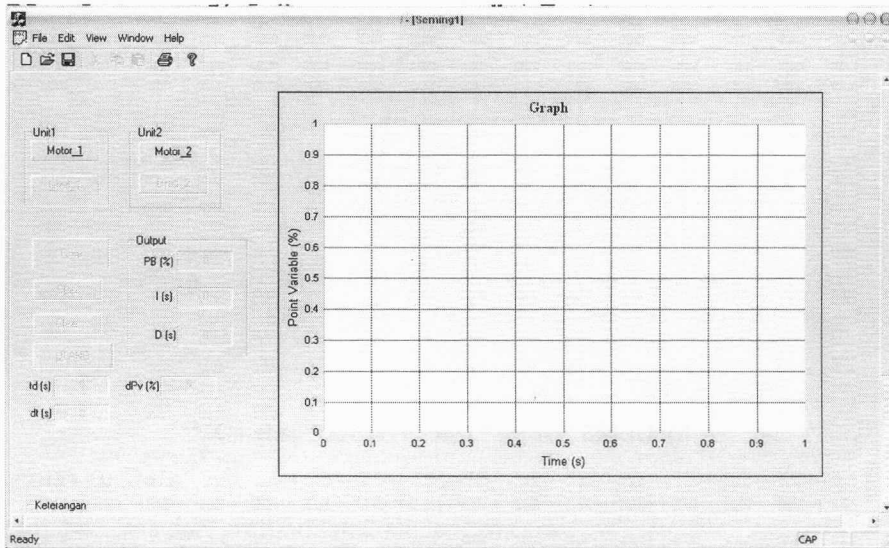


Gambar 8. Flow chart sistem

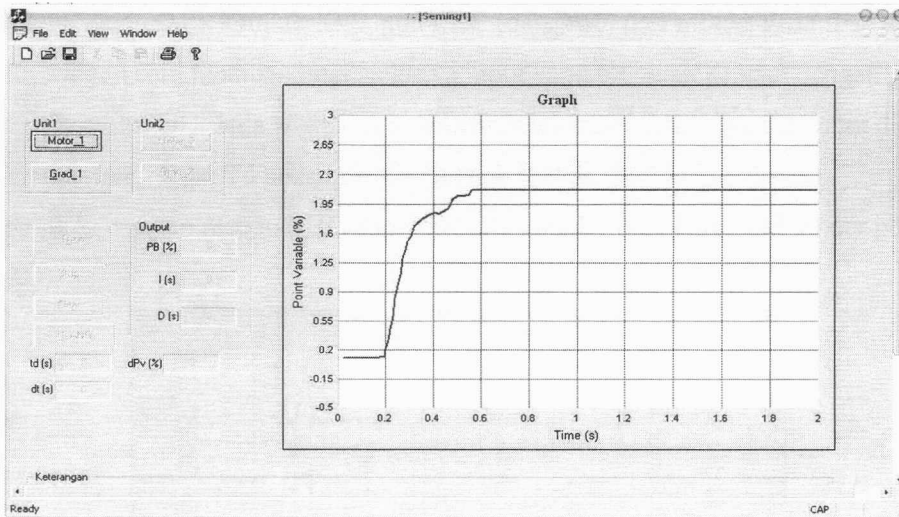


## 4.2. Pengujian Program

Pengujian dari program yang dibuat ( motor 1 ,sebagai sampel), dilakukan dengan menampilkan grafik dari database motor DC , kemudian mengolah grafik tersebut dengan menggunakan teorema Ziegler-Nichols.



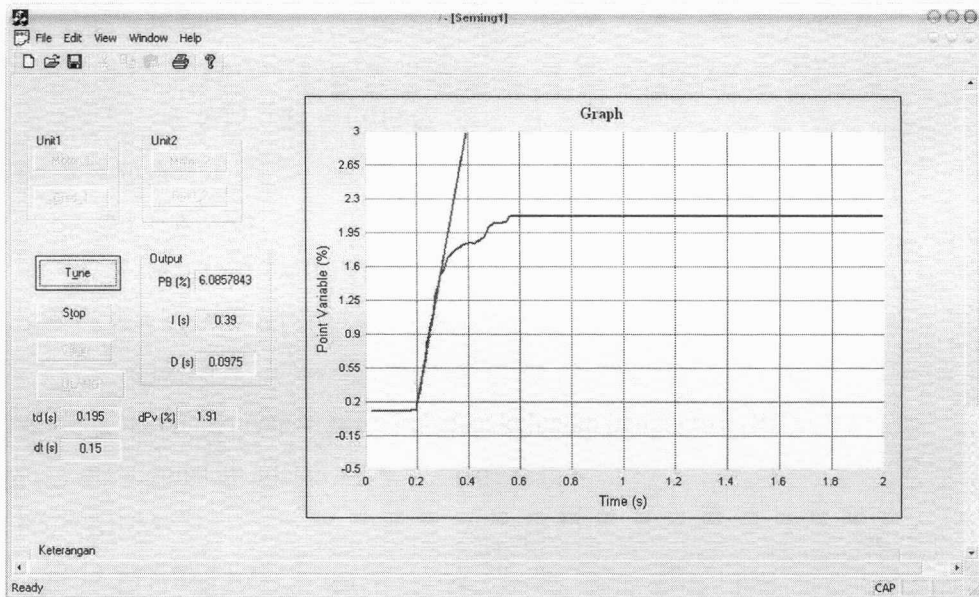
Gambar 10. Tampilan awal saat program dieksekusi



Gambar 11. Grafik dengan menggunakan database dari motor 1

Setelah menampilkan grafik dari database motor DC, pengguna dapat menekan tombol `grad_1` yang akan membuat garis singgung terhadap grafik / kurva dari motor DC.

Sedangkan untuk dapat mengetahui nilai-nilai dari parameter PID yang dapat menghasilkan respon motor DC yang optimum, pengguna dapat menekan tombol “Proses” .

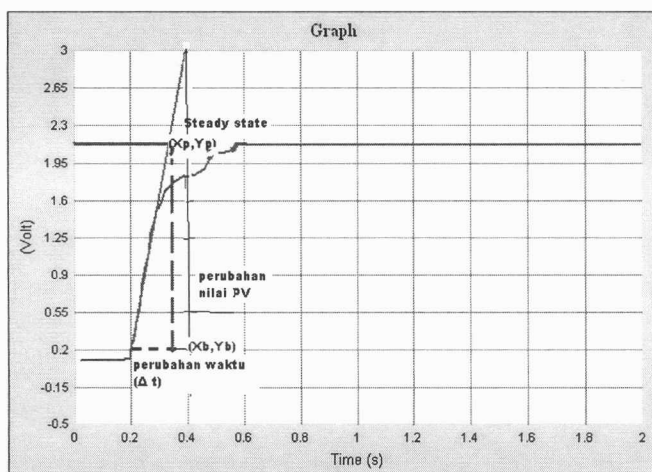


**Gambar 12.** Saat tombol " proses" dieksekusi

### 4.3 Pengolahan Data.

Pengolahan data dari grafik dilakukan dengan cara :

- a. Mengestimasi dead time,  $T_d$ .
- b. Saat pengambilan grafik karakteristik motor DC (database) dari motor, *dead time* dapat diketahui dengan cara membandingkan kurva input yang berupa tegangan dengan grafik karakteristik motor DC. Jeda waktu yang terbentuk antara perbandingan tersebut dikatakan sebagai *dead time*. Nilai  $T_d$  pada kasus ini adalah 0.195s.
- c. Menghitung kecepatan respon (KR) dari perubahan nilai *Point Value* ( $\Delta PV$ ) per perubahan waktu ( $\Delta t$ ).



**Gambar 13.** Pengolahan data dari grafik motor 1

$\Delta PV$  didapat dari :

$$\begin{aligned}\Delta PV &= Y_p - Y_b \\ &= 2.12 - 0.21 = 1.91 \%\end{aligned}$$

$\Delta t$  didapat dari :

$$\begin{aligned}\Delta t &= X_p - X_b \\ &= 0.35 - 0.2 = 0.15 \text{ s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka KR} &= \Delta PV / \Delta t \\ &= 12.73\end{aligned}$$

d. Menghitung kecepatan respon per perubahan keluaran pengontrol (RR).

Rumus yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}\text{RR} &= \text{KR} / M_v \\ &= 12.73 / 40.8 \\ &= 0.31\end{aligned}$$

Dimana,

KR : Kecepatan Respon.

$M_v$  : Nilai input yang diberikan pada motor DC dalam keadaan diam. Dinyatakan dalam persen.

e. Menghitung parameter dari pengontrol PID

$$\begin{aligned}\text{PB} &= 100 * T_d * \text{RR} \\ &= 100 * 0.195 * 0.31 \\ &= 6.045\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{I} &= 2 * T_d \\ &= 2 * 0.195 \\ &= 0.39\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{D} &= 0.5 * T_d \\ &= 0.5 * 0.195 \\ &= 0.0975\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan parameter PID sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{P} &= 6.045 \\ \text{I} &= 0.39 \\ \text{D} &= 0.0975\end{aligned}$$

## V. KESIMPULAN

Dengan *auto tuning* kita dengan cepat menentukan parameter kendali PID. Parameter kendali ini didapatkan melalui analisa dari tampilan grafik yang didapat dari data karakteristik motor roda robot. Sedangkan untuk analisa grafiknya menggunakan metoda Ziegler-Nichols. Dengan menggunakan perhitungan matematika dari metoda tersebut, maka akan didapatkan nilai-nilai parameter kendali PID yang dibutuhkan. Dengan parameter yang optimum, gerak motor roda robot saat akselerasi maupun deselerasi akan sama baiknya. Meskipun terdapat perbedaan karakteristik antara motor roda kanan dengan motor roda kiri. Sistem pengambilan data masih dilakukan secara *offline*. Untuk pengembangan berikutnya, dibuatkan suatu mekanisme kerja tertentu untuk pembuatan sistem komunikasi data yang baik, agar pengambilan data karakteristik sebaiknya dilakukan secara *online*.

## **VI. KEBUTUHAN INFRASTRUKTUR**

### **6.1. Sumber Daya Manusia**

#### **1. Ketua Peneliti**

- a. Nama Lengkap : Bolo Dwiartomo
- b. Jenis kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 132.137.897
- d. Disiplin ilmu : Sistem Kendali
- e. Pangkat/Golongan : Lektor / III.b
- f. Jabatan fungsional/struktural : Dosen
- g. Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
- h. Waktu penelitian : 20 jam/Minggu

#### **2. Anggota Peneliti 1**

- a. Nama Lengkap : Lukman
- b. Jenis kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 132.306.539
- d. Disiplin ilmu : Informatika
- e. Pangkat/Golongan : Asisten Ahli / III.a
- f. Jabatan fungsional/struktural : Dosen
- g. Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
- h. Waktu penelitian : 20 jam/Minggu

#### **2. Tenaga Mahasiswa**

- Nama : Yogi Pratama Wadriansyah
- Keahlian : Mekatronika

### **6.2. Peralatan**

1. Ruang dan fasilitas laboratorium system kendali Polman Bandung.
2. Autonomous robot yang telah dimiliki hasil penelitian yang telah dilakukan terdahulu.
3. Alat-alat ukur berupa multimeter dan oscilloscope digital.
4. Perangkat pendukung, seperti power supply, kabel set dan software bahasa pemrograman.

## VII. PENDANAAN

### 7.1. Pembuatan Alat

1. Embeded Digital Controller	1 x Rp. 18.300.000,-	Rp. 18.300.000,-
2. Kabel dan connector set	1 x Rp. 600.000,-	Rp. 600.000,-

**Sub Total 1** **Rp. 18.900.000,-**

### 7.2. Penulisan Laporan

1. Pengetikan Laporan		Rp. 100.000,-
2. Penggandaan Laporan		Rp. 100.000,-
3. Penjilidan		Rp. 100.000,-



**Sub Total 2** **Rp. 300.000,-**

### 7.3. Publikasi

1 x seminar nasional dan akomodasi		Rp. 1.500.000,-
------------------------------------	--	-----------------

**Sub Total 3** **Rp. 1.500.000,-**

### 7.4. Honorarium

1. Honorarium untuk dua orang peneliti (1 orang peneliti utama + 1 orang peneliti anggota):		Rp. 8.800.000,-
---	--	-----------------

**Sub Total 3** **Rp. 8.800.000,-**

**Total Biaya Penelitian** **Rp. 29.500.000,-**

**(Dua puluh sembilan juta lima ratus ribu rupiah )**



## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### DAFTAR PUSTAKA

1. W J. Tompkins, J G. Webster, Editors, "Interfacing Sensors to The IBM PC", Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1988.
2. D. J. Toncich, "Computer Architecture and Interfacing to Mechatronic Systems", Chrystobel Engineering, Brighton Australia, 1994.
3. Ernest O. Doebelin,"Measurement Systems", McGraw Hill International Editions, 4<sup>th</sup> Edition, 1990.
4. Son Kuswadi, Anang Tjahjono, Riyanto Sigit, Mohammad NUH, "Pengendali Cerdas: Suatu Review Hasil Penelitian Terapan Untuk Industri", EEPIS, Surabaya, 1999.
5. Katsuhiko Ogata,"Modern Control Engineering", Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 3<sup>rd</sup> Edition, 1997.

## BIODATA PELAKSANA

Nama : Bolo Dwiartomo, Ir. MEng.  
NIP : 132 137 897  
Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta, 30-10-1968  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Bidang Keahlian : Robotik, otomasi dan system kendali.  
Kantor/Unit kerja : POMAN Bandung, Teknik Mekatronika dan Otomasi Manufaktur  
Alamat Kantor : Jl. Kanayakan No. 21 Dago Bandung, 40135.  
Alamat Rumah : Jl. Kanayakan Baru No. 18A Dago Bandung, 40135.

### Pendidikan

No.	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Degree	Bidang Studi
1	Institut Teknologi Bandung	Bandung, Indonesia	1993	S1	Teknik Fisika
2	Swinburne University of Technology	Melbourne, Australia	1999	S2	Robotics and Automation

### Pengalaman dalam penelitian

1. Two Dimensional Inspection, 1999.
2. Digital Servo Position Control Representing CNC and Robot Motion, 2001.
3. Development of Three Joints Revolute Robot System, 2001.
4. Implementation of Cartesian Robot System Based on Machine Vision to Analyze the Position and Orientation, 2001.
5. Development of Air Flow Sensor and Its Signal Processing Applied on Cupola Furnace, 2002.
6. Implementation of Fuzzy Logic for Line Tracking Control Combined with PID Control for Controlling The Wheel Speed of Autonomous Robot, 2006.

### Publikasi

1. **Bolo Dwiartomo**, "Two Dimensional Visual Inspection", Proceeding on Leantech '99, Bandung, Indonesia, 1999.
2. **Bolo Dwiartomo**, Ismail Rochim, "Development of Digital Control System", Proceeding on Leantech 2000, Bandung, Indonesia, 2000.



3. **Bolo Dwiartomo**, Hadi Supriyanto, Ismail Rochim, "Pengolahan Form Dokumen dengan Menggunakan Proses Pengolahan Citra", Proceeding on Seminar of Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2000), Surabaya, Indonesia, 2000.
4. **Bolo Dwiartomo**, Delon, "Pengembangan Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC sebagai Fasilitas Praktik Laboratorium Elektronika Daya", Proceeding on Seminar of Electric Machinery and Power Electronics (SMED 2000), Jogjakarta, Indonesia, 2000.
5. **Bolo Dwiartomo**, Dian Mardiana, "Position and Orientation of Gripper Control by Using Machine Vision", Proceeding on Seminar of Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2001), Surabaya, Indonesia, 2001.
6. **Bolo Dwiartomo**, Suharyadi Pancono, Henry Imanhuddin, "Generating Sinusoidal PWM Signal in VSI for Single Phase Inverter by Using Microcontroller", Proceeding on Seminar of Electric Machinery and Power Electronics (SMED 2001), Surabaya, Indonesia, 2001.

## BIODATA PELAKSANA



Nama : Lukman.  
NIP : 132 306 539  
Tempat/Tanggal Lahir : Banjarmasin 19 Juni 1977  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Bidang Keahlian : Informatika dan Otomasi Manufaktur.  
Kantor/Unit kerja : POMAN Bandung, Teknik Mekatronika dan Otomasi Manufaktur  
Alamat Kantor : Jl. Kanayakan No. 21 Dago Bandung, 40135.  
Alamat Rumah :

### Pendidikan

No.	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Degree	Bidang Studi
1	Politeknik Manufaktur Bandung	Bandung, Indonesia	1998	D3	Teknik Mekatronika
2	Politeknik Elektronika Negeri Surabaya	Surabaya, Indonesia	2003	D4	Teknik Telkom Multimedia

### Pengalaman dalam penelitian

-

### Publikasi

1. **Lukman**, Yuliadi Erdani “Mengoptimalkan Penggunaan Mesin Produksi Manufaktur dengan Aplikasi Sistem Kendali BerbasisPC”, Proceeding on Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronika (SEMNAS TELIMEK 2006), Bandung, Indonesia, 2006
2. Yuliadi Erdani, Ismail Rokhim, **Lukman**, “Pengembangan Sistem Responsi Kuis Nirkabel untuk Evaluasi Peserta Training Industri”, Proceeding on Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronika (SEMNAS TELIMEK 2006), Bandung, Indonesia, 2006

## PERNYATAAN KESEDIAAN MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yogi Pratama Wadriansyah  
NIM : 204135023

Dengan ini menyatakan Bersedia Untuk dilibatkan pada Program Research Grant POLMAN-Bandung, guna membantu pengembangan kemampuan pendidikan teknis secara berkelanjutan.

Ketua Pelaksana Program dimaksud adalah:

Nama : Bolo Dwiartomo  
NIP : 132 137 897  
Jabatan : Dosen  
Program Studi : Mekatronika  
Institusi : POLMAN-Bandung

Surat Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur paksaan di dalamnya, serta untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 26 Maret 2007  
Yang membuat pernyataan

Mengetahui  
Dosen Wali

Yogi Pratama Wadriansyah  
NIM. 204135023

Pipit Anggraeni  
NIP: 132 308 053