

**LAPORAN TUGAS AKHIR DIPLOMA
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI INDUSTRI**

**SISTEM PENGENDALI KESEIMBANGAN BOLA
BERBASIS PC**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
studi program D3 Instrumentasi Elektronika dan Industri**



Oleh :

DIRA NURMALASARI

2305220811

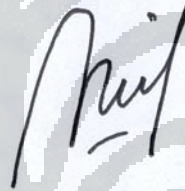
**PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2008**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Dira Nurmalasari
NPM : 2305220811
Jurusan : Instrumentasi Industri
Tanggal Sidang : 11 Juli 2008
Judul Skripsi : **Sistem Pengendali Keseimbangan Bola berbasis PC**

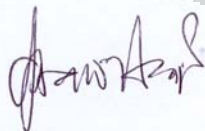
Tugas Akhir ini telah disahkan oleh:

PEMBIMBING




(Drs. Arief Sudarmaji, M.T)

PENGUJI I



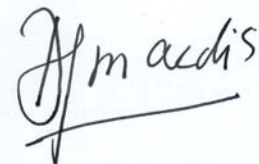
(Dr. Pawito)

PENGUJI II



(Supriyanto, S.Si)

PENGUJI III



(Drs. Djonaedi Saleh, M.Si)

ABSTRAK

Telah dibuat sistem pengendali keseimbangan bola berbasis PC. Sistem pengendalian dilakukan dengan PC yang kemudian diterjemahkan *microcontroller* dan selanjutnya di kirim ke motor DC untuk diproses agar didapat hasil yang kita inginkan. Sistem pengendalian di pc menggunakan metode PID, dari PID akan menghasilkan angka-angka (set point) yang akan dikirim ke *microcontroller*. Pengendalian pada *microcontroller* adalah pada PWM. Set point yang telah ditentukan oleh PID dimasukkan ke PWM. PWM akan menghasilkan kecepatan motor sesuai dengan yang ditentukan PID, setelah itu tegangannya di kirim ke motor DC. Maka motor DC akan bergerak ke kiri atau ke kanan tergantung set point yang ditentukan oleh PID. Bola akan bergerak lalu berhenti di titik tertentu sesuai dengan set point yang telah ditentukan.

Kata kunci-PID, PWM, Motor DC, Microcontroller

ABSTRACT

Had been done the ball balancing control's system based on PC. The System control was carried out with PC that afterwards was translated microcontroller and then sent to DC motor to be processed in order to be gotten by results that were wanted by us. The control system in pc used the PID method, from PID will produce figures (the set point) that will be sent to microcontroller. The control in microcontroller was to PWM. Set point that was determined by PID was put into PWM. PWM will produce the speed of the motor in accordance with that was determined by PID, after that his voltage was sent to the motor of DC. Instead of the DC motor will move to left or to right depend the set point that was determined by PID. Ball will move then stopped in the certain point in accordance with the set point that was determined.

Keywords - PID, PWM, Motor DC, Microcontroller

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas Kehadirat Allah SWT, karena Rahmat dan Ridho-Nya penulis mampu menyelesaikan penelitian ini beserta laporan akhir tepat pada waktunya. Serta dengan karunia-Nya penulis juga mendapat begitu besar limpahan ilmu dan semangat untuk terus berusaha dan berdoa dalam menjalani proses penelitian yang panjang. Sehingga Nikmat yang begitu besar atas penyelesaian tugas akhir ini penulis dapatkan.

Akhir dari kerja keras penulis, diwujudkan dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir penelitian dengan judul **Sistem Pengendali Keseimbangan Bola Berbasis PC**. Laporan tugas akhir ini menjadi sebuah pengembangan analisa dan pengkajian secara teknis terhadap objek penelitian.

Sebagai bentuk ungkapan terima kasih, penulis memberikan sanjungan serta penghargaan kepada seluruh pihak atas andilnya terhadap penyusunan laporan tugas akhir ini. Pujian penulis secara tulus diberikan dan diucapkan kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang hingga detik ini senantiasa melimpahkan kasih sayang, rahmat dan nikmat-Nya
2. Bapak dan Ibu tercinta untuk doa dan semangatnya tidak pernah berkurang, dan untuk mba Diah yang selalu menghilangkan beban dan penat. Serta untuk Bi Inah dan Om Sugi, yang memberikan fasilitas nya dan doa. Santi, Fitri dan Aa Budi yang setia mendoakan dan memotivasi. Juga untuk semua saudara dan kerabat.

3. Dr. Prawito, selaku Ketua Jurusan Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, yang dedikasi pengabdian dan jasanya terus tercurah dalam membimbing dan mendidik penulis.
4. Bapak Surya Dharma, M.Si selaku koordinator Tugas Akhir Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
5. Arief Sudarmaji, M.T, selaku dosen dan pembimbing penulis pada Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Terima kasih atas bimbingan dan kerjasamanya selama proses penelitian sehingga penelitian berjalan baik dan menyenangkan.
6. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
7. Desti Ekasari partner setia yang selalu berbagi dan bekerja keras dalam menghadapi segala rintangan selama penyelesaian penelitian dengan tawa dan senyum. Terima kasih juga untuk segala bantuan dan semangatnya.
8. Rezky , Sulas, Ervan dan Rosita, yang senantiasa bekerja sama selama penelitian. Serta Firman dan Turnip sebagai teman bermalam bersama di kampus dan penyemangat penulis, terima kasih atas hiburan dan candaannya. Ka Rangga, Putra Dipa, Bambang, Krisna, Yusuf, Wisnu

dan temen-teman yang sama-sama berjuang menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Ka Podang, Ka Rani, Ka Arif, Ka Seno, Ka Dody yang juga banyak membantu dan meminjamkan peralatan kerja dalam proses penelitian.
10. Mas Adi, Ka Agung, Ka Yudith dan anak Instrumentasi04 yang setia membantu dan menyemangati penulis walaupun dengan keterbatasan waktu dan tempat.
11. Her dan anak-anak kosan Wisma Widya yang selalu mendoakan dan menyemangati.
12. Dan takkan pernah terlupakan kepada Adi Wijaya Kusuma yang telah memberikan kasih sayangnya kepada penulis. Berkat ketulusan jiwa, serangkaian senyum, dan serangkaian doa yang telah dipanjatkannya, penulis selalu mendapat semangat baru didalam menjalani hidupnya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini banyak kekurangannya dan penulis terbuka untuk menerima kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyusunan laporan agar tercipta peningkatan mutu dan kualitas penulisan lapotan tugas akhir yang lebih baik.

Diharapkan Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca untuk menjadi panduan di kalangan para akademisi dan seluruh civitas akademika Universitas Indonesia, dan bagi penulis pada khususnya.

Universitas Indonesia

Depok, Juli 2008

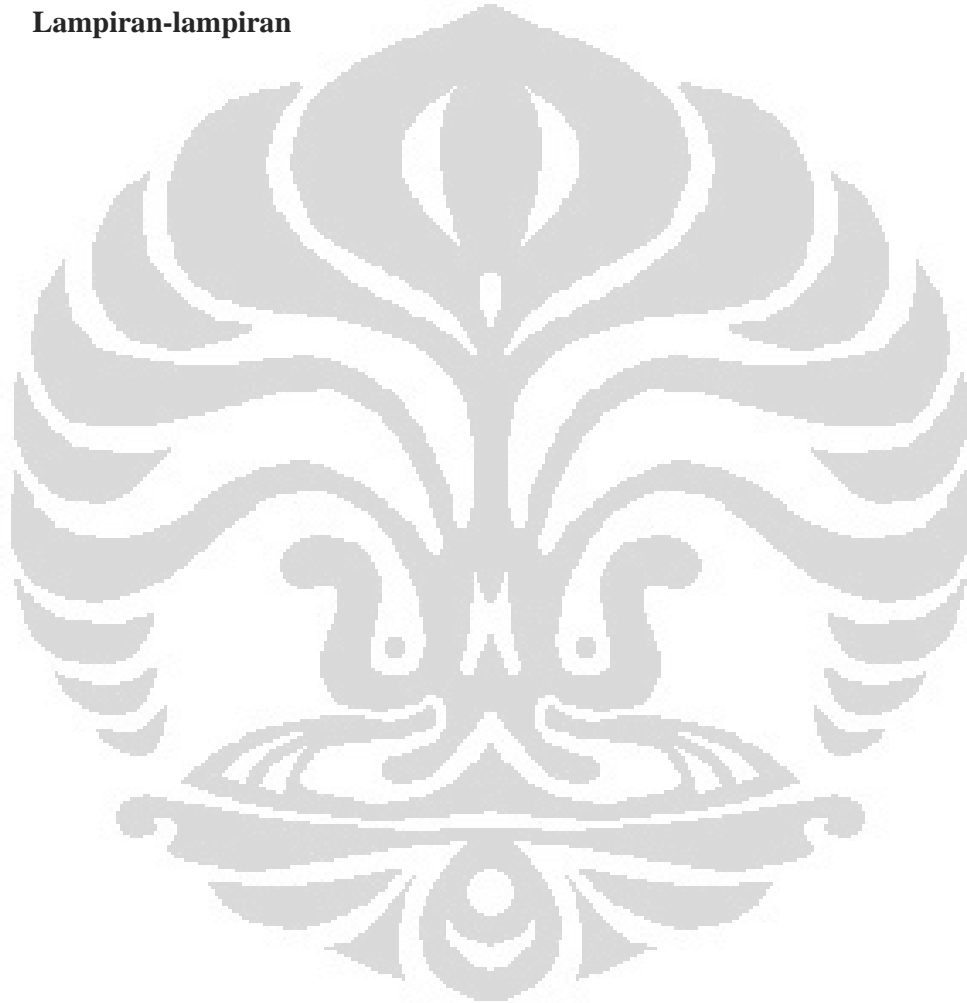
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Deskripsi Singkat	2
1.5. Metode Penulisan	3
BAB 2. TEORI DASAR	5
2.1. Sensor Perpindahan.....	5
2.2. Motor DC	6
2.2.1. Prinsip Kerja Motor DC.....	6
2.1.2. Konstruksi Motor DC	8
2.1.2. Cara Pengendalian Motor DC	9

2.3. Teori Dasar Port Paralel	10
2.4. Teori Dasar Sistem Pengendali	12
2.5. Pengenalan LabView.....	17
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	22
3.1. Perancangan Kerja Alat	22
3.2. Blok Diagram Cara Kerja Sistem Pengendali	23
3.3. Rangkaian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	24
3.4. Rangkaian <i>Interfacing</i>	25
3.5. Blok Diagram LabView	28
3.6. Pemograman LabView pada Simulasi Sistem	29
3.6.1. Pemograman Komunikasi Paralel.....	29
3.6.2. Pengambilan Data ADC	29
3.6.3. Pemrosesan Data	30
3.6.4. Pengiriman Data Power Motor	31
3.6.5. Penyimpanan Data ke <i>Microsoft Exel</i>	32
BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	34
4.1. Pengujian Program.....	34
4.2. Pengujian Rangkaian <i>Interfacing</i>	35
4.3. Pengujian Rangkaian ADC	35
4.4. Pengujian Pengiriman Data Pwm	36
4.5. Pengamatan dan Pengujian Sistem Pengendali PID secara <i>Trial and Error</i>	37

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
Daftar Pustaka	43
Lampiran-lampiran	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Blok Diagram Pengendali	3
Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor DC	7
Gambar 2.2 Bagian-bagian Motor Dc	9
Gambar 2.3 Cara Pengendalian Motor Dc	10
Gambar 2.4 Arah Putaran Motor Dc	10
Gambar 2.5 Konfigurasi Slot Printer Port	11
Gambar 2.6 Sistem Pengendali <i>Loop</i> Terbuka.	13
Gambar 2.7 Sistem Pengendali <i>Loop</i> Tertutup.	14
Gambar 2.8 Blok Diagram Pengendali <i>Proportional</i>	14
Gambar 2.9 Grafik Respon Pengendali <i>Proportional</i>	15
Gambar 2.10 Blok Diagram Pengendali <i>Integral</i>	15
Gambar 2.11 Grafik Respon Pengendali <i>Integral</i>	16
Gambar 2.12 Blok Diagram Pengendali <i>Diferensial</i>	16
Gambar 2.13 Grafik Respon Pengendali <i>Diferensial</i>	17
Gambar 2.14 Contoh Tampilan dalam Front Panel	19
Gambar 2.15 Contoh tampilan pada block diagram	19
Gambar 2.16 Tampilan Icon/Connector.....	20
Gambar 2.17 Contoh Tampilan Hirarki dari program Simulated Frekuensi	20
Gambar 2.18 Tampilan Pallette pada front panel.....	21
Gambar 2.19 Tampilan Pallette pada Block Diagram	21
Gambar 3.1. Batang Penyeimbang Bola.....	22

Gambar 3.2. Blok Diagram Cara Kerja Alat.....	23
Gambar 3.3. Blok Diagram Pengendali	24
Gambar 3.4. Rangkaian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).	24
Gambar 3.5. Rangkaian <i>Interfacing</i>	25
Gambar 3.6. IC 74LS138	27
Gambar 3.7. Flow Chart LabView.....	28
Gambar 3.8. Icon outport dan import.	29
Gambar 3.9 Blok Diagram Pengambilan Data ADC.....	30
Gambar 3.10 Blok Diagram PID.	31
Gambar 3.11 Blok Diagram Pengiriman Power Motor.	32
Gambar 3.12 Blok Diagram Program Simpan Data ke Excel.....	32
Gambar 3.13 Icon format into file.....	33
Gambar 4.1 Front Panel Program Sistem Keseimbangan Bola.	34
Gambar 4.2 Data respon pv (sensor) terhadap waktu.....	35
Gambar 4.3 Data respon pv (sensor) dalam exel.....	36
Gambar 4.4 Grafik pengujian system kendali secara trial and error.....	38
Gambar 4.5 Grafik Sp dalam exel.....	39
Gambar 4.6 Grafik Pv dalam exel.....	40
Gambar 4.7 Grafik Mv dalam exel	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Alamat Port LPT 1.....	11
Tabel 2.2 Daftar pin <i>printer port</i>	12
Tabel 3.1. Tabel kebenaran 74HC574.	26
Tabel 3.2. Tabel kebenaran IC 74LS244 26	26
Tabel 3.3. Tabel kebenaran 74LS138.	27
Tabel 3.4. Addres pada printer port dan fungsinya pada program.....	29
Tabel 3.5. 4 bit yang dikirimkan ke mikro dari printer port.....	30
Tabel 4.1 8 bit data power motor yang dikirimkan ke mikro dari printer port.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

Pada Bab I akan dibahas mengenai Pendahuluan yaitu tentang latar belakang dibuatnya Tugas Akhir ini. Selain itu penulis juga akan membahas tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian yang disertai skema penelitian, dan sistematika penulisan yaitu digunakan dalam penulisan ini dengan membagi menjadi beberapa bab dan masing-masing terdiri dari sub bab.

1.1 Latar Belakang

Dalam Perkembangan ilmu fisika modern, kemajuan teknologi telah membuat banyak kemudahan disegala bidang. Banyak teori – teori fisika yang telah diterapkan didalam segala aspek kehidupan, salah satunya adalah teori mengenai keseimbangan.

Teori – teori fisika ini agak sulit dipahami dan pemahamannya tidaklah mudah. Maka untuk itu diperlukan banyak alat peraga mengenai teori-teori tersebut. Karena tanpa alat peraga seseorang terkadang sulit untuk memahami atau membayangkan apa yang telah dibacanya.

Oleh karena itu dibuatlah alat peraga keseimbangan bola ini supaya mempermudah staf pengajar dari sekolah dasar sampai sekolah menengah umum dalam proses belajar. Alat ini menggunakan sistem keseimbangan yang sederhana dengan menggunakan sebuah bola kecil dan drad besi. Dimana sistem kerjanya berupa pengendalian kecepatan. Pengendalian dilakukan dengan PC yang kemudian diterjemahkan oleh *microcontroller* dan selanjutnya di kirim ke motor DC untuk diproses agar didapat hasil yang kita inginkan. Sehingga bola yang diletakan diatas kedua drad dengan posisi yang tidak seimbang dapat seimbang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilakukan penulis adalah sebagai berikut:

Membuat modul sistem pengendalian keseimbangan bola menggunakan metode PID berbasis *Personal Computer* (PC).

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu secara mekanik atau *hardware* maupun *Software*. Dalam laporan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan hanya pada *software* yang membahas mengenai cara kerja program dalam mengatur modul sistem pengendalian keseimbangan bola menggunakan metode PID.

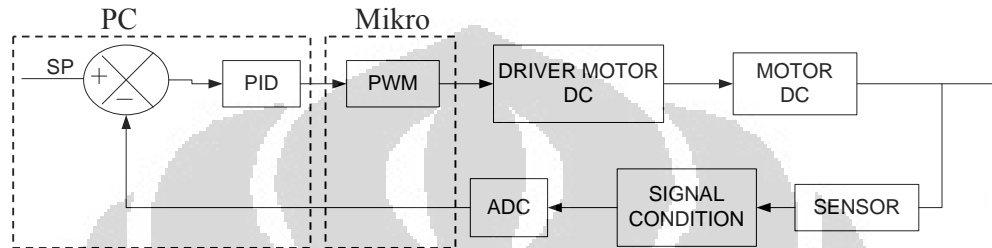
1.4 Deskripsi Singkat

Fungsi alat-alat yang dihasilkan oleh dunia teknologi tidak hanya terbatas pada proses industri. Dunia pendidikan pun sangat terbantu dengan keberadaan teknologi yang semakin pesat

Sebagai salah satu aplikasi teknologi pada dunia pendidikan, pada tugas akhir ini dibuat sistem pengendali keseimbangan bola berbasis pc dengan maksud mempermudah pengontrolan alat ini agar bisa dikendalikan lewat PC.

Sistem pengendalian ini dilakukan dengan PC yang kemudian diterjemahkan microcontroller dan selanjutnya di kirim ke motor DC untuk diproses agar didapat hasil yang kita inginkan. Sistem pengendalian di pc menggunakan metode PID, dari PID akan menghasilkan angka-angka (set point) yang akan dikirim ke *microcontroller*. Pengendalian pada *microcontroller* adalah pada PWM, Motor DC dll. Set point yang telah ditentukan oleh PID dimasukan ke PWM. PWM akan menghasilkan kecepatan motor sesuai dengan yang ditentukan PID, setelah itu tegangannya dikirim ke motor DC. Maka motor DC akan

bergerak kekiri atau kekanan tergantung set point yang ditentukan oleh PID. Bola akan bergerak lalu berhenti dititik tertentu dan hambatannya dapat diukur, lalu hambatan yang terukur akan di kondisikan dari 0-5 volt lalu dikirimkan ke ADC. Dari ADC data akan dikirimkan kembali ke PC untuk disesuaikan apakah sudah sesuai dengan set point yang telah ditentukan.



Gambar 1.1 Blok Diagram Pengendali

1.5 Metode Penulisan

1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Study literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Berisi tentang proses perancangan sistem baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan program berbasis pc, dengan menggunakan program ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

Pada bab ini akan diuraikan tentang kinerja dari masing – masing blok dengan harapan dalam pengujian tidak terdapat kesalahan yang fatal.

6. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut

BAB II TEORI DASAR

Pada perancangan alat pengendali keseimbangan bola berbasis pc, diperlukan beberapa pemahaman dasar. Beberapa pemahaman dasar tersebut antara lain: sensor perpindahan, prinsip dasar motor DC, PWM (*Pulse Width Modulation*), Pengendali dan LabView.

2.1 SENSOR PERPINDAHAN

Sensor adalah alat bantu untuk mendeteksi suatu besaran fisis. Bila arus mengalir berlawanan arah pada dua kawat sejajar, maka garis-garis gaya mengarah ke tempat yang sam diantar penghantar dan lapangan magnet akan menjadi tegang, lapangan magnet menolak penghantar-penghantar itu.

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

R = Hambatan (Ω)

ρ = Electrical resistance (Ω/m)

l = Panjang kawat (m)

A = Luas penampang (m^2)

Gejala ini digunakan pada seluruh motor listrik, penghantar yang berada pada lapangan magnet diantara dua kutub dan diberikan arus maka penghantar itu akan bergerak. Beberapa penghantar yang sejajar membawa arus dalam satu arah, membuat suatu lapangan magnet yang umum, seperti banyak dalam komponen-komponen. Seperti contoh misalnya kumparan pada suatu koil pengapian, kumparan sepatu pada generator DC, kumparan pembangkit pada suatu alternator.

Lapangan magnet akan dihasilkan disekitar kumparan melalui gulungan-gulungan arus, kumparan itu mempunyai kutub utara dan selatan seperti batang magnet permanen, kutub-kutub kumparan itu (koil) bergantung pada arah arus dan

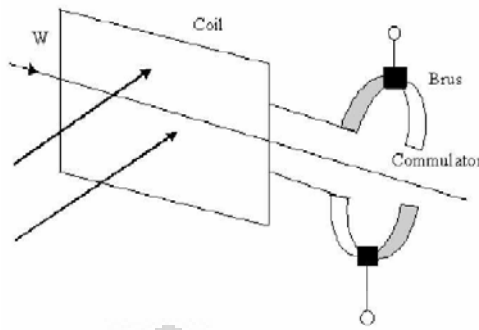
dapat ditentukan dengan menggunakan dalil tangan kanan. Peganglah kumparan dengan tangan kanan, jari-jari menunjukkan arah arus dan ibu jari menunjukkan kutub utara. Jika sepotong besi lunak digunakan sebagai inti kumparan itu kuat lapangan magnet bertambah beberapa ratus kali, sebab inti besi penghantar yang baik untuk garis-garis gaya magnet, sedangkan udara adalah penghantar yang tidak baik. Kekuatan lapangan magnet listrik bergantung pada jumlah lilitan pada kumparan dan jumlah arus melalui kumparan itu.

2.2 MOTOR DC

Motor DC pada saat ini digunakan pada industri dan dunia robotika yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi konstan. Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis di mana gerak tersebut berupa putaran dari motor.

2.2.1 Prinsip Kerja Motor DC

Motor DC pada saat ini digunakan pada industri dan dunia robotika yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi konstan. Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis di mana gerak tersebut berupa putaran dari motor. Prinsip dasar dari motor arus searah sebuah kawat adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerakan kawat itu. Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri, yang berbunyi sebagai berikut : "Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri, terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari yang diperlihatkan dengan gambar berikut ini.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor DC

Pada motor arus searah medan magnet akan dihasilkan oleh medan dengan kerapatan fluks sebesar B. bila kumparan jangkar yang dilingkupi medan magnet dari kumparan medan dialiri arus sebesar I, maka akan menghasilkan suatu gaya F dengan besarnya gaya tersebut adalah persamaan 2.2 :

$$F = B I L 1.10^{-1} \text{ dyne} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

B = kepadatan fluks magnet (Gauss)

L = penghantar (cm)

I = arus listrik yang mengalir (Ampere)

Persamaan di atas merupakan prinsip sebuah motor searah, di mana terjadi proses perubahan energi listrik (I) menjadi energi mekanik (F), bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang r, maka kopel yang dibangkitkan adalah persamaan 2.3:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \dots \dots \dots (2.3)$$

Pada saat gaya F dibandingkan, konduktor bergerak dalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya.

Suatu motor listrik disebut sebagai motor DC jika memerlukan supply tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk di ubah

menjadi energi mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi listrik yang di ubah menjadi energi mekanik berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem yang lainnya, sementara akan di simpan dalam medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem yang lainnya. Dengan demikian, medan magnet berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi dan mengkopel proses pengubah energi.

Dengan mengingat hukum kekekalan energi, proses konversi energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut : “Energi listrik sebagai input = Energi mekanik sebagai output + Energi yang diubah sebagai panas + Energi yang tersimpan dalam medan magnet”. Motor DC mempunyai dua bagian dasar yaitu :

1. Bagian diam/tetap (stasioner) yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnetik) atau magnet permanen. Bagian stator terdiri dari bodi. Motor yang memiliki magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil, magnet tersebut adalah magnet permanen sedangkan untuk motor besar menggunakan elektromagnetik. Kumparan yang dililitkan pada lempeng-lempeng magnet disebut kumparan medan.
2. Bagian berputar (rotor). Rotor ini berupa sebuah koil di mana arus listrik mengalir.

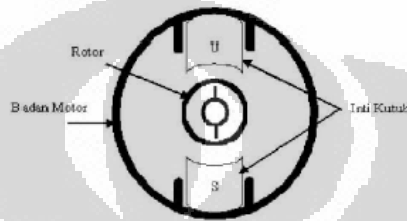
Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai :

- Kumparan medan, berfungsi sebagai penghasil medan magnet.
- Kumparan jangkar, berfungsi sebagai pengimbas GGL pada konduktor yang terletak pada laur-alur jangkar.
- Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

2.2.2 Konstruksi Motor DC

Konstruksi dari sebuah motor DC ditunjukkan seperti pada gambar 2.6 di bawah ini. Pada motor arus searah rotornya mempunyai kumparan tidak hanya satu, terdiri kumparan dan komulatur yang banyak untuk mendapatkan torsi yang

terus menerus. Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditakik. Susunan lempengan membentuk celah-celah tersebut dimasuki konduktor kumparan jangkar. Ujung tiap-tiap kumparan dihubungkan pada satu segmen komutator. Tiap segmen merupakan pertemuan dua ujung kumparan yang terhubung.



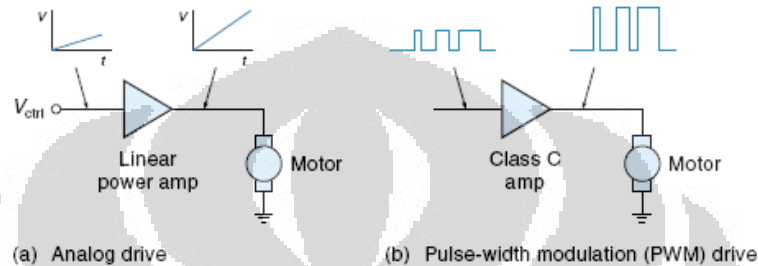
Gambar 2.2 Bagian-Bagian Motor DC

Kumparan penguat dihubungkan seri, jangkar merupakan bagian bergerak yang terbuat dari besi berlaminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus Eddy. Kumparan jangkar diletakkan pada slot besi di sebelah luar permukaan jangkar. Pada jangkar terdapat komutator yang berbentuk silinder masing-masing diisolasi. Sisi kumparan dihubungkan dengan segmen komutator pada beberapa bagian yang berbeda, tergantung dari tipe lilitan yang diperlukan.

2.2.3 Cara Pengendalian Motor DC

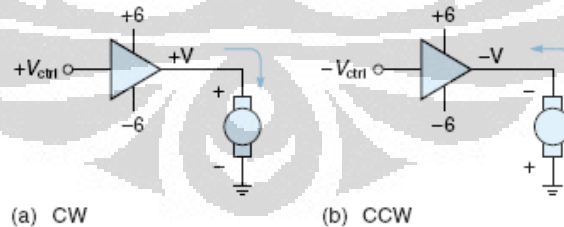
Terdapat 2 cara untuk mengontrol kecepatan dari motor dc. Kontrol kecepatan merupakan sesuatu yang tidak akurasi dikarenakan motor yang dari energi listrik diubah menjadi torsi dan tidak diubah menjadi kecepatan. Kecepatan yang presisi ditentukan oleh torsi motor dan beban mekanik. Untuk mengendalikan motor diperlukan rangkaian interface yang dapat mengubah sinyal motor level rendah dari controller menjadi sebuah sinyal yang cukup besar untuk menggerakkan motor. Dan cara ini disebut analog drive. Pada metode ini, sebuah penguatan power amplifier adalah linier dari controller dan tegangan analog diberikan ke motor.

Teknik yang lain untuk mengontrol sebuah motor dc adalah pulse-width modulation (PWM). Dalam sistem ini, power di suplai ke motor dalam bentuk pulsa dc pada tegangan tertentu. Lebar pulsa bervariasi untuk mengontrol kecepatan motor. Pulsa yang lebih lebar, tegangan dc rata-rata yang lebih tinggi diperbolehkan untuk motor. Frekuensi dari pulsa yang cukup tinggi dapat menginduktansi rata-rata motor sehingga dapat menggerakkan motor secara baik.



Gambar 2.3 Cara Pengendalian Motor

Untuk mengubah arah rotasi dari PM motor, polaritas dari tegangan yang digunakan adalah berlawanan. Satu cara untuk dapat melakukannya sehingga sebuah motor driver mampu mengeluarkan tegangan positif dan tegangan negatif. Ketika tegangannya positif dan ground maka motor akan bergerak searah jarum jam (CW). Ketika tegangannya negatif dan ground maka polaritas tegangan pada terminal motor berlawanan sehingga motor bergerak berlawanan arah jarum jam (CCW).



Gambar 2.4 Arah Putaran Motor DC

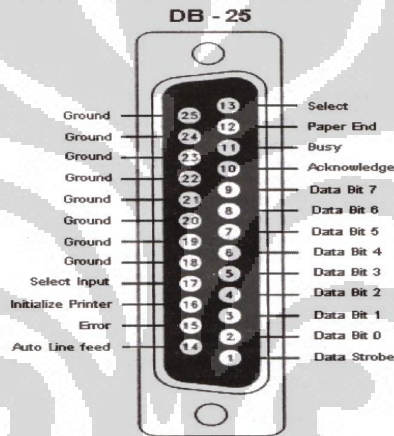
2.3 Teori Dasar Port Paralel

Port paralel biasanya dikenal sebagai port pencetak (printer), terdapat pada komputer (PC), dan memiliki bentuk konektor DB-25 (female). Paralel port, biasanya digunakan untuk menghubungkan perangkat komputer (LPT) dengan

perangkat printer (komunikasi parallel).Port ini, memiliki keunggulan didalam melakukan pengiriman data, walaupun memiliki jumlah kabel relatif lebih banyak, namun pengiriman data yang dilakukan melalui port ini, memiliki waktu yang lebih cepat. Berbeda halnya, dengan penggunaan komunikasi serial (DB-9).

Port paralel atau port printer, pada prinsipnya terbagi kedalam tiga bagian, yaitu berupa data port (DP), printer control (PC) dan printer status (PS). DP digunakan untuk mengirim data yang harus dicetak oleh printer, PC digunakan untuk mengirimkan kode-kode kontrol dari komputer ke printer, dan PS digunakan untuk mengirimkan kode-kode status printer ke komputer.

DB25 memiliki 25 buah pin dengan gambaran sebagai berikut :



Gambar.2.5 Konfigurasi Slot Printer Port

Untuk dapat menggunakan port paralel, kita harus mengetahui alamatnya. Base address LPT1 biasanya adalah 888 (378h) dan LPT2 biasanya 632 (278h). Alamat tersebut adalah alamat yang umumnya digunakan, tergantung dari jenis komputer.

Tabel 2.1. Alamat Port LPT 1.

Nama	Alamat
Data Port (DP)	378H (888)
Printer Status (PS)	379H (889)
Printer Control (PC)	37AH (890)

Tabel 2.2. Daftar pin *printer port*.

Pin DB-25	Nama Pin	Keterangan	Arah input/output	Sifat
1	<i>Strobe</i>	<i>Printer Control 0 (PC-0)</i>		
2 – 9	<i>Data Output</i>	<i>Data Port (DP0 - DP9)</i>	<i>Output</i>	<i>Inverting</i>
10	<i>Acknowledge</i>	<i>Printer Status 6 (PS-6)</i>	<i>Output</i>	<i>Normal</i>
11	<i>Busy</i>	<i>Printer Status 7 (PS-7)</i>	<i>Input</i>	<i>Normal</i>
12	<i>Paper End</i>	<i>Printer Status 5 (PS-5)</i>	<i>Input</i>	<i>Inverting</i>
13	<i>Select</i>	<i>Printer Status 4 (PS-4)</i>	<i>Input</i>	<i>Normal</i>
14	<i>Autofeed</i>	<i>Printer Control 1 (PC-1)</i>	<i>Input</i>	<i>Normal</i>
15	<i>Error</i>		<i>Output</i>	<i>Inverting</i>
16	<i>Init</i>	<i>Printer Status 3 (PS-3)</i>	<i>Input</i>	<i>Normal</i>
17	<i>Select IN</i>	<i>Printer Control 2 (PC-2)</i>	<i>Output</i>	<i>Normal</i>
18-25	<i>Ground</i>		<i>Output</i>	<i>Inverting</i>
		<i>Printer Control 3 (PC-3)</i>		

2.4 Teori Dasar Sistem Pengendali

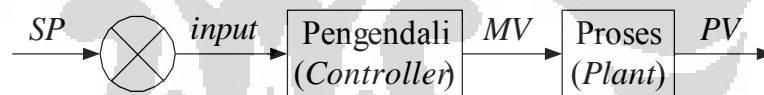
Sebuah unit pengendali pada prinsipnya akan bekerja sebagai perangkat yang dapat membandingkan nilai sebenarnya dari sebuah variabel keluaran objek pengendalian secara keseluruhan, dengan mengacu pada variabel masukan (nilai yang dikehendaki), menentukan penyimpangan, dan menghasilkan sinyal kontrol yang akan mengurangi penyimpangan menjadi nol atau nilai yang sangat kecil.

Secara umum sistem pengendalian terbagi menjadi dua jenis yaitu *Open Loop Control System* dan *Closed Loop Control System*. Pada sistem pengendali dikenal beberapa istilah, antara lain SP, error, MV, PV, Plant.

- SP (*Set Point*) adalah harga atau nilai dari keadaan yang ingin dicapai pada proses.
- Error adalah selisih antara *Set Point* dan *Process Variable*.

- *MV (Manipulated Variable)* adalah harga atau nilai yang diatur agar proses menjadi stabil. *Manipulated Variable* biasanya dihubungkan dengan input aktuator (contoh:pwm).
- *PV (Process Variable)* adalah sinyal hasil pemantauan terhadap proses atau *plant*. *Process Variable* umumnya adalah hasil pembacaan dari suatu sensor (contoh: kawat nikel).
- *Plant* adalah objek yang akan dikendalikan .

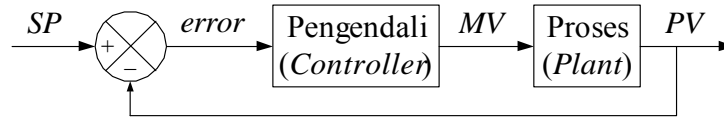
Open Loop Control System atau sistem pengendali *loop* terbuka merupakan sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol tidak di-*feedback* ke pengendali, sehingga pengendali hanya akan memberikan output jika diberikan suatu sinyal input. Pengendali jenis ini masih bersifat manual karena tidak akan terlepas dari intervensi atau campur tangan manusia. Pengendali ini tidak akan bekerja secara otomatis, karena masih adanya intervensi manusia dan hasil dari suatu proses yang dikendalikan tidak dibandingkan oleh pengendali itu sendiri. Gambar 2.3 menggambarkan sistem pengendali *loop* terbuka (*Open Loop Control System*).



Gambar 2.6 Sistem Pengendali *Loop* Terbuka

Sistem pengendali yang kedua adalah *Closed Loop Control System* atau sistem pengendali *loop* tertutup, yaitu sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol di-*feedback* ke input pengendali. Input yang diberikan ke pengendali merupakan selisih antara besaran (*PV*) dan besaran (*SP*). Nilai selisih ini sering disebut dengan *error*. Tujuan dari pengendali adalah membuat nilai *Process Variable (PV)* sama dengan nilai *Set Point (SP)*, atau nilai *error* = 0. Sinyal *error* akan diolah oleh pengendali agar nilai (*PV*) sama dengan nilai (*SP*). Pengendali jenis ini bersifat otomatis karena objek yang akan dikendalikan dibandingkan lagi dengan input keadaan yang diinginkan, sehingga intervensi manusia dapat dihilangkan. Kinerja dari suatu pengendali ditentukan oleh semakin cepatnya respon pengendali untuk mengubah *MV* terhadap perubahan sinyal *error*, dan

semakin kecilnya kesalahan yang terjadi. Gambar 2.4 menggambarkan sistem pengendali *loop* tertutup (*Closed Loop Control System*).

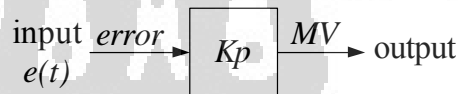


Gambar 2.7 Sistem Pengendali *Loop* Tertutup

Pengendali *P.I.D* terdiri dari tiga macam pengendali yaitu pengendali *Proportional* (P), pengendali *Integral* (I) dan pengendali *Differensial* (D). Masing-masing pengendali ini saling dikombinasikan sehingga didapatkan bentuk atau struktur dari *P.I.D*, yaitu struktur paralel atau struktur mix. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing pengendali.

a. Pengendali *Proportional* (P)

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mengalikan sinyal input dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.



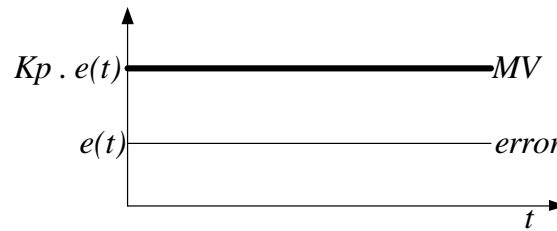
Gambar 2.8 Blok Diagram Pengendali *Proportional*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

$$\text{output} = K_p \cdot \text{input}$$

$$MV = K_p \cdot e(t) \tag{2-4}$$

Karena pengendali *proportional* hanya menguatkan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.

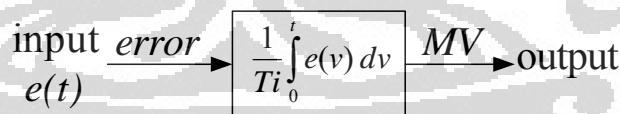


Gambar 2.9 Grafik respon Pengendali *Proportional*

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mempercepat proses yang dikendalikan menuju ke keadaan *set-point*. Kecepatan proses ini sangat bergantung dari besarnya nilai K_p pada pengendali *proportional*. Semakin besar nilai K_p maka semakin besar juga penguatannya sehingga respon dari pengendali akan semakin cepat juga dan akan mengurangi besarnya *steady-state error*. Tetapi jika nilai K_p terlalu besar maka sistem akan mengalami *over shoot* yang besar sehingga proses yang dikendalikan menjadi tidak stabil bahkan akan mengalami osilasi.

b. Pengendali *Integral* (I)

Pengendali *integral* berfungsi untuk meng-*integral*-kan sinyal input lalu dibagi dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.

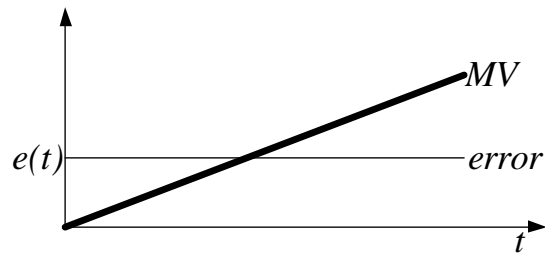


Gambar 2.10 Blok Diagram Pengendali *Integral*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

$$MV = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(v) dv \quad (2-5)$$

Karena pengendali *integral* hanya meng-*integral*-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



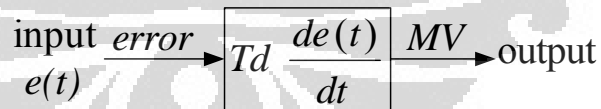
Gambar 2.11 Grafik Respon Pengendali *Integral*

Pengendali *integral* berfungsi untuk mengurangi dan menghilangkan *steady-state error* yang timbul setelah respon *plant* dari pengendali *proportional* sudah stabil. Semakin kecil nilai *steady-state error*, maka respon dari *plant* akan semakin mendekati keadaan *steady-state*. Semakin kecil nilai *error* maka semakin kecil juga nilai *timing integral*-nya, sehingga kurva *MV* akan semakin landai.

Pengendali *integral* sangat optimal bekerja pada daerah di sekitar titik *set-point*, yaitu antara *steady-state error* dan *set point*.

c. Pengendali *Differensial* (D)

Pengendali *differensial* berfungsi untuk men-*differensial*-kan sinyal input lalu dikalikan dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.

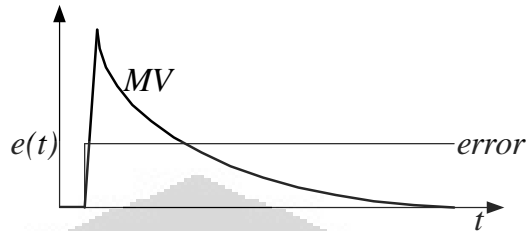


Gambar 2.12 Blok Diagram Pengendali *Differensial*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

$$MV = Td \frac{de(t)}{dt} \quad (2-6)$$

Karena pengendali *differensial* hanya meng- *differensial*-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



Gambar 2.13 Grafik Respon Pengendali *Differensial*

Pengendali *differensial* berfungsi untuk mengurangi respon yang terlalu berlebih yang dapat mengakibatkan *over shoot* pada proses *plant* karena nilai K_p yang terlalu besar pada pengendali *proportional*. Output dari pengendali *differensial* akan bernilai sangat besar jika perubahan *error* sangat besar. Perubahan *error* yang sangat besar ini terjadi ketika proses *plant* bergerak menuju ke titik *set-point* dalam waktu yang sangat singkat (nilai dt sangat kecil). Hal ini disebabkan karena respon pengendali yang terlalu cepat akibat terlalu besarnya nilai K_p pada pengendali *proportional*. Pengendali *differensial* hanya akan bekerja ketika terjadi perubahan *error*, sehingga ketika proses yang dikendalikan sudah stabil maka pengendali *differensial* sudah tidak bekerja lagi.

2.5 Pengenalan LabVIEW

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) adalah sebuah perangkat lunak (*software*) yang dapat dihubungkan dengan perangkat keras (*hardware*) yang terhubung dengan PC (*Personal Computer*) dimana user ketika berinteraksi dengan komputer sama dengan menjalankan instrument elektronik [1]. LabVIEW merupakan sebuah pengembangan aplikasi program yang berbeda dengan bahasa pemrograman lainnya seperti Assembler, C, C++, dll. LabVIEW dalam merancang sebuah program menggunakan bahasa pemrograman grafik seperti halnya flowchart yang disebut dengan *block diagram*, yang mengurangi atau menghilangkan cukup banyak sintaks. Hal ini sangat

berbeda dengan pemrograman yang lain dimana membutuhkan banyak perintah atau sintaks untuk membuat sebuah program. Selain itu bahasa pemrograman lainnya juga dapat dimasukkan ke dalam LabVIEW yang dapat disinkronisasi oleh LabVIEW itu sendiri.

Program LabVIEW disebut juga Virtual Instrumentation (VI) karena tampilan dan cara pengoperasian program yang dihasilkan mirip dengan instrument sesungguhnya. LabVIEW mempunyai daftar perpustakaan (*library*) contoh program aplikasi seperti data akuisisi, GPIB (*General Purpose Interface Bus*) dan kontrol instrument serial, analisis data, presentasi data, dan penyimpanan data. Selain mempunyai library, LabVIEW juga mempunyai berbagai macam contoh yang terdapat dalam LabVIEW itu sendiri misalnya konversi temperature, menghitung volume suatu bangunan, membuat database,dll. Dalam menjalankan program dapat juga user melihat aliran data yang terjadi ketika program sedang berjalan yang dapat dilihat pada bagian block diagram.

Pada LabVIEW terdapat beberapa bagian terpenting yaitu:

1. Toolbar
2. Front Panel
3. Block Diagram
4. Icon/Connector
5. Hirarki
6. Palette

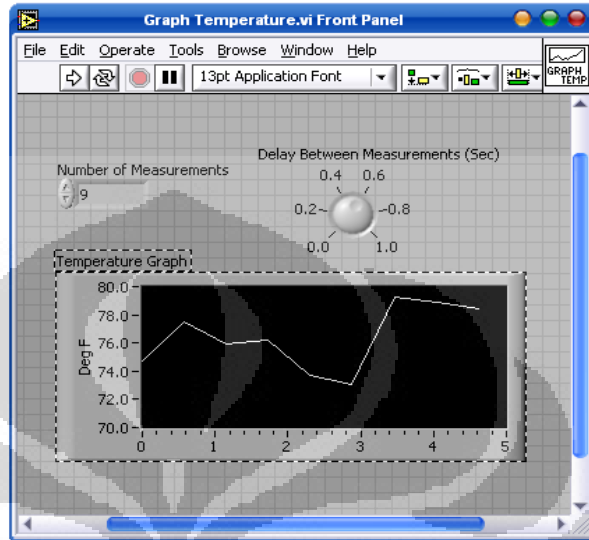
i. Toolbar

Toolbar merupakan tombol yang berfungsi menjalankan dan mengatur program yang akan dijalankan sampai menghentikan jalannya program.

ii. Front Panel

Front Panel merupakan bagian dimana user berinteraksi dengan VI \ketika program dijalankan. Selain itu pada *front panel* terdapat bagian kontrol dan indicator. Kontrol berfungsi mengatur parameter dan input yang diinginkan sedangkan indicator berfungsi sebagai output

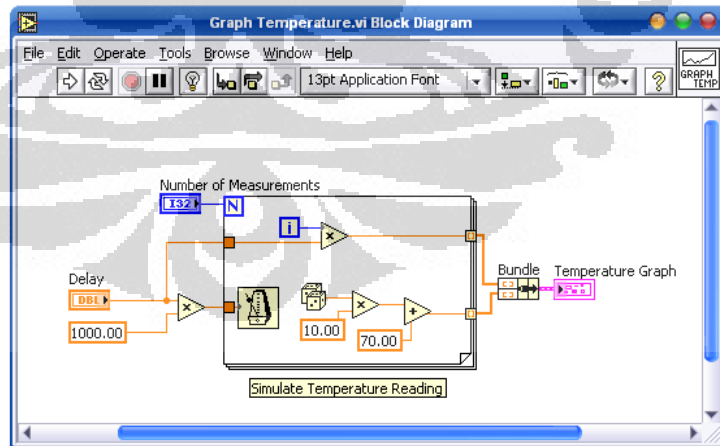
yang mempunyai tampilan baik itu data, grafik, maupun gambar. Untuk mengontrol front panel digunakan mouse dan keyboard untuk memasukkan data yang diinginkan oleh klien.



Gambar 2.14 Contoh tampilan pada front panel

iii. Block Diagram

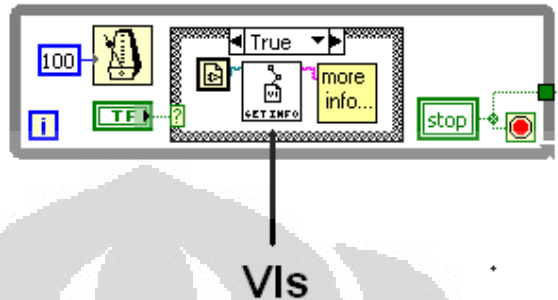
Block Diagram merupakan bagian dimana user menghubungkan komponen sehingga program dapat berjalan. Pada bagian ini user juga dapat melihat aliran program berjalan.



Gambar 2.15 Contoh tampilan pada block diagram

iv. Icon/ Connector

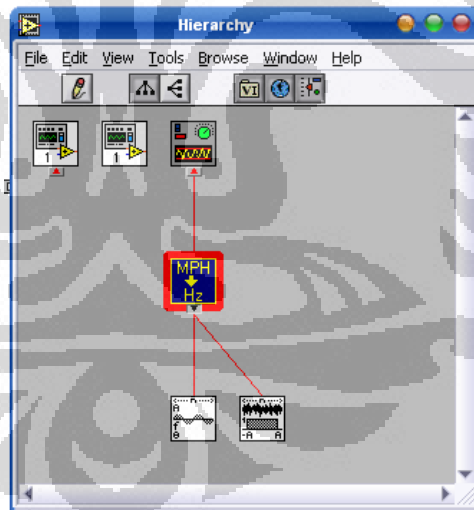
Icon/Connector merupakan bagian yang menghubungkan antar VI bila dalam suatu program digunakan lebih dari satu VI.



Gambar 2.16 Tampilan Icon/Connector

v. Hirarki

Hirarki merupakan struktur yang dimiliki oleh VI dimana icon yang terdapat dalam program akan diurutkan berdasarkan aliran data program yang bergerak.

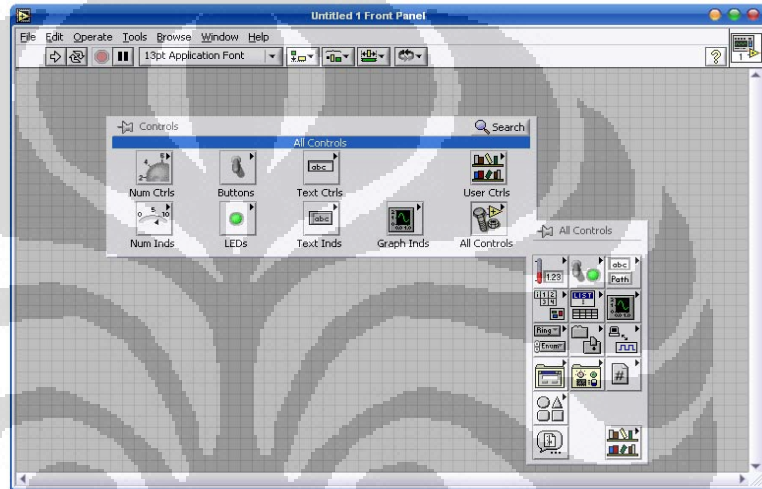


Gambar 2.17. Contoh Tampilan Hirarki dari program Simulated Frekuensi

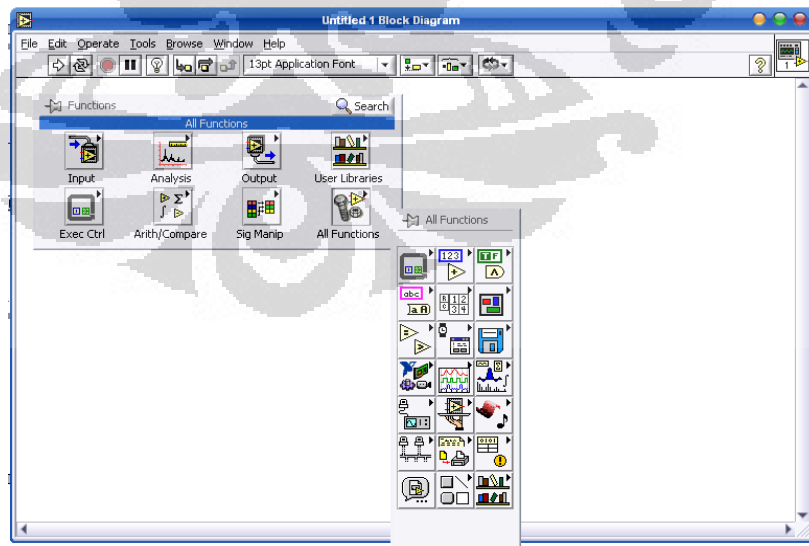
vi. Palette

Palette merupakan salah satu alat bantu dalam merancang sebuah VI. *Palette* terdapat 2 buah tempat yaitu *front panel* dan *block diagram* dimana kegunaannya berbeda satu sama lain. Pada *front*

panel, *pallette* yang tersedia berfungsi sebagai kontrol dan indicator yang terdiri dari tampilan data, tampilan grafik, tombol, table, dll. Sedangkan pada block diagram, *pallette* yang tersedia berfungsi sebagai fungsi atau proses pengolahan data misalnya grafik sinus, formula, analisis sinyal, dll. Sedangkan pada block diagram, pallette yang tersedia berfungsi sebagai fungsi atau proses pengolahan data misalnya grafik sinus, formula, analisis sinyal, dll. Berikut tampilan pallette pada front panel dan block diagram:



Gambar 2.18 Tampilan Pallette pada front panel.



Gambar 2.19 Tampilan Pallette pada Block Diagram

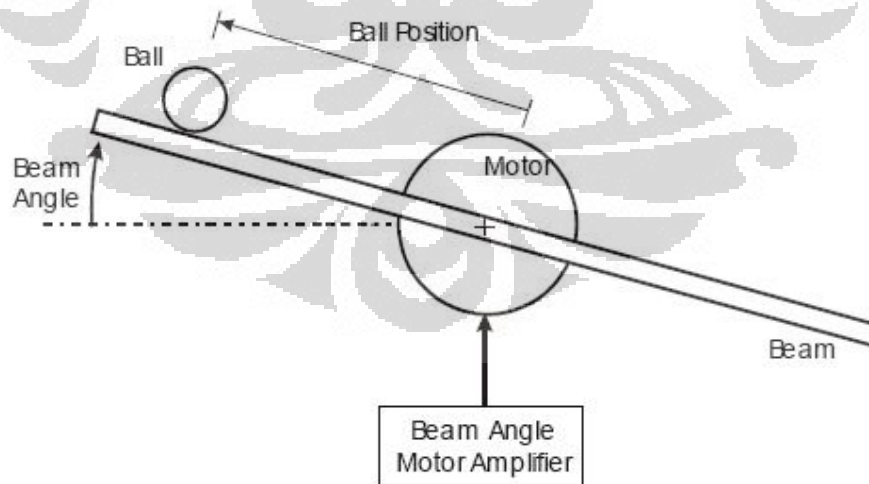
BAB III

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Didalam melakukan sebuah penelitian, seorang peneliti dituntut untuk dapat mengetahui bagaimana cara kerja dari sistem yang telah dibuat. Pada penulisan laporan tugas akhir ini, penulis hanya membatasi cara kerja sistem hanya pada *interfacing*, pemograman LabView dan penerimaan data dari dan ke komputer.

3.1. Perancangan Kerja Alat

Dalam sistem batang penyeimbang bola, sebuah bola yang diletakkan di atas batang dapat bergerak bebas sepanjang batang tersebut. Batang dihubungkan dengan sebuah motor yang dilengkapi dengan gearbox sehingga jika gearbox motor berputar dengan sudut α , maka sudut batang akan berubah sebesar α . Pada saat posisi batang tidak lagi vertikal, gaya gravitasi akan menyebabkan bola bergerak sepanjang batang. Jika bola bergerak kearah kiri papan maka hambatannya akan bernilai kecil, sebaliknya jika bola bergerak kekanan papan maka hambatannya akan bernilai besar.

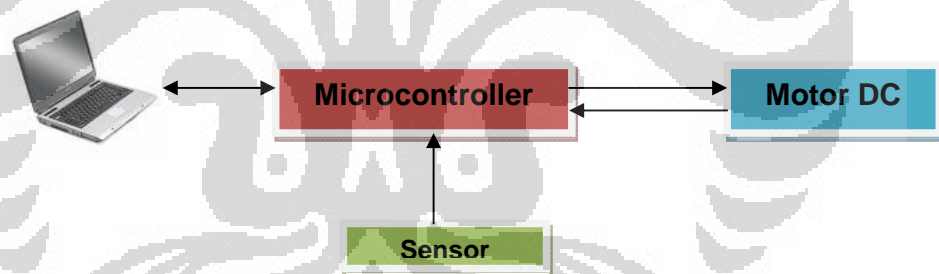


Gambar 3.1. Batang Penyeimbang Bola

Bola akan bergerak lalu berhenti dititik tertentu dan hambatannya dapat diukur, lalu hambatan yang terukur akan di kondisikan dari 0-5 volt lalu dikirmkan ke ADC. Dari ADC data akan dikirmkan kembali ke PC untuk disesuaikan apakah sudah sesuai dengan set point yang telah ditentukan.

3.2. Blok Diagram Cara kerja Sistem Pengendali

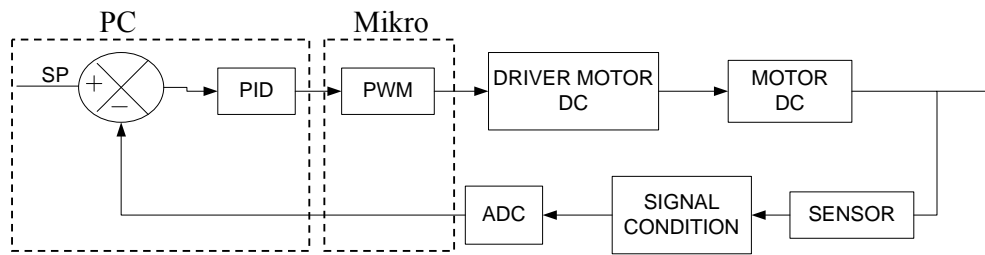
Perancangan dari sistem pengendali keseimbangan bola terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut meliputi sinyal yang dibaca oleh sensor lalu dimasukan ke dalam rangkaian ADC (*analog to digital converter*),lalu diteruskan rangkaian pengendali. Setelah itu, agar rangkaian dapat diakses dan diolah oleh komputer, penulis menggunakan rangkaian port parallel. Pada penele-tian ini, penulis membatasi hanya pada rangkaian interfacing port parallel yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian digital pada perangkat keras (*hard-ware*) dan perangkat lunak (*software*) pada komputer (*PC*) dimana bahasa pemograman yang digunakan adalah LabView



Gambar 3.2 Blok Diagram Cara Kerja Alat

Dari blok diagram di atas terdapat PC sebagai data *tranceiver* untuk mengirimkan nilai *Set Point* (SP) yang berupa bilangan ke dalam *microcontroller* dan menampilkan nilai *Process Variable* (PV). Proses pengendalian motor terjadi di dalam *PC*.

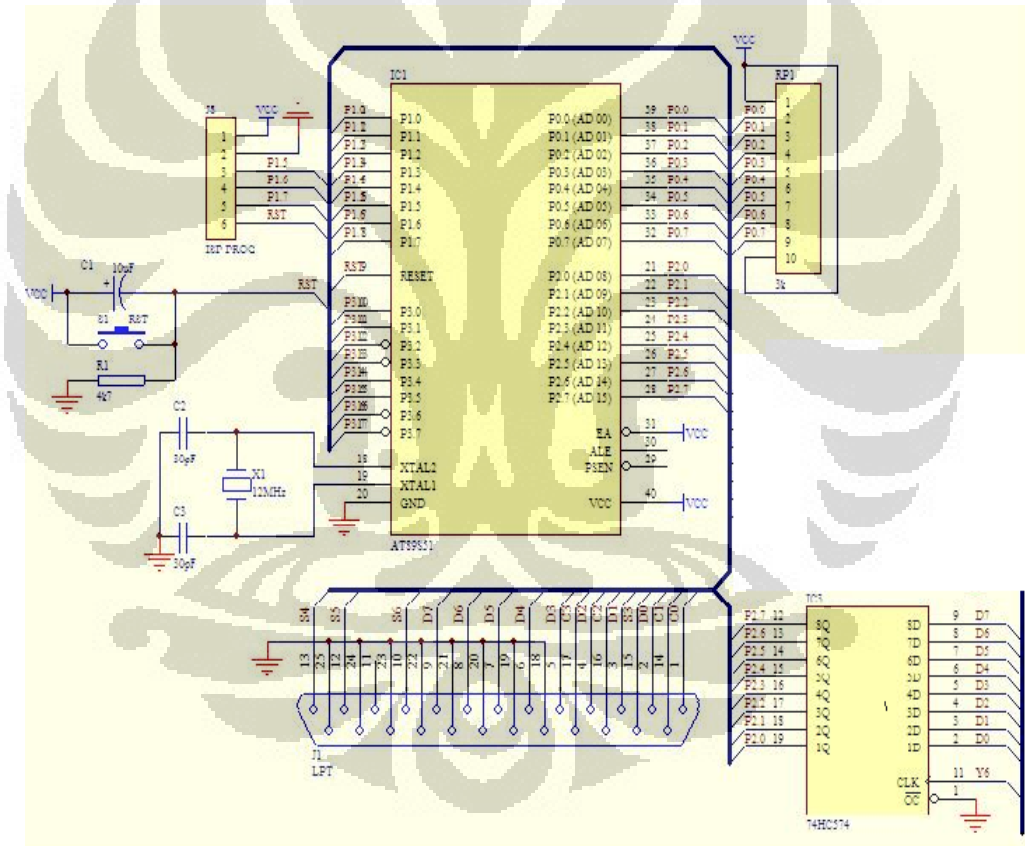
Pada dasarnya, alat ini dikendalikan oleh sebuah sistem pengendali yaitu pengendali kecepatan motor adalah *PID controller* (*Proportional Integrator Differential*).



Gambar 3.3. Blok Diagram Pengendali

3.3. Rangkaian PWM (*Pulse width Modulation*)

Inti dari rangkaian PWM (*Pluse Width Modulation*) ini merupakan rangkaian yang hanya terdiri dari mikrokontroler MCS51 dengan tipe ATMEL AT89S51. Dimana rangkaian PWM-nya sebagai berikut :



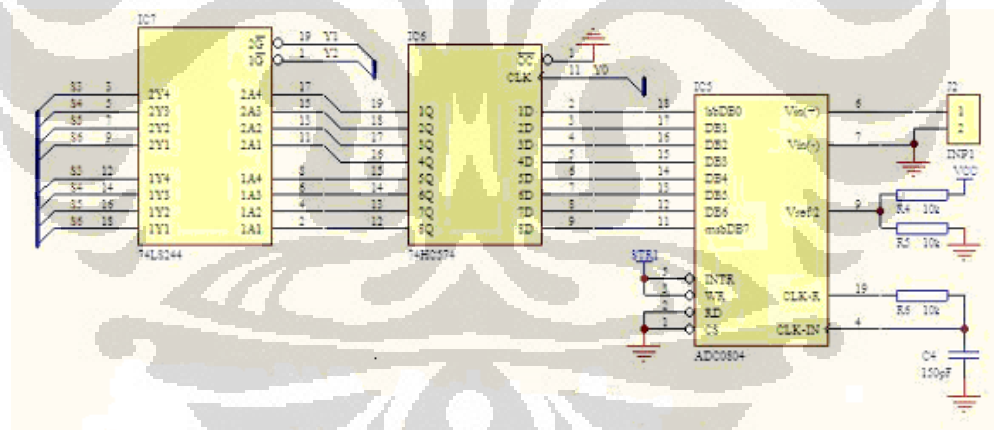
Gambar 3.4 Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*).

Microcontroller ini mendapatkan *input* dari PC yang akan mengirimkan data 8 bit *digital* sebagai hasil olahan dari pengendali *pid*. Data 8 bit tersebut akan dialirkan menuju ke sebuah IC *octal 3-state non-inverting D flip-flop* dimana pada

IC 74HC574 ini data 8 bit tersebut akan di-*latch* terlebih dahulu. Dan IC tersebut dikontrol atau diaktifkan oleh LabView melalui *port* LPT dengan melalui pengontrolan pada pin C₀-C₂. Sedangkan setelah diolah oleh *address decoder* maka IC 74HC574 diaktifkan melalui pin Y₆ untuk mengontrol *clock* pada IC3 74HC574. 8 bit data yang digunakan sebagai *input* pada IC 74HC574 diatur pengolahannya oleh labview, dimana labview mengirimkan angka-angka desimal dari 0-255 sehingga dapat dilakukan pengaturan PWM oleh *microcontroller*. Pengaturan lebar pulsa PWM pun dilakukan oleh labview dimana angka pengaturan minimum yaitu -100 dan angka maksimum 100 yang akan menjalankan motor dengan gerak kanan dan kiri.

3.4. Rangkaian Interfacing

Rangkaian *Interfacing* ini diperlukan untuk komunikasi data dengan hardware yang digunakan untuk mengirim data dan menerima data dari mikrocontoller. Adapun rangkaian interfacing yang digunakan adalah sebagai berikut:






Gambar 3.5 Rangkaian *Interfacing*

Rangkaian *interfacing* disini berfungsi untuk menyatukan dua protocol yang berbeda, antara PC dengan mikro yang digunakan. Jalur komunikasi yang digunakan yaitu port parallel seperti pada table 2.2 , bahwa port printer memiliki 8 pin yang berfungsi sebagai data output dan 4 pin yang berfungsi sebagai input yang bersifat normal. Normal yang dimaksudkan yaitu data yang dikirim dari

printer port sama dengan kondisi data yang sampai ke mikro lalu terdisplay pada mekanik. Pada pembuatan rangkaian interfacing ini penyusun memanfaatkan 8 jalur data output dan 4 jalur input normal tersebut sebagai jalur pengiriman dan penerimaan data dari mikro yang digunakan.

Pada rangkaian ini terdapat dua jalur, yaitu jalur pengiriman dan penerimaan data. Untuk jalur pengiriman data, digunakan IC 74HC574. Seperti yang terlihat pada gambar skematik 3.4 bahwa lajur D (D0-D7) terhubung dengan port parallel. Delapan bit data yang dikirim ke mikro yaitu pwm (Power motor).

Tabel 3.1. Tabel kebenaran 74HC574.

FUNCTION TABLE			
Inputs			Output
OE	Clock	D	Q
L		H	H
L		L	L
L	L,H, 	X	No Change
H	X	X	Z

X = Don't Care
Z = High Impedance

Jalur penerimaan data dari mikro, digunakan IC 74LS244. IC ini dapat membagi 8 bit data menjadi 4 bit data yang dikirim secara bertahap. Terdapat pin 1G yang berfungsi menerima 4 bit low dapat dikontrol melalui PC. Sama halnya dengan 2G yang berfungsi mengalirkan 4 bit high berikutnya.

Tabel 3.2. Tabel kebenaran IC 74LS244.

Inputs		Output
\overline{G}	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

L = LOW Logic Level
H = HIGH Logic Level
X = Either LOW or HIGH Logic Level
Z = High Impedance

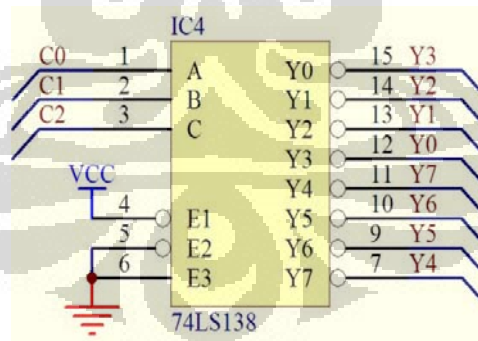
Rangkaian *address decoder* pada sistem ini menggunakan sebuah IC 74LS138, dimana IC ini digunakan untuk mengontrol IC-IC seperti IC 74HC574 serta IC 74LS244. IC 74LS138 merupakan IC *1 of 8 decoder* atau *demultiplexer*, *input* IC ini didapat dari *port* LPT pada komputer. IC 74LS138 ini memiliki tabel kebenaran sebagai berikut :

Tabel 3.3. Tabel kebenaran 74LS138.

INPUTS						OUTPUTS							
E ₁	E ₂	E ₃	A ₀	A ₁	A ₂	O ₀	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
 L = LOW Voltage Level
 X = Don't Care

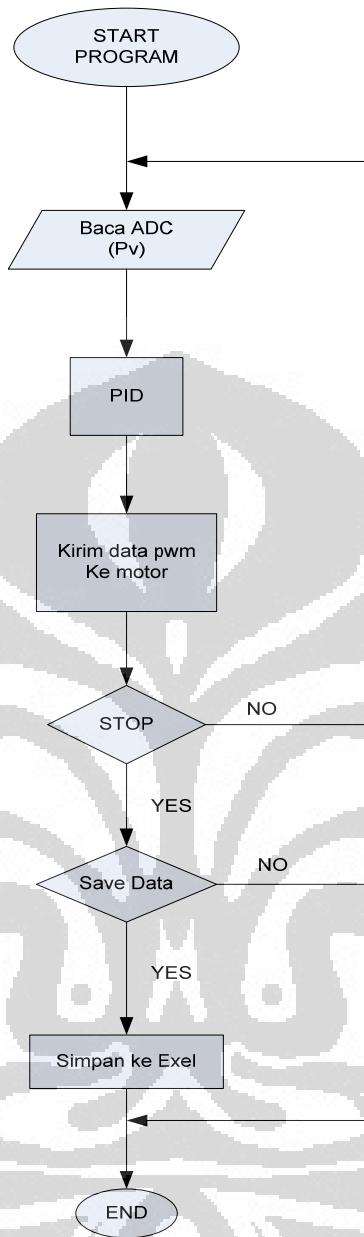
Adapun rangkaian pada sistem ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 IC 74LS138

Rangkaian ini mendapatkan *input* dari komputer yaitu pada pin-pin C₀-C₂, dimana C₀ dan C₂ berlogika aktif *low* . Sehingga urutan *output* dibalik pada setiap 4 bit *upper* dan 4 bit *lower* maka keluarannya akan sesuai dengan masukannya.

3.5. Blok Diagram LabView



Gambar 3.7 Flow Chart LabView

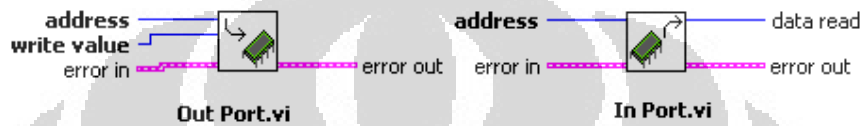
Pada saat program di start, mikro membaca sensor dan mengirimkan data ADC ke PC. Data yang diterima diproses ke dalam persamaan PID. Setelah itu pada PC akan mengirimkan MV atau nilai power motor (pwm). Dan mikro akan membaca ADC lagi proses akan terus berulang sampai tombol stop ditekan. Dan apabila tombol STOP ditekan ada pilihan save data. Bila yes maka data akan disave dan dapat secara default dibuka menggunakan program seperti notepad

ataupun dalam format yang lebih canggih seperti excel, dan program berhenti. Bila no maka program langsung berhenti tanpa disave.

3.6. Pemograman Labiew pada Simulasi Sistem

3.6.1 Program Komunikasi Parallel

Untuk mengakses suatu komunikasi parallel dapat digunakan instruksi out port dan in port. Instruksi Inport digunakan untuk mengambil data sedangkan instruksi outport digunakan untuk mengirimkan data ke mikro.



Gambar 3.8. icon outport dan import

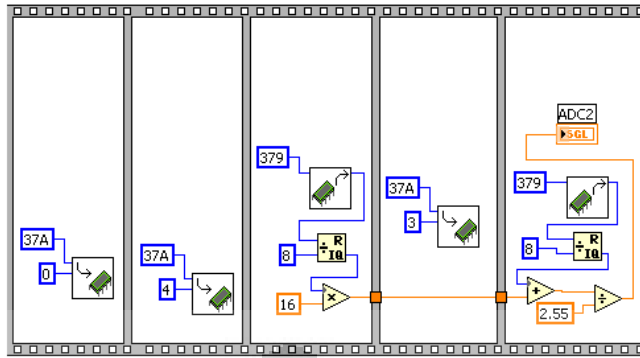
Data yang dikirim memiliki alamat masing- masing sesuai dengan pin pada port printer sesuai dengan table 3.4 Alamat pada port printer terhubung dengan hardware dengan fungsi yang telah ditentukan.

Tabel 3.4. adres pada printer port dan fungsinya pada program

Alamat	Koneksi	Fungsi
378	D0-D7	Pengiriman Data PWM
379	S3-S6	Pembacaan Data Sensor
37A	C0-C3	Pengaturan Enable

3.6.2 Pengambilan Data ADC

Mikrocontroller akan mengirimkan data berupa 8 bit ke labview melalui komunikasi parallel. Data yang diterima tidak langsung 8 bit tetapi di pecah menjadi 4 bit sehingga terjadi pengambilan data 4 bit sebanyak 2 kali.



Gambar 3.9. Blok Diagram Pengambilan Data ADC

Pertama-tama nilai 0 dikirimkan ke alamat register 37A. Dimasukkan nilai 0 karena untuk mengaktifkan ic 74hc574, sehingga data yang telah dikirim ADC dapat diterima ke ic 74ls244. Setelah itu PC akan mengirim nilai 4 untuk mengambil 4 bit data msb adc seperti yang terlihat pada table 3.6 . Lalu pada PC akan diterima 4 data msb adc dan akan dikalikan dengan nilai 16, agar data tersebut bernilai high bit. Selanjutnya PC akan mengirimkan nilai 3 ke alamat register 37A, maka 4 bit lsb akan di dapat. Lalu data msb dan lsb ditambah sehingga data yang diterima bernilai 255.

Tabel 3.5 4 bit yang dikirimkan ke mikro dari printer port

C3	C2	C1	C0	Keterangan
0	0	0	0	0 Mengaktifkan ic 74hc574
0	1	0	0	4 Msb ADC
0	0	1	1	3 Lsb ADC
0	1	1	0	6 Masukan power motor

3.6.3 Pemrosesan Data

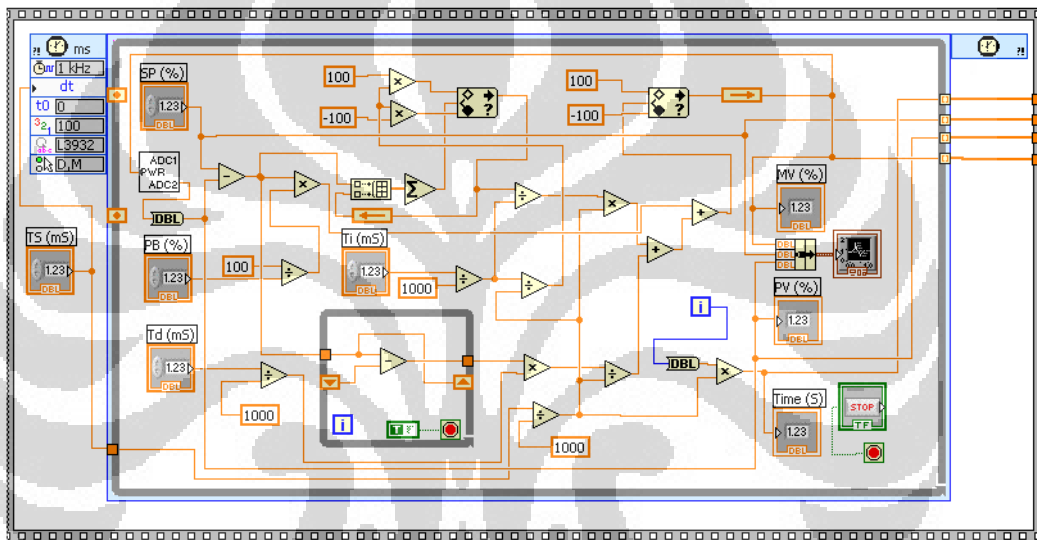
Data yang dibutuhkan oleh program ini adalah data Sp, data PB, data TD , data TI dan data Time Sampling. Sp yaitu nilai ADC yang diinginkan dari sensor, Pb merupakan konstanta *proporsional*, Ti merupakan konstanta *integral*, Td

merupakan konstanta *differensial*. PID yang digunakan pada proses ini menggunakan struktur paralel.

$$MV = K_p e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots(3-1)$$

$$K_p = \frac{100}{P\%} \quad (3-2)$$

$$e = Sp - P_v \quad (3-3)$$



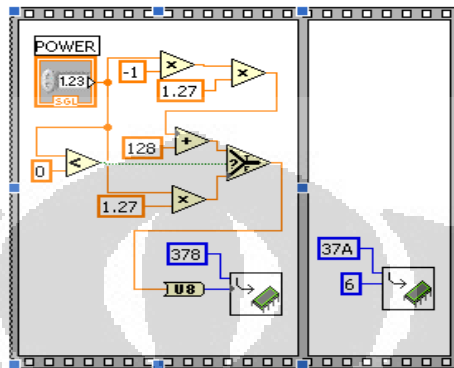
Gambar 3.10. Blok Diagram PID

3.6.4 Pengiriman Data Power Motor

Pada program LabVIEW terdapat subVI yaitu *ball balancing* LPT. Sub VI ini berfungsi untuk mengirimkan data 8 bit ke *microcontroller* melalui komunikasi parallel dan menerima data ADC. Data yang dikirimkan yaitu power motor. Data power motor dikirimkan ke alamat register 378 melalui fungsi out port. Dimana port 378 berfungsi sebagai Data Port pada komunikasi parallel.

Data power yang dihasilkan oleh proses PID bernilai antara -100 sampai 100. *Microcontroller* tidak dapat menerima data bernilai negatif, sehingga pada program pengiriman data power motor dikali -1, untuk membedakan antara data bernilai negatif atau bernilai positif maka bit ke 8 digunakan sebagai bit penentu. Jika bernilai negatif bit ke 8 berisi 1 dan jika positif bit ke 8 bernilai 0. Maka

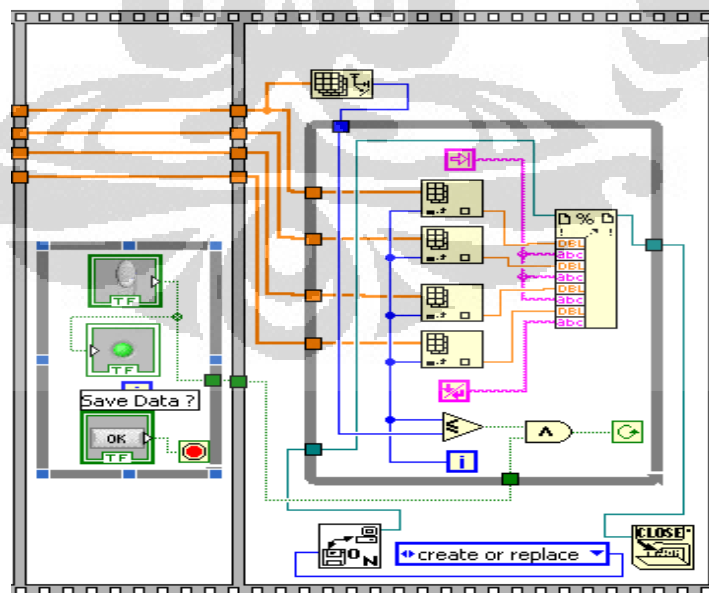
dalam program pengiriman ini hasil power negatif ditambah 128. Dan jika data PWM bernilai positif maka motor akan bergerak searah jarum jam, sebaliknya jika data PWM bernilai negatif maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam.



Gambar 3.11. Blok Diagram Pengiriman Power Motor

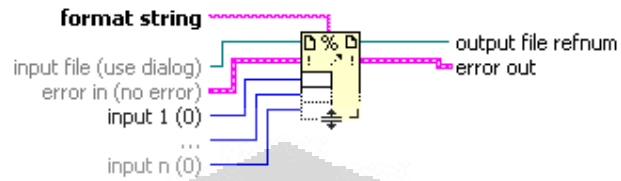
3.6.5 Penyimpanan data ke Microsoft Excel

Penyimpanan data disini yaitu proses penyimpanan data hasil pengolahan program sistem pengendalian keseimbangan bola ke dalam file excel (.xls). Adapun data yang disimpan ke excel yaitu Time Sampling, nilai Set Point, nilai PV (data ADC) dan data power motor (MV).



Gambar 3.12. Blok Diagram Program Simpan Data ke Excel

Adapun data-data hasil pengolahan sistem pengereman dimasukkan kedalam dimensi array sedangkan index array terhubung ke iterasi. Sedangkan element array yang dihasilkan dimasukkan ke dalam format file excel (.xls).



Format Into File

Gambar 3.13. Icon format into file

Fungsi diatas berfungsi untuk memformat input data berupa string, numeric, boolean untuk dimasukkan ke file.

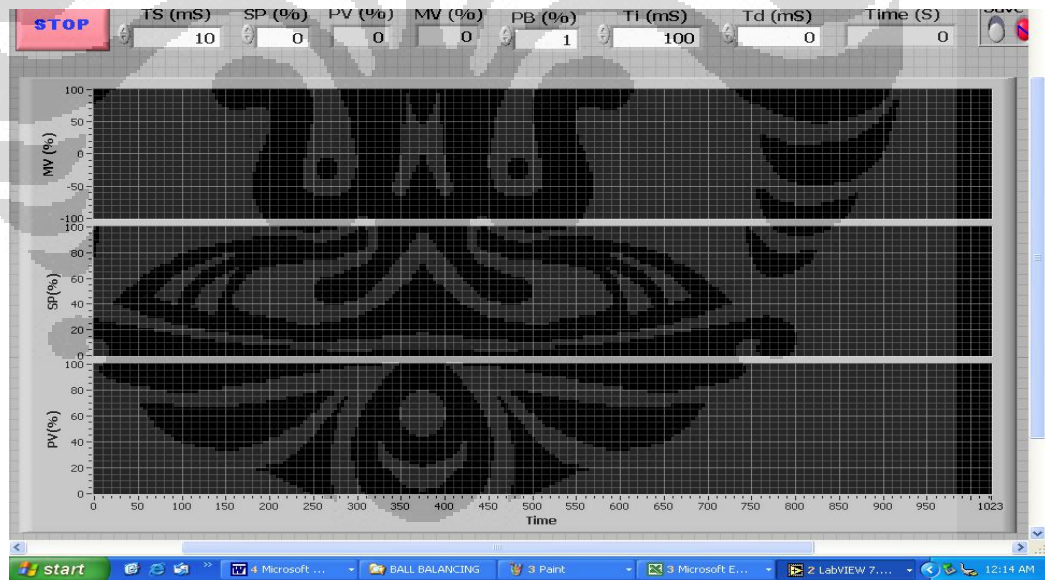
BAB IV

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA DATA PENELITIAN

Pengujian program dilakukan agar dapat diketahui apakah program yang dibuat sudah berfungsi seperti yang diharapkan atau belum. Pengujian ini terdiri dari pengujian rangkaian interfacing dan pengujian program. Pengujian program yang akan dilakukan yaitu: Pengujian pengiriman data, pengujian penerimaan data, pengujian terhadap objek pengendali, pengujian sistem menggunakan unit pengendalian PID, pengamatan dan pengujian sistem pengendali PID secara *trial and error*. Dan tidak lupa analisa setelah dilakukan pengujian.

4.1 Pengujian Program

Pada pengujian perangkat ini adalah semua fungsi utama program ini akan diujicobakan untuk mengetahui apakah ada kesalahan atau tidak. Gambar dibawah ini adalah Front Panel Program pid keseimbangan bola :



Gambar 4.1. Front Panel Program Sistem Keseimbangan Bola

Pengujian pada program ini adalah pengujian secara keseluruhan yang bertujuan untuk mengetahui ada kesalahan pemrograman atau tidak.

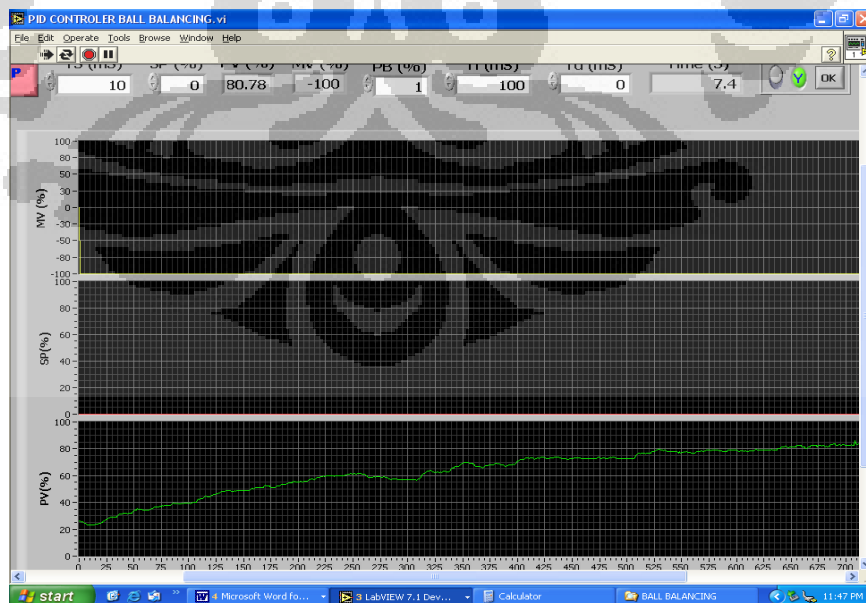
4.2 Pengujian Rangkaian Interfacing

Pada pengujian rangkain interfacing, menggunakan komunikasi paralel. Pengujian menggunakan rangkaian utama dimana terdapat mikro dan driver motor. Untuk menguji apakah rangkaian interfacing sudah terhubung ke mikro menggunakan *logic probe*. Pada *logic probe* terdapat indikasi *pulse* yang menandakan terdapat pulsa dan terdapat pula indikasi bit low (led merah) dan bit high untuk menandakan bit high (led hijau).

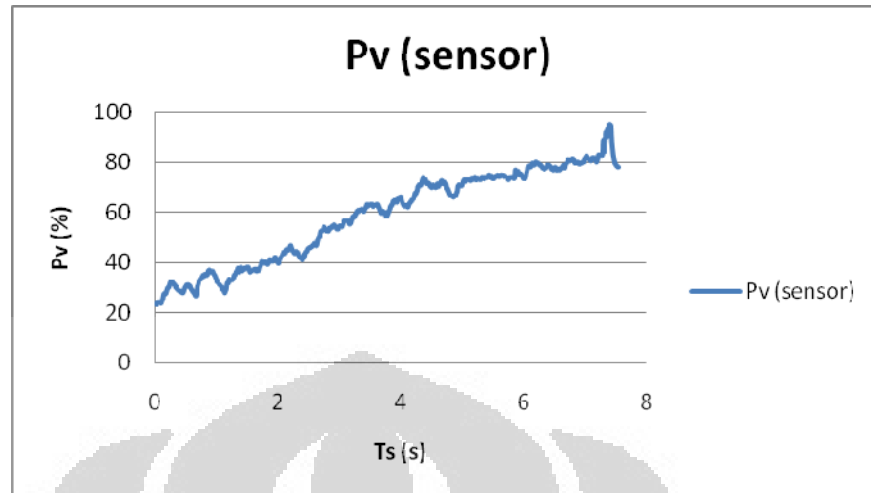
LabVIEW akan mengirimkan data power sebanyak 8 bit. Pada pengiriman data power motor akan diterima mikro (ATMEL S52) pada kaki 21-28. Ketika power motor di set menjadi 50%, maka pada kaki 32 pada atmel S52 menunjukkan bit high pada *logic probe*. Lalu ketika power motor di set kurang dari 50% maka kaki 32 pada atmel S52 menunjukkan bit low *logic probe*. Dari pengujian diatas dapat dikatakan bahwa pengiriman data dari LabVIEW ke mikro dapat dikatakan berhasil tersampaikan.

4.3 Pengujian ADC

Pada pengujian ADC berfungsi untuk mengetahui pembacaan sensor pada plant saat sensor disatukan. Sehingga dapat dilihat perubahan-perubahan yang dapat mempengaruhi pengendalian.



Gambar 4.2 Data respon pv (sensor) terhadap waktu



Gambar 4.3 Data respon pv (sensor) dalam excel

4.4 Pengujian Pengiriman Data Pwm

Pada front panel dapat diatur nilai power motor yaitu berupa motor dc. Nilai power motor dapat diatur dari -100% sampai 10%. Sedangkan data dalam persen dikali 1,27 pada pada program utama lalu dikirim berupa bilangan hexsa ke mikro. Dibawah ini merupakan data yang diterima pada port 0 pada mikro pada saat pengiriman nilai power motor:

Tabel 4.1 8 bit data power motor yang dikirimkan ke mikro dari printer port

Power Motor (%)	Data yang dikirim (Nilai decimal)	Data yang terima mikro (Nilai hexsa)	Data yang terima (nilai biner) PORT 0							
			7	6	5	4	3	2	1	0
			128	64	32	16	8	4	2	1
-100	255	FF	1	1	1	1	1	1	1	1
-90	242	F2	1	1	1	1	0	0	1	0
-80	230	E6	1	1	1	0	0	1	1	0
-70	217	D9	1	1	0	1	1	0	0	1
-60	204	CC	1	1	0	0	1	1	0	0
-50	192	C0	1	1	0	0	0	0	0	0

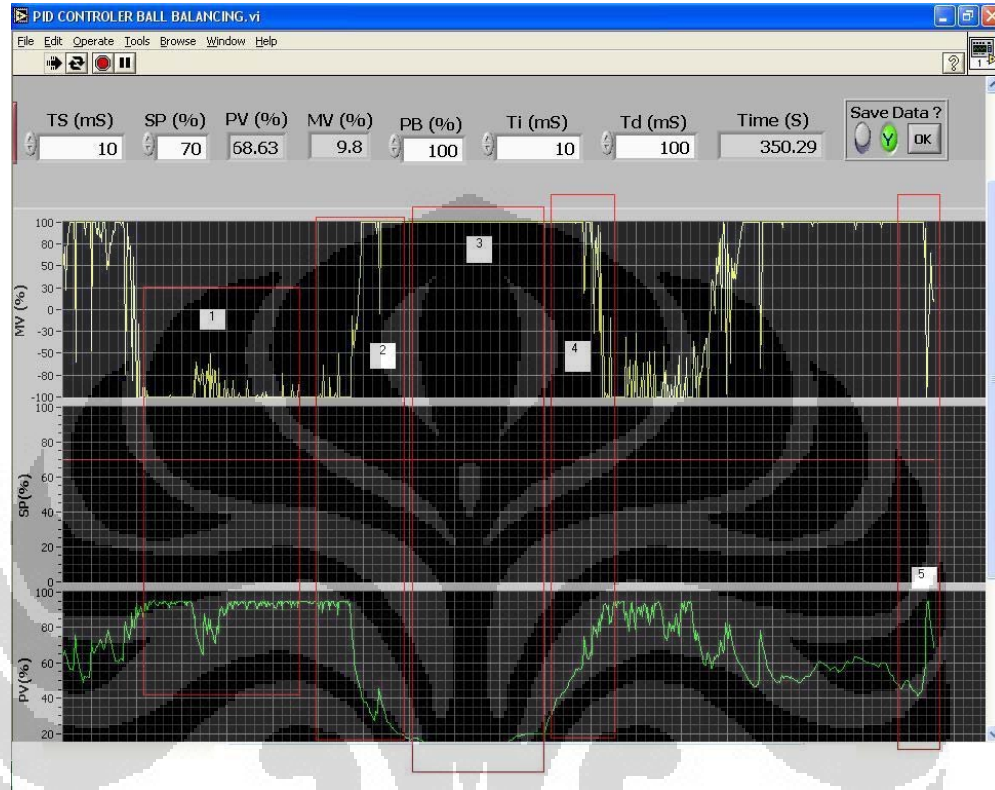
-40	179	B3	1	0	1	1	0	0	1	1
-30	166	A6	1	0	1	0	0	1	1	0
-20	153	99	1	0	0	1	1	0	0	1
-10	141	8D	1	0	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	D	0	0	0	0	1	1	0	1
20	25	19	0	0	0	1	1	0	0	1
30	38	26	0	0	1	0	0	1	1	0
40	51	33	0	0	1	1	0	0	1	1
50	64	40	0	1	0	0	0	0	0	0
60	76	4C	0	1	0	1	1	0	0	1
70	89	59	0	1	0	1	1	0	0	1
80	102	66	0	1	1	0	0	1	1	0
90	114	72	0	1	1	1	0	0	1	0
100	127	7F	0	1	1	1	1	1	1	1

4.5 Pengamatan dan Pengujian Sistem Pengendali PID secara *Trial and Error*

Yang dimaksud dengan pengamatan dan pengujian sistem pengendali *trial and error* adalah pengamatan dan pengujian sistem pengendali secara coba-coba dengan memasukan nilai-nilai yang telah ditentukan pada sistem, sampai menjadi stabil. Pengamatan dan pengujian sistem pengendalian tersebut dilakukan menentukan konstanta nilai variable pengendali seperti PB, Ti dan Td yang tepat sehingga proses menjadi stabil. Dalam menggunakan metode *trial and error*, penulis menentukan SP 70%.

Secara keseluruhan pengendalian pada sistem kesetimbangan bola ini dapat dilakukan. Namun, karena keterbatasan konstruksi mekanik, respon riil yang didapat pada sistem tidak tercapai sesuai dengan tujuan, yakni membuat bola seimbang. Hal ini dapat ditunjukkan dengan ketika Pada saat SP bernilai 70% den-

gan Pb bernilai 100%,Ti bernilai 10% dan Td bernilai 100% .respon yang didapat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.4 Grafik pengujian system kendali secara *trial and error*

Gambar pada blok 1 diatas hasil pengujian secara keseluruhan dari alat yang telah dibuat. Mv merupakan nilai output yang didapat dari system, nilai output ini digunakan untuk menggerakkan *actuator*. Seperti yang dijelaskan sebelumnya *actuator* yang digunakan adalah motor dc. Motor dc bergerak dipengaruhi oleh nilai Pv dalam hal ini adalah posisi bola.

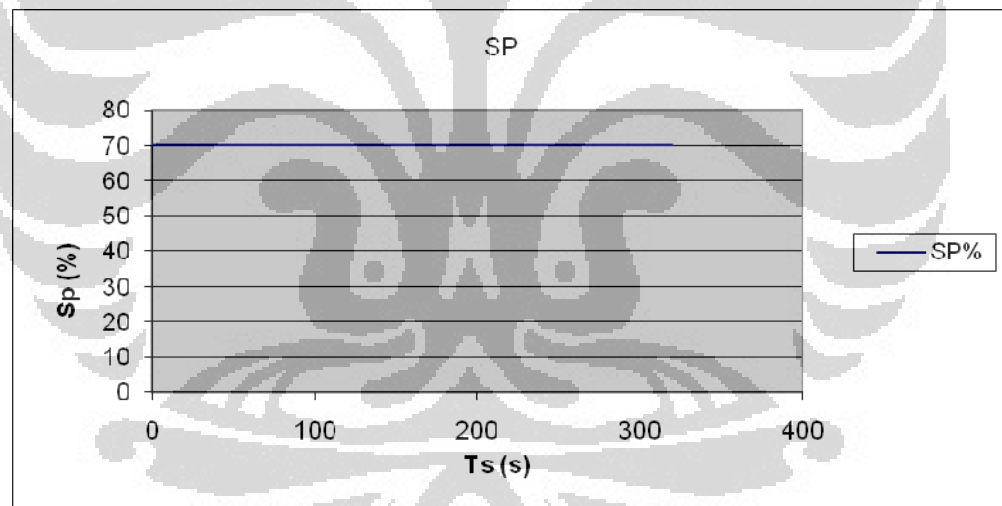
Untuk hasil diatas set point yang dimasukan bernilai 70% ketika pertama kali dijalankan keadaan Pv (posisi bola) ada pada kanan poros dan motor bergerak kearah searah jarum jam, tetapi gambar diatas menunjukan keadaan yang terus menerus diposisi itu, ini disebabkan motor tidak kuat mengangkat kayu atau beban. Sehingga penulis harus menggerakkan bola secara manual, baru motor dapat merespon kembali.

Gambar pada blok 2 diatas menunjukkan keadaan nilai Pv (posisi bola) melebihi dari nilai Sp, maka bola akan bergerak menuju di kiri poros dan motor bergerak searah jarum jam.

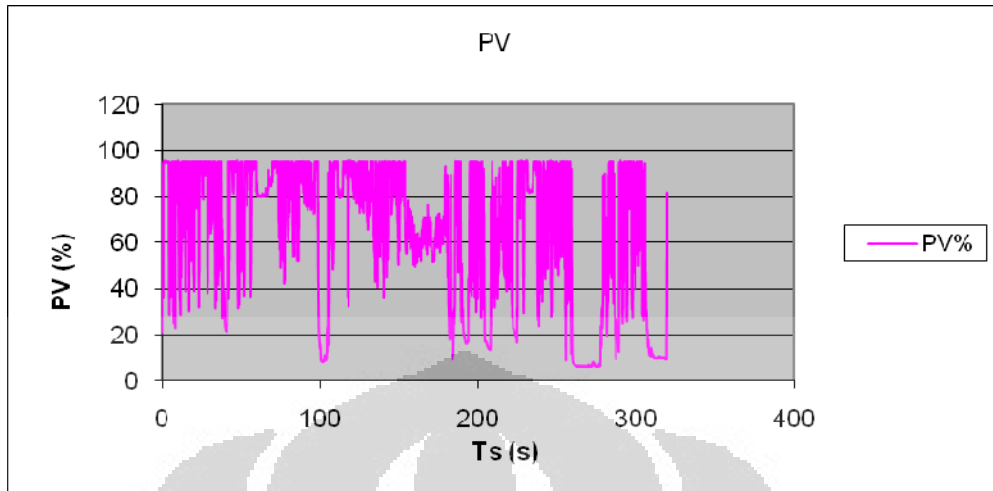
Pada gambar blok 3 keadaan Pv (posisi bola) ada pada kiri poros dan motor bergerak kearah searah berlawanan jarum jam, tetapi gambar diatas menunjukan keadaan yang terus menerus diposisi itu, ini disebabkan motor tidak kuat mengangkat kayu atau beban. Sehingga penulis harus menggerakkan bola secara manual, baru motor dapat merespon kembali.

Gambar pada blok 4 diatas menunjukkan keadaan nilai Pv (posisi bola) kurang dari nilai Sp, maka bola akan bergerak menuju di kanan poros dan motor bergerak berlawanan arah jarum jam.

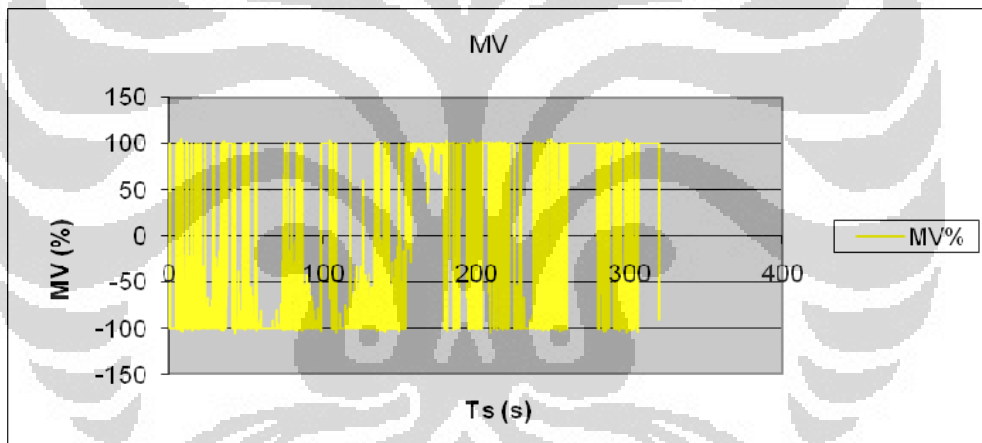
Gambar pada blok 5 menunjukkan nilai Pv (posisi bola) mendekati nilai set point. Maka pwm motor (mv) akan bernilai mendekati nol.



Gambar 4.5 Grafik Sp dalam excel



Gambar 4.6 Grafik Pv dalam excel



Gambar 4.7 Grafik Mv dalam excel

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

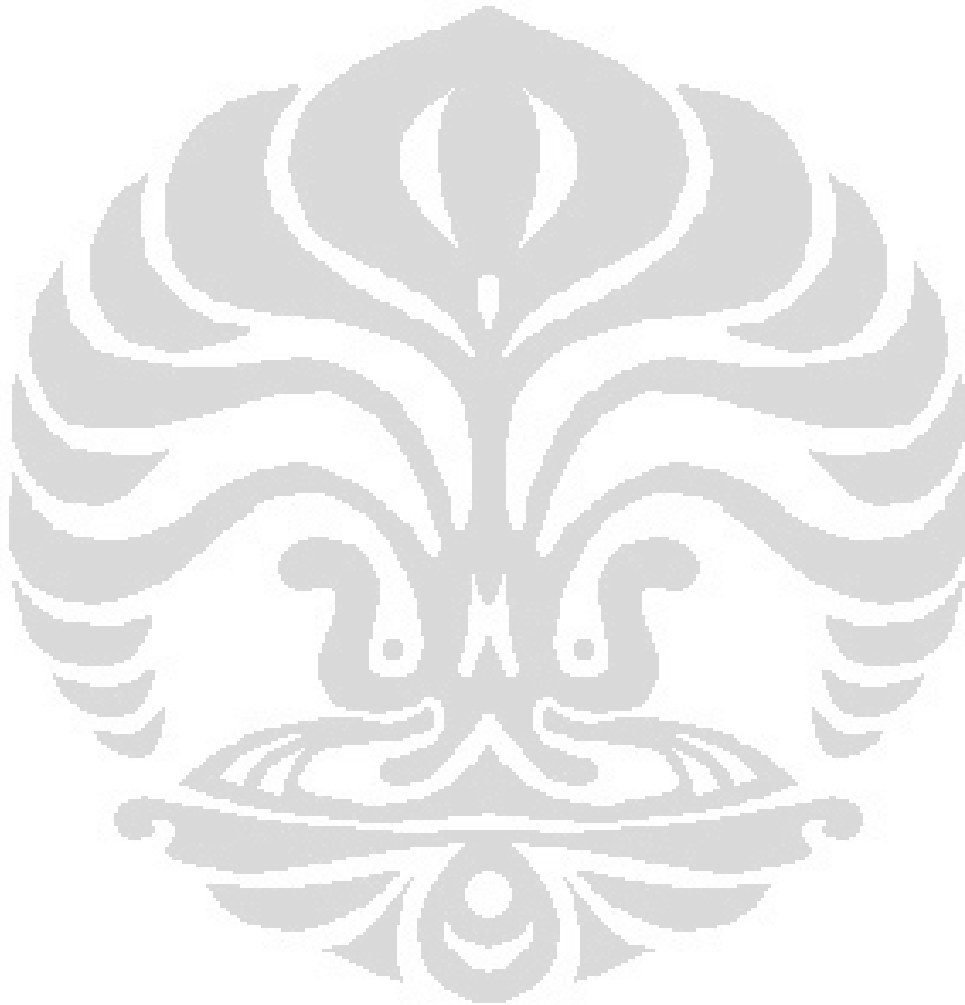
Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat mengambil suatu kesimpulan bahwa :

1. Pengujian pengendalian keseimbangan bola dilakukan dengan menggunakan $SP = 70\%$.
2. Respon posisi bola terhadap power motor cukup baik, hal ini dapat dilihat pada gambar grafik 4.4 . Ketika P_v menjauhi S_p maka M_v (power motor) akan bergerak searah atau berlawanan jarum jam.
3. Ketika bola berada pada ujung kayu motor tidak mampu mengangkat. hal ini dapat ditunjukkan oleh gambar grafik 4.4.
4. Pengendalian pada sistem kesetimbangan bola ini tidak dapat dilakukan. Karena keterbatasan konstruksi mekanik, respon riil yang didapat pada sistem tidak tercapai sesuai dengan tujuan.

5.2. Saran

Apabila ingin membuat sistem ball balancing, maka berat dan pemasangan beban serta konstruksi mekanik benar-benar harus diperhitungkan. Hal tersebut dikarenakan akan mempengaruhi kecepatan motor dan momen inersia yang dihasilkan pada saat melakukan keseimbangan. Juga untuk memperbaiki system sensor posisi bola yang digunakan maka hati-hati dengan sensitivitas, dan

responsivitas, diharapkan suatu sistem control yang lebih lengkap untuk mengontrol karakteristik sensor yang lain seperti akurasi, linearitas dan presisi.



DAFTAR PUSTAKA

Coughlin Robert F, “Operational Amplifiers And Liniar Integrated Circuit”,
Prentice-Hall International, Inc, fourth edition, 1991.

Putra Agfianto Eko, “Belajar Mikrokontroler”, Penerbit Gava Media, 2003.

Seborg Dale E, “Process Dynamics And Control”, John Wiley & Sons Inc,
1989.

Tokheim Roger L, “Digital Electronics”, Prentice-Hall International, Inc.

