

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



SKRIPSI

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI
PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1
PROFESSIONAL DAN LABJACK U12**

Oleh
MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
01.12.008

MARET 2007

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI
PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1
PROFESSIONAL DAN LABJACK U12**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh
MOHAMMAD ARIEF YUSTAMA
01.12.008**

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I,



Ir. Widodo Pudi Muljanto, MT
NIP.Y. 102 870 0171

Dosen Pembimbing II,



Ir. Eko Nurcahyo
NIP.Y. 102 870 0172

**Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro**



F. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 103 950 0274

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO (S-1)
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
Nim : 01.12.008
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Maret 2007
Dengan Nilai : 81,85 (A) *By*



Panitia Ujian Skripsi,

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y. 101 810 0036

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 103 950 0274

Anggota Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 101 870 0015

Irrine Budi S. ST, MT
NIP. 132 314 400

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI
PID KONTRLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1
PROFESSIONAL DAN LABJACK U12**

(Mochammad Arief Yustama, Nim 01.12.008, Teknik Elektro S-1 Konsentrasi

Teknik Energi Listrik Malang Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang)

(Dosen Pembimbing I Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Dosen Pembimbing II Ir. Eko Nurcahyo.)

ABSTRAK

Kontroler PID merupakan jenis kontroler berumpan balik yang masih populer dikalangan industri, oleh karena itulah dibutuhkan oleh karena itu dibutuhkan suatu desain kontroler PID untuk keperluan studi (praktikum) di Laboratorium Sistem Kendali Industri Jurusan Teknik Elektro ITN Malang yang bertujuan untuk mengenalkan sebuah sistem kontrol yang dipakai didunia industri.

Didesain sistem kontroler dengan perangkat lunak LABVIEW V7.1 Professional, yang diaplikasikan untuk mengontrol level ketinggian muka air dengan ketinggian antara 0-10 cm dengan input fungsi step, pada saat pengujian diberikan nilai $K_p=10$, $K_i=0,0150$ dan $K_d=0,0010$ menghasilkan respon system yang lebih baik dari sistem tanpa dikontrol dengan kontroler PID dengan selisih error $\pm 6\%$

Kata kunci: *kontroler PID, LABVIEW V7.1 Professional, level muka air*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul "PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTRLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12". Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini penyusun dengan rasa hormat menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof.Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME Selaku Dekan Falkultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak .Ir. Yudi Limpraptono, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku dosen pembimbing II
6. Ayah dan Ibuku yang paling kucintai di dunia ini, Adikku,Kakakku, dan seluruh keluargaku atas segala doa dan kasih sayangnya.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, kesalahan serta keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman dalam penyusunan skripsi ini sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun pihak-pihak yang membutuhkan.

Malang, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi	4
1.6 Sistematika	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Motor DC	7
2.1.1. Jenis-Jenis Motor DC	8
2.1.2. Model Matematik Motor DC	9
2.1.3. Kontroller	15
2.2.1. Kontroler Proporsional	16
2.2.2. Kontroler Integral	19
2.2.3. Kontroler Diferensial	22

2.2.4. Kontroler PID	23
2.3. IC Timer 555	25
2.3.1. Rangkaian Monostable	26
2.3.2. Rangkaian Astable	29
2.4. OPERASIONAL AMPLIFIER (OP-AMP)	31
2.4.1. Teori	31
2.4.2. Sifat – sifat ideal op-amp	32
2.5. Sekilas Tentang LabVIEW	33
2.5.1. MENGENAL VIRTUAL INSTRUMENT	34
2.5.1.1. Front Panel	35
2.5.1.2. Block Diagram	36
2.5.1.3. Icon dan Connector Panel	37

BAB III PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

3.1. Perancangan Perangkat Keras	38
3.1.1 Desain tangki	40
3.1.2 Sensor ketinggian muka air	41
3.1.3 Rangkaian Pulse Width Modulation (PWM)	42
3.1.3.1. Rangkaian pembangkit tegangan segitiga	43
3.1.3.2. Rangkaian pengontrol PWM	45
3.1.3.3. Rangkaian Komparator	48
3.1.4 Labjack	50

3.2.1. Flowchart	51
3.2.2. PID parameter	52
3.2.3. Kontroler Proporsional (P)	53
3.2.4. Kontroler Integral (I)	54
3.2.5. Kontroler Differensial (D)	55
3.2.6. Kontroler PID	56
3.2.7. Plotting	57
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	
4.1. Pengujian rangkaian pembangkit segitiga	58
4.2. Pengujian rangkaian pengontrol pwm	59
4.3. Pengujian rangkaian komparator	60
4.4. Pengujian kontroler PID	64
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Interaksi Antara Medan Magnet Dan Penghantar Yang Dialiri Arus -----	7
Gambar 2.2.	Rangkaian Jenis Motor DC Penguatan Terpisah -----	8
Gambar 2.4.	Arah Gaya Pada Motor DC -----	9
Gambar 2.5.	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Pengontrolan Jangkar -----	10
Gambar 2.6.	Diagram Blok Motor DC Penguat terpisahdengan Pengontrolan Tegangan Jangkar -----	15
Gambar 2.7	Diagram Blok Kontroler Proporsional -----	17
Gambar 2.8	Proportional Band Dari Kontroler Proporsional Tergantung Pada Penguatan.-----	18
Gambar 2.9.	Kurva Sinyal Kesalahan $e(t)$ Terhadap t dan Kurva $u(t)$ Terhadap t Pada Pembangkit Kesalahan Nol.-----	20
Gambar 2.10	Blok Diagram Hubungan Antara Besaran Kesalahan Dengan Kontroller Integral -----	20
Gambar 2.11	Blok Diagram Kontroler Diferensial -----	21
Gambar 2.12	Kurva Waktu Hubungan Input-output Kontroler Diferensial-----	22
Gambar 2.13.	Blok Diagram Kontroler PID -----	23
Gambar 2.14	Hubungan Fungsi Waktu Antara Sinyal Input- output Untuk Kontroller PID -----	24

Gambar 2.15	Diagram Pin IC 555-----	25
Gambar 2.16	Rangkaian pewaktu monostable -----	27
Gambar 2.17	Rangkaian osilator astable -----	30
Gambar 2-18	Front Panel-----	35
Gambar 2-19	Blok Diagram-----	36
Gambar 2-20	Terminal-----	37
Gambar 2-21	Icon dan Conector Pane-----	38
Gambar 3.1.	Diagram blok system -----	39
Gambar 3.2.	Desain tangki -----	40
Gambar 3.3.	Sensor Tinggi Muka Air -----	41
Gambar 3.4.	Sistem Katrol -----	40
Gambar 3.7.	Komparator Tegangan DC Rata Dengan Tegangan DC Segitiga---	42
Gambar 3.8 .	Skema rangkaian Pulse Width Modulation -----	43
Gambar 3.9.	Bentuk gelombang keluaran rangkaian pembangkit tegangan dc bentuk segitiga-----	44
Gambar 3.10.	Skema Rangkaian Penurun Keluaran Labjack-----	45
Gambar 3.11.	Skema Rangkaian Komparator-----	46
Gambar 3.12.	Bentuk gelombang kotak keluaran rangkaian komparator -----	47
Gambar 3.13.	Rangkaian Driver Pompa -----	50
Gambar 3.14	Bentuk Fisik LABJACK -----	50
Gambar 3.15	Flowchart Software-----	51
Gambar 3. 16	Front Panel PID parameter -----	52

Gambar 3.17	Diagram Blok PID parameter	52
Gambar 3.18	Front Panel Kontroler Proporsional	53
Gambar 3.19	Diagram Blok Kontroler Proporsional	54
Gambar 3.20	Front Panel Kontroler Integral	55
Gambar 3.21	Diagram Blok Kontroler Integral	55
Gambar 3.22	Front Panel Kontroler Differensial	55
Gambar 3.23	Diagram Blok Kontroler Differensial	55
Gambar 3.24	Front Panel Kontroler PID	56
Gambar 3.25	Diagram Blok Kontroler PID	56
Gambar 3.26	Hasil Plotting	57
Gambar 4.1.	bentuk segitiga yang dihasilkan	58
Gambar 4.2.	Bentuk PWM 100%	60
Gambar 4.3.	Bentuk PWM 75%	60
Gambar 4.2.	Bentuk PWM 50%	60
Gambar 4.2.	Bentuk PWM 25%	60
Gambar 4.2.	bentuk kurva reaksi pada saat bekerja normal	64
Gambar 4.3.	bentuk kurva reaksi pada saat diberi gangguan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil perhitungan rangkaian pengontrol pwm-----	59
Tabel 4.2	Hasil perhitungan rangkaian pengontrol pwm-----	59
Tabel 4.3	Hasil pengujian rangkaian pengontrol pwm -----	59
Tabel 4.4	Perbandingan hasil perhitungan dan pengujian rangkaian pengontrol pwm -----	60
Tabel 4.5	Hasil perhitungan rangkaian komparator -----	62
Tabel 4.6	Hasil pengujian rangkaian komparator-----	62
Tabel 4.7	Perbandingan hasil perhitungan dan pengujian rangkaian komparator---	62
Tabel 4.8	Hasil perhitungan data pengujian -----	63
Tabel 4.9	Hasil perhitungan data pengujian performansi sistem dengan kontroler pid -----	66
Tabel 4.10	Hasil perhitungan data pengujian -----	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi, sektor industri memegang peranan yang sangat penting, khususnya di Indonesia. Banyak industri yang berkembang secara pesat. Di dalam industri, sangat dibutuhkan sistem kontrol yang baik untuk dapat menunjang proses industri serta untuk peningkatan efisiensi dalam proses produksi.

Dalam sistem kontrol istilah kontroler PID. Kontroler PID merupakan kontroler berumpan balik yang paling populer di dalam dunia industri saat ini. Kontroler PID terbukti telah dapat memberikan performansi kontrol yang baik meskipun memiliki algoritma yang sederhana dan sangat mudah dipahami. Kontroler PID pun dikenal sebagai kontroler klasik yang dapat menghasilkan performansi yang paling baik.

Oleh karena itulah dibutuhkan oleh karena itu dibutuhkan suatu desain kontroler PID untuk keperluan studi (praktikum) di Laboratorium Sistem Kendali Industri Jurusan Teknik Elektro ITN Malang yang bertujuan untuk mengenalkan sebuah sistem kontrol yang dipakai didunia industri

Sistem kontroler PID merupakan sistem kontrol *close loop*, setiap nilai keluaran (output) selalu dibandingkan dengan nilai setpoint dimana informasi penting yang digunakan dalam komputasi sinyal kesalahan, yaitu beda antara

nilai *set point* dengan *output* yang sebenarnya dari proses terkontrol. Beberapa strategi komputasi sinyal kontrol adalah sebagai berikut :

- a. Kontroler *on-off*
- b. Kontroler P
- c. Kontroler P+I
- d. Kontroler P+I+D

Kontroler *on-off* adalah strategi kontrol *close loop* yang paling sederhana, ciri utamanya adalah memberikan *output* terkontrol yang berosilasi disekitar *set point*.

Dalam sistem pengendalian dikenal ada tiga jenis pengendalian kontinu yang sering digunakan, yaitu proporsional yang disingkat dengan P, pengendali integral yang disingkat dengan I dan pengendali differensial yang disingkat dengan D.

Karena kelebihan dan kekurangan ketiga pengendali tersebut, maka biasanya seringkali digunakan dalam bentuk kombinasi. Sebagai contoh kombinasi penggabungan P dan I yang disingkat dengan PI, kombinasi antara P dan D yang disingkat dengan PD atau dapat pula gabungan antara P, I dan D yang lebih dikenal dengan PID.

Istilah proporsional sendiri datang dari sifat unit itu sendiri yaitu outputnya selalu sebanding (proporsional) dengan inputnya. Begitu pula, disebut dengan integral karena output unit tersebut merupakan hasil integral dari inputnya. Dan disebut *derivative* atau differensial karena output unit tersebut merupakan hasil defferensial atau *derivative* dari inputnya.

Mengingat pentingnya hal tersebut diatas maka Skripsi ini diberi judul :

“ PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12 ”

1.2 Rumusan Masalah

Membuat dan mengaplikasikan kontroler PID pada sebuah sistem (plant), dalam hal ini plant yang diatur adalah level ketinggian muka air dalam sebuah bejana sebagai contoh sebuah sistem yang membutuhkan suatu pengendali, sehingga untuk mengatur laju aliran air yang mengisi bejana akan dapat dicapai ketinggian yang diinginkan.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka dalam hal ini yang terpenting adalah bagaimana membuat desain sebuah sistem yang mudah dipahami dan mudah dipelajari oleh mahasiswa untuk keperluan studi (praktikum).

1.3 Tujuan

Merancang dan membuat miniatur suatu sistem pengaturan level ketinggian muka air pada suatu tangki air serta melihat dan membedakan bagaimana sebuah sistem yang dikendalikan dengan on-off kontroler dan sistem yang dikendalikan dengan kontroler PID, ditinjau dari pembacaan kesalahan yang dihasilkan dan waktu tunak yang dicapai.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Proses Kontrol PID Menggunakan program labview Versi 7.1 Professional
2. menggunakan labjack u12 sebagai interface
3. Tidak membahas performa pengendali PID
4. Tidak membahas performa pompa yang digunakan sistem

1.5 Metodologi

Adapun metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi literature, kajian kepustakaan yang mempelajari tentang teori-teori terkait melalui literature yang ada dan berhubungan dengan pembahasan masalah
 - b. Studi penelitian yang berkaitan dengan permasalahan.
 - c. Merancang dan membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang saling berkaitan satu dengan lainnya, kemudian merakitnya menjadi suatu sistem.
 - d. Studi pengujian pada plant dengan desain sistem yang telah dibangun
 - e. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan masalah.
-

1.1. Sistematika

Pembahasan dalam Skripsi ini akan diuraikan dalam lima bab, yang penjabarannya adalah sebagai berikut :

Bab I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan yang akan dipaparkan dalam laporan Skripsi ini.

Bab II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang berbagai macam teori yang mendukung pengontrolan motor DC (pompa), komponen-komponen elektronika yang digunakan, konsep kontroler PID, sekilas teori tentang perangkat lunak labview v7.1 professional

Bab III : PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

Pada bab ini berisi tentang uraian dan penjelasan tentang bagaimana tahap-tahap perencanaan dan proses pembuatan perangkat keras, perangkat lunak dan cara kerja sistem.

Bab IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini diuraikan mengenai kinerja dari masing-masing diagram blok rangkaian. Dan juga dianalisa apakah alat sudah sesuai dengan yang diharapkan atau masih terdapat kekurangan-kekurangan.

Bab V : PENUTUP

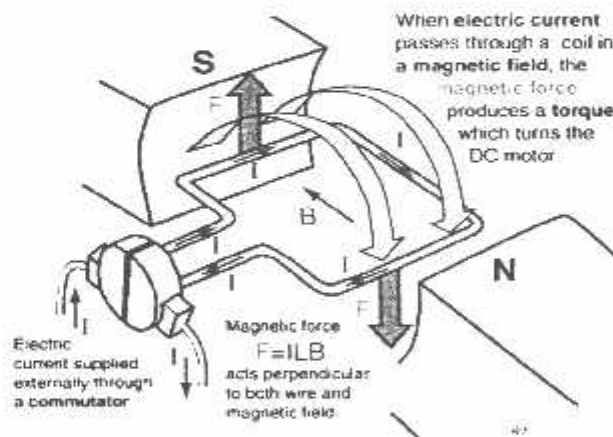
Merupakan bagian akhir dari laporan yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Motor DC

Pada skripsi ini digunakan pompa dengan penggerak motor DC. Prinsip kerja motor DC berdasarkan pada penghantar yang dialiri arus ditempatkan dalam suatu medan magnet sehingga penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi sehingga menghasilkan putaran. Penghantar yang berputar akan menimbulkan tegangan AC sehingga diubah menjadi tegangan DC oleh komutator dan sikat.



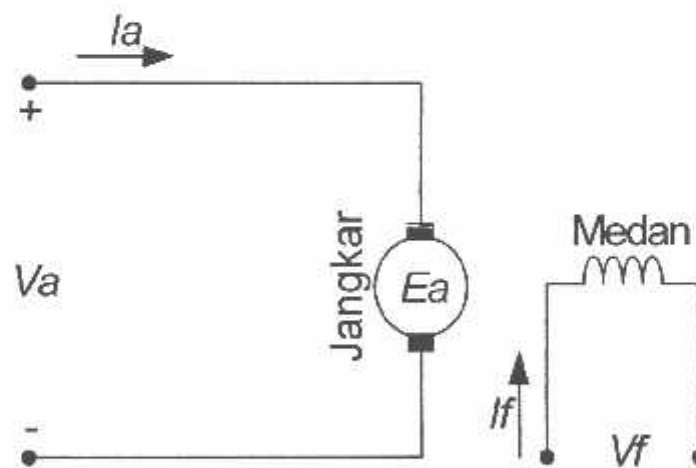
Gambar 2.1. Interaksi Antara Medan Magnet Dan Penghantar Yang Dialiri Arus ^[10]

2.1.1. Jenis-Jenis Motor DC

Motor DC berdasarkan jenis penguatannya terbagi menjadi 2 yaitu: motor DC penguatan terpisah dan motor DC penguatan sendiri. Penguatan pada motor DC diberikan oleh belitan medan sehingga jenis penguatan motor DC berdasarkan pada cara pemberian catu tegangan pada belitan medan yang akan menimbulkan medan magnet.

Motor DC penguatan terpisah dicatu oleh dua sumber tegangan terpisah pada belitan medan dan belitan jangkarnya seperti pada *Gambar 2.2*. Motor DC penguatan sendiri dicatu oleh satu sumber pada belitan medan dan belitan jangkarnya.

Untuk selanjutnya di sini hanya akan ditinjau motor DC penguatan terpisah.



Gambar 2.2. Rangkaian Jenis Motor DC Penguatan Terpisah ^[6]

2.1.2. Model Matematik Motor DC

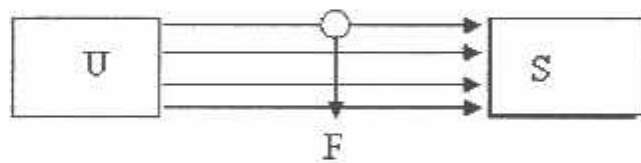
Prinsip kerja motor DC terjadi jika suatu lilitan jangkar dialiri arus listrik searah dengan arah i di dalam medan magnet B , maka akan terbangkit gaya F sebesar :

$$F = BiI \quad (2.1)$$

Arah gaya ini ditentukan oleh aturan tangan kiri, dengan ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah saling tegak lurus menunjukkan masing – masing arah F , B dan I . Persamaan di atas merupakan prinsip dari sebuah motor arus searah, dimana terjadi proses perubahan energi listrik (I) menjadi energi mekanik (F). Bila jari-jari rotor adalah r , maka torsi yang akan dibangkitkan adalah:

$$T = F.r = B.i.I.r \quad (2.2)$$

Dimana l = panjang penghantar dan r = jari – jari rotor .



Gambar 2.4. Arah Gaya Pada Motor DC

Pada saat gaya F dibangkitkan, konduktor bergerak didalam medan magnet dan akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) yang merupakan reaksi (lawan) terhadap tegangan penyebabnya. Agar proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik (motor) dapat berlangsung, tegangan sumber harus lebih besar dari gaya gerak listrik lawan. Torsi akan memutar rotor bila yang terbangkit telah memiliki torsi lawan dari motor dan beban.

Telah diketahui bahwa untuk motor arus searah dapat diturunkan rumus sebagai berikut:

$$V_t = E_a + I_a.R_a \quad (2.3)$$

$$E_a = k.n.\phi \quad (2.4)$$

Keterangan :

- ⇒ V_t = Tegangan jangkar (V)
- ⇒ E_a = Gaya gerak listrik lawan (V)
- ⇒ I_a = Arus Jangkar (A)
- ⇒ R_a = Tahanan jangkar (Ω)
- ⇒ n = Putaran (RPM)
- ⇒ ϕ = Fluks / kutub
- ⇒ k = Konstanta

Berdasarkan rumus diatas dapat diturunkan rumus kecepatan putar (n), yaitu:

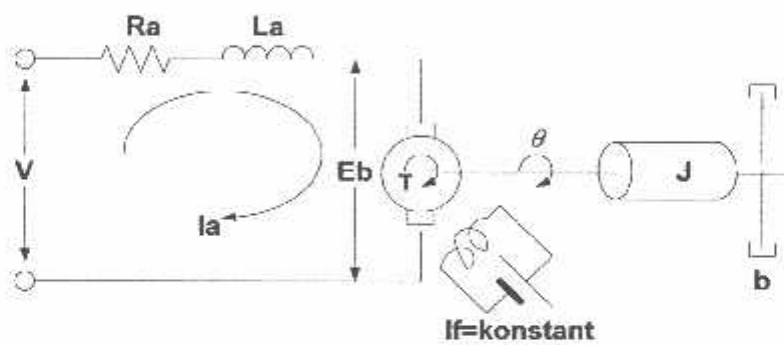
$$n = \frac{V_t - I_a.R_a}{k.\phi} \quad (2.5)$$

Dari persamaan diatas, dapat dilihat bahwa kecepatan putaran (n) motor DC dapat diatur dengan mengubah-ubah besarnya V_t (tegangan jangkar), R_a (tahanan jangkar), dan ϕ (*fluks magnet*).

Terdapat banyak jenis motor yang digunakan sebagai *plant* untuk sistem kontrol industri. Salah satu diantaranya adalah motor DC magnet permanent(tetap), dimana fluks magnetnya tidak tergantung pada arus

jangkarnya, sehingga fluks magnet konstan. Jadi motor ini tidak memerlukan sumber tegangan dari luar untuk membangkitkan fluks magnet. Berikut ini akan dijelaskan pengatur kecepatan motor DC dengan mengatur tegangan jangkar.

Dengan mengatur tegangan jangkar dan fluks magnetnya tetap, diharapkan dapat menghasilkan torsi yang diinginkan agar menghasilkan output motor mendekati *setting point*. Untuk mengetahui rangkaian ekivalen motor DC dengan pengontrolan jangkar dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.5. Rangkaian Ekivalen Motor DC Pengontrolan Jangkar ^[4]

Keterangan gambar :

- ⇒ V = tegangan jangkar (V)
- ⇒ E_b = gaya gerak listrik (V)
- ⇒ i_a = arus Jangkar (A)
- ⇒ R_a = tahanan kumparan jangkar (Ω)
- ⇒ L_a = induksi kumparan jangkar (*henry*)
- ⇒ n = kecepatan jangkar (*rad/sec*)
- ⇒ ϕ = fluks magnet per kutub (*webers*)

- $\Rightarrow \omega_m$ = kecepatan jangkar (rad/sec)
 $\Rightarrow J$ – momen inersia total dari motor dan beban pada poros motor ($kg.m^2$)
 $\Rightarrow b$ = koefisien gesekan viskos ekivalen dari motor dan beban Pada poros motor ($N.m(rad/sec)^{-1}$)
 $\Rightarrow T_M$ = torsi yang diberikan oleh motor ($N.m$)

Besarnya GGL lawan (E_b) yang dibangkitkan oleh motor adalah :

$$E_b = K_e \cdot \phi \cdot \omega_m \quad (2.6)$$

Dan tegangan jangkar (V) adalah :

$$V = E_b + R_a \cdot i_a \quad (2.7)$$

Serta torsi motor (T_M) yang diberikan adalah

$$T_M = K_t \cdot \phi \cdot i_a \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.6), (2.7) dan (2.8) dapat ditentukan persamaan kecepatan jangkar (ω_m), yaitu:

$$\omega_m = \frac{V}{K_e \cdot \phi} - \frac{R_a \cdot i_a}{K_e \cdot \phi} = \frac{1}{K_e \cdot \phi} (V - R_a \cdot i_a) \quad (2.9)$$

$$\omega_m = \frac{V}{K_e \cdot \phi} - \frac{R_a T_M}{(K_e \cdot \phi)^2} \quad (2.10)$$

Persamaan tegangan (V) dari rangkaian jangkar pada kondisi dinamik diberikan dalam bentuk :

$$V = R_a \cdot i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_b \quad (2.11)$$

karena,

$$E_b = K_e \cdot \phi \cdot \omega_m \quad (2.12)$$

dan,

$$K_e \cdot \phi = K_B \quad (2.13)$$

dimana, K_B konstanta gaya gerak listrik balik, maka :

$$E_b = K_B \cdot \omega_m \quad (2.14)$$

Sehingga,

$$V = Ra \cdot Ia + La \frac{dIa}{dt} + K_B \cdot \omega_m \quad (2.15)$$

Dalam bentuk transformasi *Laplace* dapat ditulis :

$$V(s) = Ra \cdot Ia(s) + La \cdot S \cdot Ia(s) + K_B \cdot \omega_m(s) \quad (2.16)$$

Berdasarkan persamaan (2.16) dapat diturunkan persamaan *arus jangkar*

(Ia), yaitu :

$$Ia(s) = \frac{1}{Ra + La \cdot S} [V(s) - K_B \cdot \omega_m(s)] \quad (2.17)$$

Karena time konstan rangkaian jangkar adalah:

$$\tau_a = \frac{La}{Ra} \quad (2.18)$$

Maka,

$$Ia(s) = \frac{1}{Ra(1 + S\tau_a)} V(s) - K_B \cdot \omega_m(s) \quad (2.19)$$

Sehingga,

$$Ia(s) = \frac{1/Ra}{(1 + S\tau_a)} V(s) - K_B \cdot \omega_m(s) \quad (2.20)$$

Persamaan sistem motor berbeban dalam kondisi dinamik diberikan dalam bentuk:

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = T_M - T_L - B \cdot \omega_m \quad (2.21)$$

Maka torsi

$$T_M = J \frac{d\omega_m}{dt} + B \cdot \omega_m + T_L \quad (2.22)$$

$$T_M - T_L = J \frac{d\omega_m}{dt} + B \cdot \omega_m \quad (2.23)$$

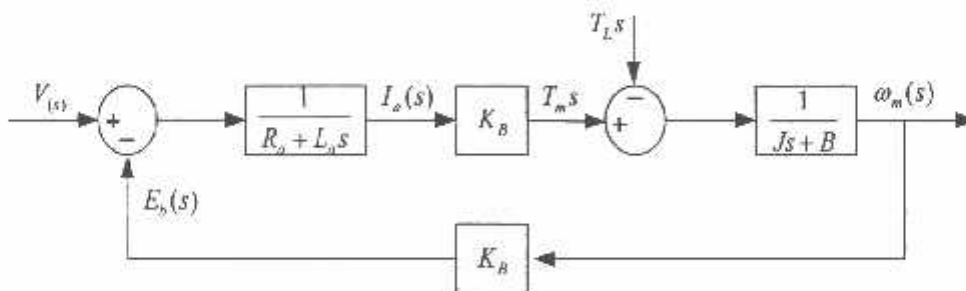
Dalam bentuk transformasi *Laplace* dapat ditulis :

$$T_M(s) - T_L(s) = J \cdot S \cdot \omega_m(s) + B \cdot \omega_m(s) \quad (2.24)$$

$$T_M(s) - T_L(s) = (J \cdot S + B) \cdot \omega_m(s) \quad (2.25)$$

Berdasarkan persamaan (2.25) dapat diturunkan persamaan kecepatan jangkar (ω_m), yaitu :

$$\omega_m(s) = \frac{1}{J \cdot S + B} [T_M(s) - T_L(s)] \quad (2.26)$$



Gambar 2.6. Diagram Blok Motor DC Penguat terpisah dengan Pengontrolan Tegangan Jangkar^[4]

Dari rangkaian *loop* diatas dapat diketahui bahwa motor berkarakteristik seperti sebuah sistem *closed loop*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pengontrolan motor DC dengan pengaturan tegangan jangkar menjadikan motor tersebut sistemnya *closed loop*.

2.2. Kontroller

Keberadaan kontroller dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu kontroler.

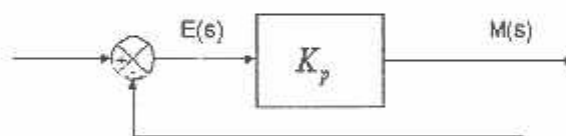
Salah satu tugas komponen kontroler adalah mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara sinyal setting dan sinyal aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol adalah mendapatkan sinyal aktual senantiasa (diinginkan) sama dengan sinyal setting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai setting dengan nilai keluaran relatif besar, maka kita harus mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi plant. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran plant sampai diperoleh selisih antara setting dengan besaran yang diatur sekecil mungkin

2.2.1. Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Gambar 2.7 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran setting, besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (error) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga setting) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



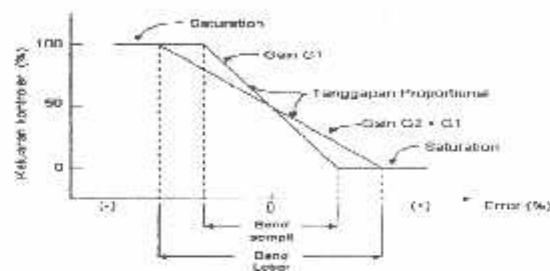
Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler Proporsional ^[9]

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, pita proporsional (*proportional band*) dan konstanta proporsional. Daerah kerja kontroler efektif dicerminkan oleh Pita proporsional, sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan, K_p .

Hubungan antara pita proporsional (PB) dengan konstanta proporsional (K_p) ditunjukkan secara prosentasi oleh persamaan berikut:

$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

Gambar 2.8 menunjukkan grafik hubungan antara PB, keluaran kontroler dan kesalahan yang merupakan masukan kontroler. Ketika konstanta proporsional bertambah semakin tinggi, pita proporsional menunjukkan penurunan yang semakin kecil, sehingga lingkup kerja yang dikuatkan akan semakin sempit.



Gambar 2.8 Proportional Band Dari Kontroler Proporsional Tergantung Pada Penguatan.^[9]

Ciri-ciri kontroler proporsional harus diperhatikan ketika kontroler tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

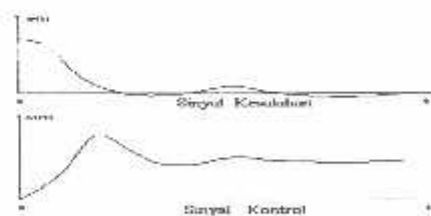
1. Kalau nilai K_p kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Kalau nilai K_p dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantabnya.
3. Namun jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi.

2.2.2. Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol.

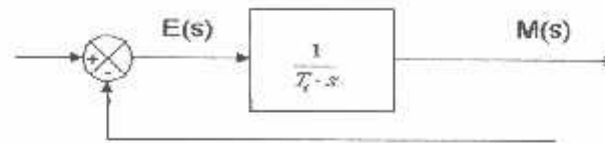
Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan.

Sinyal keluaran kontroler integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan penggerak- lihat konsep numerik. Sinyal keluaran akan berharga sama dengan harga sebelumnya ketika sinyal kesalahan berharga nol. Gambar 2.9 menunjukkan contoh sinyal kesalahan yang disulutkan ke dalam kontroler integral dan keluaran kontroler integral terhadap perubahan sinyal kesalahan tersebut.



Gambar 2.9. Kurva Sinyal Kesalahan $e(t)$ Terhadap t dan Kurva $u(t)$ Terhadap t Pada Pembangkit Kesalahan Nol. ^[9]

Gambar 2.10. Menunjukkan blok diagram antara besaran kesalahan dengan keluaran suatu controller integral.



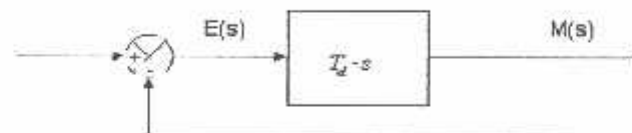
Gambar 2.10 Blok Diagram Hubungan Antara Besaran Kesalahan Dengan Controller Integral.^[9]

Ketika digunakan, kontroler integral mempunyai beberapa karakteristik berikut ini:

1. Keluaran kontroler membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran kontroler akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i .
4. Konstanta integral K_i yang berharga besar akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler.

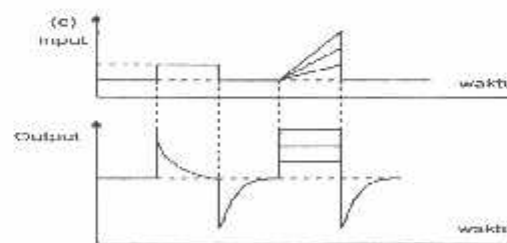
2.2.3. Kontroler Diferensial

Keluaran kontroler diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.13 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran controller.



Gambar 2.11: Blok Diagram Kontroler Diferensial.^[9]

Gambar 2.11 menyatakan hubungan antara sinyal masukan dengan sinyal keluaran kontroler diferensial. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran kontroler juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan faktor konstanta diferensialnya T_d .



Gambar 2.12 Kurva Waktu Hubungan Input-output Kontroler Diferensial.^[9]

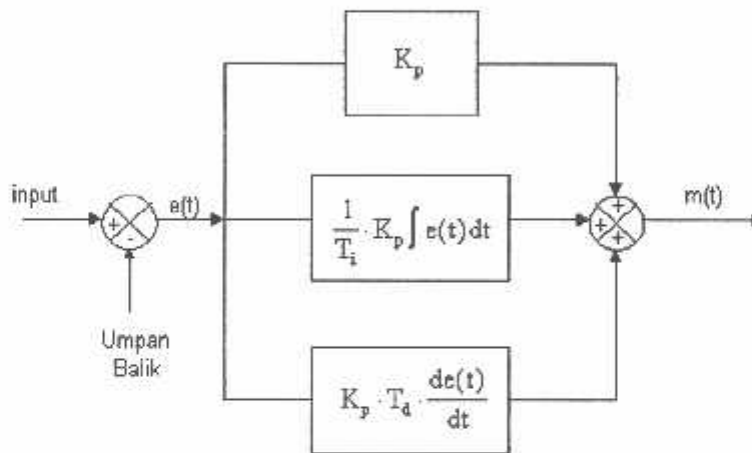
Karakteristik kontroler diferensial adalah sebagai berikut:

1. Kontroler ini tidak dapat menghasilkan keluaran bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal kesalahan).
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan kontroler tergantung pada nilai T_d dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Kontroler diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga kontroler ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar, memberikan aksi yang bersifat korektif, dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.

Berdasarkan karakteristik tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler diferensial hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler diferensial tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lain sebuah sistem.

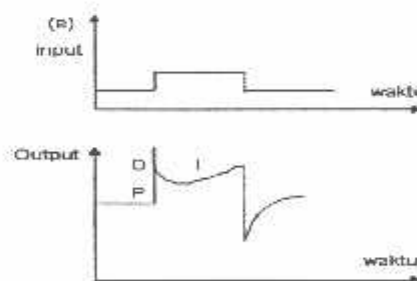
2.2.4. Kontroler PID

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proposional plus integral plus diferensial (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar.



Gambar 2.13. Blok Diagram Kontroler PID .^[9]

Keluaran kontroler PID merupakan jumlahan dari keluaran kontroler proposional, keluaran kontroler integral. Gambar 2.16 menunjukkan hubungan tersebut.

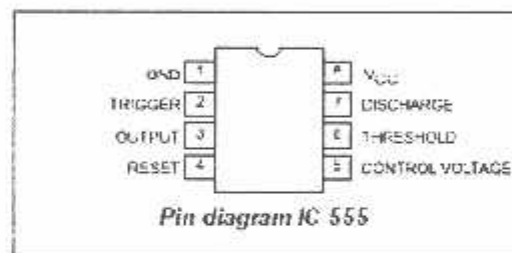


Gambar 2.14 Hubungan Fungsi Waktu Antara Sinyal *Input-output* Untuk Kontroler PID .^[9]

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

2.3. IC Timer 555

Kalau ditanya apa komponen elektronika yang paling populer dan serba guna, maka jawabnya adalah IC timer 555. IC timer jenis ini sudah dikenal dan masih populer sampai saat ini sejak puluhan tahun yang lalu. Tepatnya IC 555 pertama kali dibuat oleh **Signetics Corporation** pada tahun 1971. IC timer 555 memberi solusi praktis dan relatif murah untuk berbagai aplikasi elektronik yang berkenaan dengan pewaktuan (*timing*). Terutama dua aplikasinya yang paling populer adalah rangkaian pewaktu monostable dan osilator astable. Jeroan utama komponen ini terdiri dari komparator dan flip-flop yang direalisasikan dengan banyak transistor.



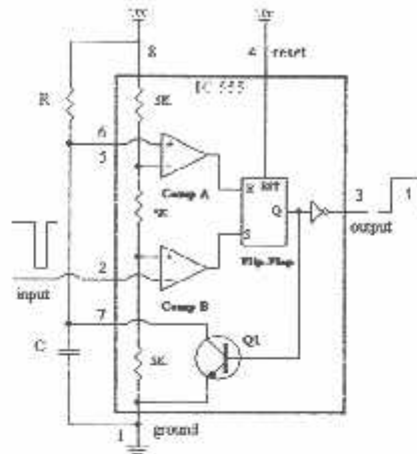
Gambar 2.15 Diagram Pin IC 555.^[8]

Dari dulu hingga sekarang, prinsip kerja komponen jenis ini tidak berubah namun masing-masing pabrikan membuatnya dengan desain IC dan teknologi yang berbeda-beda. Hampir semua pabrikan membuat komponen jenis ini, walaupun dengan nama yang berbeda-beda. Misalnya National Semiconductor menyebutnya dengan LM555, Philips dan Texas Instrument menamakannya SE/NE555. Motorola / ON-Semi mendesainnya dengan transistor CMOS sehingga konsumsi powernya cukup kecil dan menamakannya MCI455. Philips dan Maxim membuat versi CMOS-nya dengan nama ICM7555. Walaupun namanya berbeda-beda, tetapi fungsi dan pin

diagramnya saling kompatibel satu dengan yang lainnya (*functional and pin-to-pin compatible*). Hanya saja ada beberapa karakteristik spesifik yang berbeda misalnya konsumsi daya, frekuensi maksimum dan sebagainya. Spesifikasi lebih detail biasanya dicantumkan pada datasheet masing-masing pabrikan. Dulu pertama kali casing dibuat dengan 8 pin T-package (tabular dari kaleng mirip transistor), namun sekarang lebih umum dengan kemasan IC DIP 8 pin.

2.3.1. Rangkaian Monostable

IC ini didesain sedemikian rupa sehingga hanya memerlukan sedikit komponen luar untuk bekerja. Diantaranya yang utama adalah resistor dan kapasitor luar (eksternal). IC ini memang bekerja dengan memanfaatkan prinsip pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) dari kapasitor melalui resistor luar tersebut. Untuk menjelaskan prinsip kerjanya, coba perhatikan diagram gambar IC 555 dengan resistor dan kapasitor luar berikut ini. Rangkaian ini tidak lain adalah sebuah rangkaian pewaktu (*timer*) monostable. Prinsipnya rangkaian ini akan menghasilkan pulsa tunggal dengan lama tertentu pada keluaran pin 3, jika pin 2 dari komponen ini dipicu. Perhatikan di dalam IC ini ada dua komparator yaitu Comp A dan Comp B. Perhatikan juga di dalam IC ini ada 3 resistor internal R yang besarnya sama. Dengan susunan seri yang demikian terhadap VCC dan GND, rangkaian resistor internal ini merupakan pembagi tegangan. Susunan ini memberikan tegangan referensi yang masing-masing besarnya $\frac{2}{3} VCC$ pada input negatif komparator A dan $\frac{1}{3} VCC$ pada input positif komparator B.



Gambar 2.16 Rangkaian pewaktu monostable.^[8]

Pada keadaan tanpa input, keluaran pin 3 adalah 0 (*ground* atau *normally low*). Transistor Q1 yang ada di dalam IC ini selalu ON dan mencegah kapasitor eksternal C dari proses pengisian (*charging*). Ketika ada sinyal trigger dari 1 ke 0 (*VCC* to *GND*) yang diumpungkan ke pin 2 dan lebih kecil dari $\frac{1}{3} VCC$, maka serta merta komparator B men-set keluaran flip-flop. Ini pada gilirannya memicu transistor Q1 menjadi OFF. Jika transistor Q1 OFF akan membuka jalan bagi resistor eksternal R untuk mulai mengisi kapasitor C (*charging*). Pada saat yang sama output dari pin 3 menjadi *high* (*VCC*), dan terus *high* sampai satu saat tertentu yang diinginkan. Sebut saja lamanya adalah *t* detik, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengisi kapasitor C mencapai tegangan $\frac{2}{3} VCC$. Tegangan C ini disambungkan ke pin 6 yang tidak lain merupakan input positif comp A. Maka jika tegangan $\frac{2}{3} VCC$ ini tercapai, komparator A akan men-reset flip-flop dan serta merta transistor internal Q1 menjadi ON kembali. Pada saat yang sama keluaran pin 3 dari IC 555 tersebut kembali menjadi 0 (*GND*).

Berapa lama pulsa yang dihasilkan amat tergantung dari nilai resistor dan kapasitor eksternal yang pasangkan. Dari rumus ekponensial pengisian kapasitor diketahui bahwa :

$$V_t = VCC(1 - e^{-t/RC}) \dots\dots (1)$$

V_t adalah tegangan pada saat waktu t . Jika t adalah waktu eksponensial yang diperlukan untuk mengisi kapasitor sampai $V_t = 2/3 VCC$, maka rumus (1) dapat disubstitusi dengan nilai ini menjadi :

$$\bullet \quad 2/3 \quad = 1 - e^{-t/RC}$$

$$\bullet \quad 1/3 \quad = e^{-t/RC}$$

$$\bullet \quad \ln(1/3) = -t/RC \quad \text{dan seterusnya dapat diperoleh}$$

$$\bullet \quad t \quad = (1.0986123)RC \quad \text{yang dibulatkan menjadi}$$

$$\bullet \quad t \quad = 1.1 RC$$

Inilah rumusan untuk mengitung lamanya keluaran pulsa tunggal yang dapat dihasilkan dengan rangkaian monostable dari IC 555.

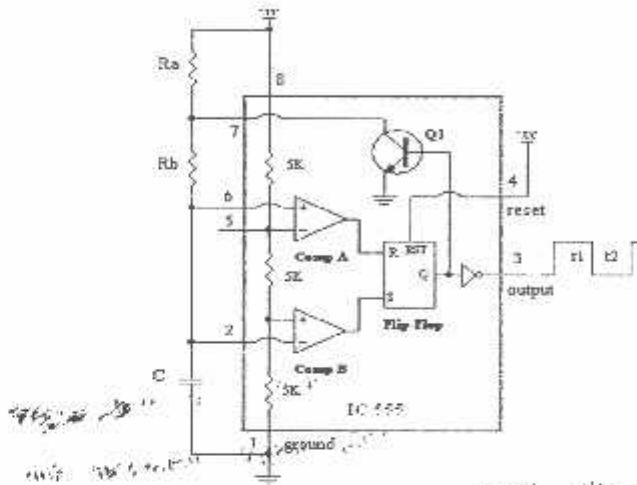
2.3.2. Rangkaian Astable

Sedikit berdeda dengan rangkaian monostable, rangkaian astable dibuat dengan mengubah susunan resistor dan kapasitor luar pada IC 555 seperti gambar berikut. Ada dua buah resistor R_a dan R_b serta satu kapasitor eksternal C yang diperlukan. Prinsipnya rangkaian astable dibuat agar memicu dirinya sendiri berulang-ulang sehingga rangkaian ini dapat menghasilkan sinyal osilasi pada keluarannya. Pada saat power supply rangkaian ini di hidupkan, kapasitor C mulai terisi melalui resistor R_a dan R_b sampai mencapai tegangan $2/3 VCC$. Pada saat tegangan ini tercapai, dapat dimengerti komparator A dari IC 555 mulai bekerja mereset flip-flop dan seterusnya membuat transistor Q1 ON. Ketika transistor ON, resistor R_b seolah dihubung singkat ke ground sehingga kapasitor C membuang muatannya (*discharging*) melalui resistor R_b . Pada saat ini keluaran pin 3 menjadi 0 (GND). Ketika discharging, tegangan pada pin 2 terus turun sampai mencapai $1/3 VCC$. Ketika tegangan ini tercapai, bisa dipahami giliran komparator B yang bekerja dan kembali memicu transistor Q1 menjadi OFF. Ini menyebabkan keluaran pin 3 kembali menjadi high (VCC). Demikian seterusnya berulang-ulang sehingga terbentuk sinyal osilasi pada keluaran pin3. Terlihat di sini sinyal pemicu (*trigger*) kedua komparator tersebut bekerja bergantian pada tegangan ~~antara~~ antara $1/3 VCC$ dan $2/3 VCC$. Inilah batasan untuk mengetahui lebar pulsa dan periode osilasi yang dihasilkan. Misal diasumsikan t_1 adalah waktu proses pengisian kapasitor yang di isi melalui resistor R_a dan R_b dari $1/3 VCC$ sampai $2/3 VCC$. Diasumsikan juga t_2 adalah waktu discharging kapasitor melalui

resistor R_b dari tegangan $2/3 V_{CC}$ menjadi $1/3 V_{CC}$. Dengan perhitungan eksponensial dengan batasan $1/3 V_{CC}$ dan $2/3 V_{CC}$ maka dapat diperoleh :

$$\Rightarrow t_1 = \ln(2) (R_a + R_b)C = 0.693 (R_a + R_b)C$$

$$\Rightarrow t_2 = \ln(2) R_b C = 0.693 R_b C$$



Gambar 2.17 Rangkaian osilator astable.^[8]

Periode osilator adalah dapat diketahui dengan menghitung

$$T = t_1 + t_2.$$

Persentasi *duty cycle* dari sinyal osilasi yang dihasilkan dihitung dari rumus t_1/T . Jadi jika diinginkan *duty cycle* osilator sebesar (mendekati) 50%, maka dapat digunakan resistor R_a yang relatif jauh lebih kecil dari resistor R_b .

Satu hal yang menarik dari komponen IC 555, baik timer aplikasi rangkaian monostable maupun frekuensi osilasi dari rangkaian astable tidak tergantung dari berapa nilai tegangan kerja V_{CC} yang diberikan. Tegangan kerja IC 555 bisa bervariasi antara 5 sampai 15 Vdc. Tingkat keakuratan waktu (*timing*) yang dihasilkan tergantung dari nilai dan toleransi dari resistor dan kapasitor eksternal yang digunakan. Untuk rangkaian yang tergolong *time*

critical, biasanya digunakan kapasitor dan resistor yang presisi dengan toleransi yang kecil. Pada banyak nota aplikasi, biasanya juga ditambahkan kapasitor 10 nF pada pin 5 ke ground untuk menjamin kestabilan tegangan referensi $2/3$ VCC. Banyak aplikasi lain yang bisa dibuat dngan IC 555, salah satu aplikasi yang populer lainnya adalah rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*).

2.4. OPERASIONAL AMPLIFIER (OP-AMP)

2.4.1. Teori

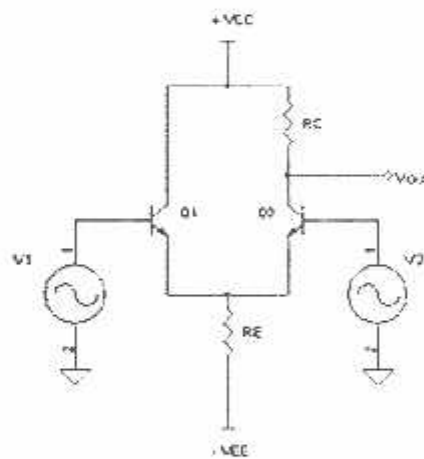
Op-amp dinamakan juga dengan penguat diferensial (*differential amplifier*). Sesuai dengan istilah ini, op-amp adalah komponen IC yang memiliki 2 input tegangan dan 1 output tegangan, dimana tegangan outputnya adalah proporsional terhadap perbedaan tegangan antara kedua inputnya itu. Penguatan operasional dengan rangkaian balikan lebih banyak digunakan dalam lingkaran terbuka.

Pada masa kini op-amp dibuat dalam bentuk rangkaian terpadu atau IC (Integrated Circuit), dimana dalam satu potong kristal silikon dengan luas kurang dari 1 mm^2 terkandung rangkaian penguat lengkap terdiri dari banyak transistor, dioda, resistor kadang-kadang kapasitor.

Pemakaian op-amp sangatlah luas meliputi bidang elektronika audio, pengatur tegangan DC, penyearah presisi, pengubah analog ke digital dan mengubah digital ke analog, dan lain-lain.

2.4.2. Sifat – sifat ideal op-amp

Berikut adalah gambar rangkaian dasar Op-amp atau penguat differensial :

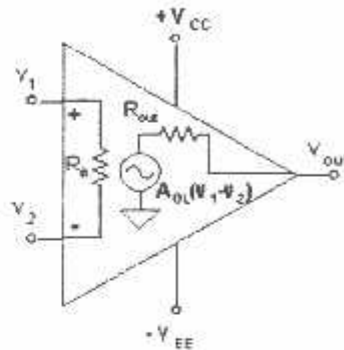


Gambar 2.18
Penguat Differensial atau Op_Amp.^[8]

Pada rangkaian yang demikian, persamaan pada titik V_{out} adalah $V_{out} = A(v_1 - v_2)$ dengan A adalah nilai penguatan dari penguat diferensial ini. Titik input V_1 dikatakan sebagai input *non-inverting*, sebab tegangan V_{out} satu

phase dengan V_1 . Sedangkan sebaliknya titik V_2 dikatakan input *inverting* sebab berlawanan phasa dengan tengangan V_{out} .

Adapun symbol dari penguat differensial itu sendiri, dan dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.19
Simbol dari Op-Amp

Simbol op-amp pada gambar diatas dengan 2 input, *non-inverting* (+) dan input *inverting* (-). Umumnya op-amp bekerja dengan *dual supply* ($+V_{cc}$ dan $-V_{ee}$) namun banyak juga op-amp dibuat dengan *single supply* (V_{cc} - *ground*). Simbol rangkaian di dalam op-amp pada gambar diatas adalah parameter umum dari sebuah op-amp. R_{in} adalah resitansi input yang nilai idealnya infinit (tak terhingga). R_{out} adalah resistansi output dan besar resistansi idealnya 0 (nol). Sedangkan A_{OL} adalah nilai penguatan open loop dan nilai idealnya tak terhingga.

2.5. Sekilas Tentang LabVIEW

LabVIEW adalah sebuah bahasa pemrograman grafis, LabVIEW tidak menggunakan teks untuk membuat suatu aplikasi melainkan dengan icon-icon yang telah disediakan. Ada perbedaan dari pemrograman teks, dimana pada pemrograman teks instruksi yang menentukan eksekusi program, sedangkan LabView menggunakan pemrograman aliran data, dimana aliran dari data yang menentukan eksekusi.

Dengan LabVIEW, kita dapat membuat user interface dengan menggunakan tools dan object tertentu. User interface dinamakan front panel. Kita dapat memberikan kode dengan menggunakan grafis yang mewakili fungsi untuk mengatur object pada front panel. Block diagram berisi kode tersebut. Dengan begitu block diagram dapat menyerupai sebuah flowchart.

Pemrograman LabVIEW ini sebenarnya ditujukan untuk memudahkan pembuatan program, khususnya di bidang instrumentasi dan kendali. Hal ini karena didalam LabVIEW disediakan tools-tools untuk memudahkan akses ke hardware.

Untuk mendapatkan software LabVIEW ini, kita dapat mendownload langsung atau merequest CD-nya dari versi yang terbaru di www.ni.com.

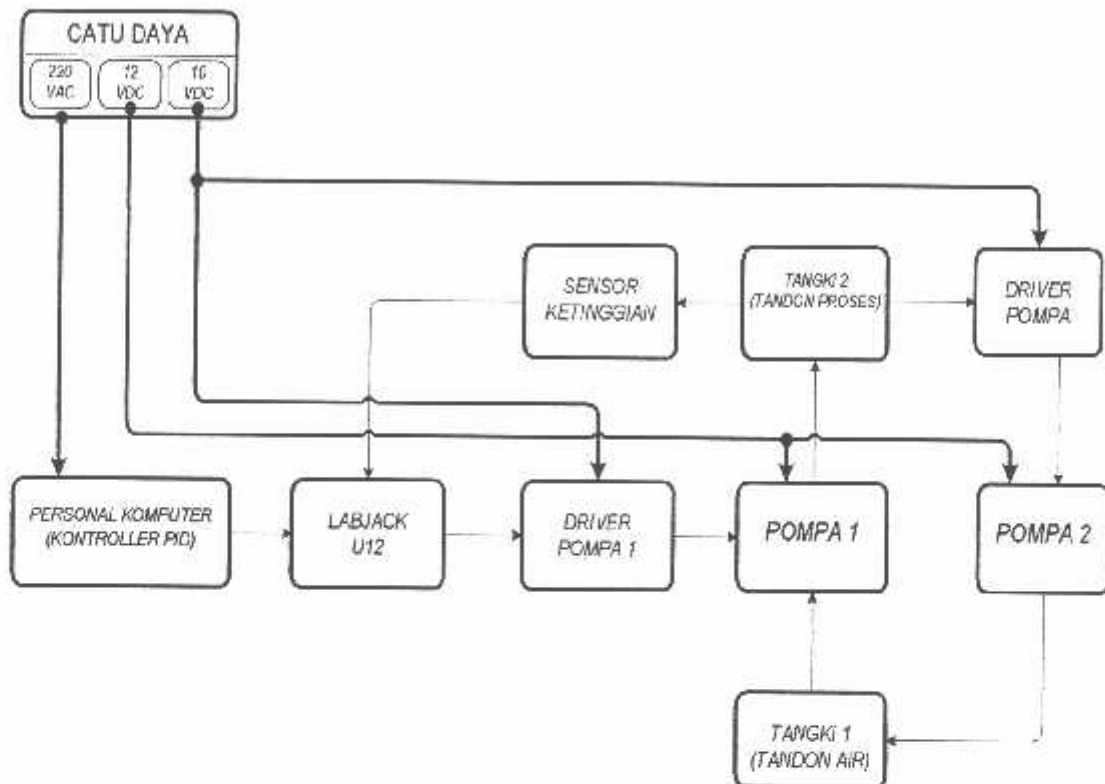
BAB III
PERANCANGAN PERANGKAT KERAS
DAN PERANGKAT LUNAK

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Secara umum desain perangkat keras terdiri dari 6 bagian yaitu;

1. Tangki 2 untuk tandon utama
 - ⇒ Tangki 1 untuk tandon air
 - ⇒ Tangki 2 untuk yang diatur ketinggiannya.
2. Catu Daya 220 Volt AC, 12 Vdc dan 10 Vdc
 - ⇒ 220 Volt AC ; dari jala-jala untuk mencatu seluruh sistem
 - ⇒ 12 Vdc ; untuk mencatu pompa
 - ⇒ 10 Vdc ; untuk mencatu pwm dan driver pompa
3. Pompa dengan penggerak motor DC 12 VOLT
 - ⇒ Pompa 1 digunakan untuk menaikkan air dari tangki 1 ke tangki 2 dan dikontrol dengan PID.
 - ⇒ Pompa 2 digunakan untuk mewakili sebuah proses (mengalirkan air dari tangki 2 ke tangki 1).
4. Rangkaian sensor ketinggian berfungsi sebagai pengukur ketinggian air dalam tangki 2 dan sebagai umpan balik dari sistem
5. Rangkaian PWM (Pulse Width Modulation) sebagai pengendali pompa
6. Labjack sebagai interface antara sensor ketinggian, rangkaian pwm, dengan Personal Computer (PC).

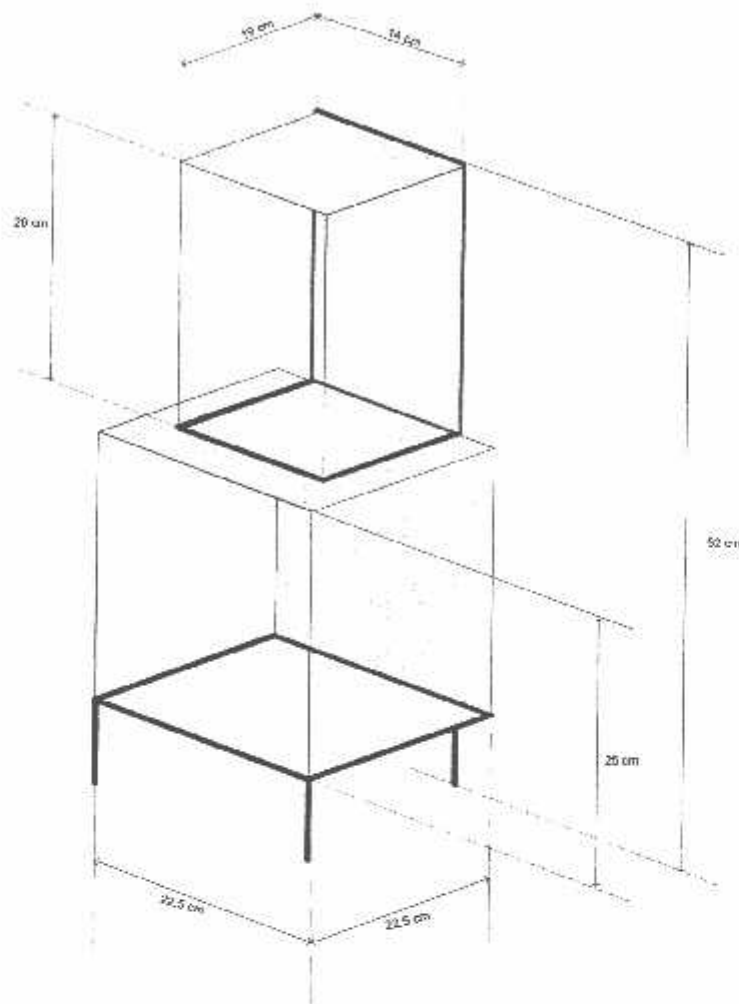
Secara garis besar, rancangan keseluruhan dari sistem ini dapat digambarkan seperti pada diagram blok gambar 3.1 berikut ini;



Gambar 3.1. Diagram blok sistem

Adapun penjelasan dari masing-masing blok adalah sebagai berikut;

3.1.1 Desain tangki :



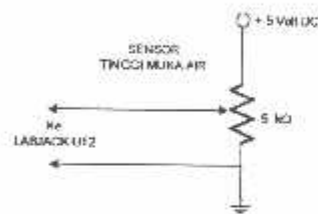
Gambar 3.2. Desain tangki

terdapat 2 macam tangki yang dibuat yaitu:

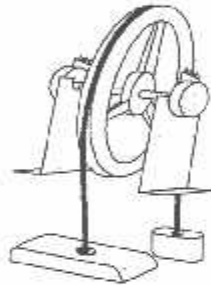
- a. tangki 1 dengan ukuran (22.5x22.5x25) cm digunakan sebagai tandon air yang digunakan dan sebagai pembuangan dari tangki 2
- b. tangki 2 dengan ukuran (14x19x26) cm digunakan untuk mewakili sebuah proses serta tangki yang dipantau dan diatur ketinggiannya

3.1.2 Sensor ketinggian muka air

Sensor ketinggian yang dipakai adalah potensiometer untuk membagi tegangan input terhadap input labjack serta ground seperti pada gambar 3.5, untuk mengkonversi gerakan naik-turun ketinggian air menjadi gerakan rotasi yang akan memutar potensiometer, digunakan sebuah pelampung dan pemberat yang dirangkai dalam sebuah sistem katrol



Gambar 3.3. Sensor Tinggi Muka Air



Gambar 3.4. Sistem Katrol

Digunakan komponen adalah sebagai berikut :

- supply dc sebesar 5 Vdc
- potensiometer senilai 5 kΩ

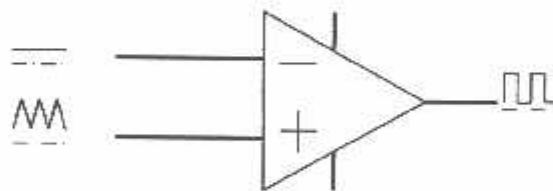
sehingga dengan demikian diharapkan pembagian tegangan pada saat diregulasi (diputar), dapat memenuhi nilai dari 0 sampai dengan 5 Vdc, yang nantinya pada software akan dikonversikan menjadi nilai ketinggian muka air pada tangki 2

3.1.3 Rangkaian Pulse Width Modulation (PWM)

untuk pengaturan kecepatan pompa digunakan metode kontrol Pulse Width Modulation (PWM), dimana pada bagian pulse width modulation PWM terdiri dari;

1. Rangkaian pembangkit tegangan dc yang berbentuk segitiga.
2. Rangkaian Pengontrol PWM yang berupa tegangan dc rata yang dapat diatur secara linier
3. Rangkaian komparator yang membandingkan nilai-nilai dari tegangan dc yang berbentuk segitiga dengan tegangan dc rata yang dapat diatur

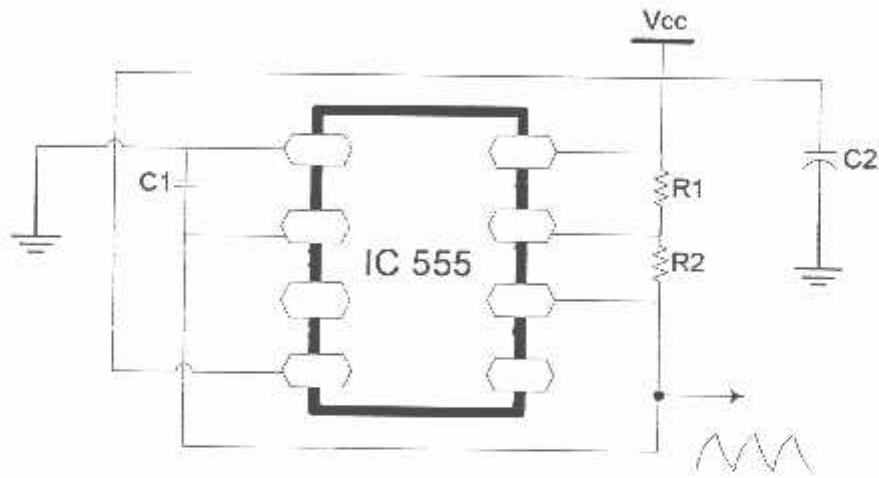
Rangkaian dasar Pulse Width Modulation (PWM) generator pada dasarnya adalah rangkaian pembanding (komparator) dari sinyal tegangan yang rata dan berbentuk segitiga atau gigi gergaji (ramp) dengan sinyal tegangan dc yang diajust (diatur) naik turun secara linier seperti pada gambar 3.7 sehingga bentuk keluarannya adalah tegangan dc rata yang berperiode kondisi on-off nya



Gambar 3.7. Komparator Tegangan DC Rata Dengan Tegangan DC Segitiga

3.1.3.1. Rangkaian pembangkit tegangan segitiga

karena tegangan dc rata nantinya adalah keluaran analog dari labjack senilai 0-5 Vdc, maka dibutuhkan pembangkit sinyal tegangan yang berbentuk segitiga dan konstan nilainya, berikut skema rangkaian pembangkit pulsa segitiga



Gambar 3.8 . Skema rangkaian Pulse Width Modulation

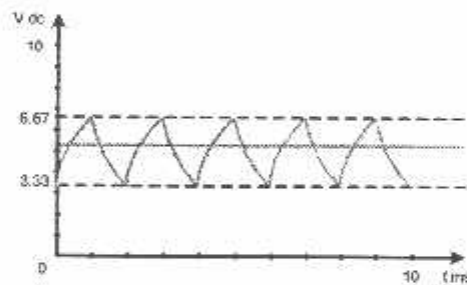
Komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:

- ⇒ LM 741
- ⇒ IC NE555 TIMER
- ⇒ R1 = 100 K Ω
- ⇒ R2 = 100 K Ω
- ⇒ R3 = 1 K Ω
- ⇒ C1 = 10 μ F
- ⇒ C2 = 47 μ F
- ⇒ Vcc = 10 VDC

Didapatkan rangkaian dari pembangkit segitiga

$$\begin{aligned} \Rightarrow V_{\text{peak atas}} &= (2/3) * V_{\text{cc}} = (2/3) * 10 \text{ Vdc} \\ &= 6.67 \text{ Vdc} \\ \Rightarrow V_{\text{peak bawah}} &= (1/3) * V_{\text{cc}} = (2/3) * 10 \text{ Vdc} \\ &= 3.33 \text{ Vdc} \\ \Rightarrow t_1 &= \ln(2) (R_a + R_b) C_1 = 0.693 (100000 + 100000) 0.0000001 \\ &= 0.01386 \\ \Rightarrow t_2 &= \ln(2) R_b C = 0.693 \times 100000 \times 0.0000001 \\ &= 0.00693 \\ \Rightarrow T &= t_1 + t_2 = 0.01386 + 0.00693 = 0.02079 \\ \Rightarrow f &= 1/T = 1/0.02079 = 48.10005 \text{ hz} \end{aligned}$$

Sehingga bentuk gelombang segitiga keluaran dari rangkaian tersebut diatas adalah sebagai berikut:

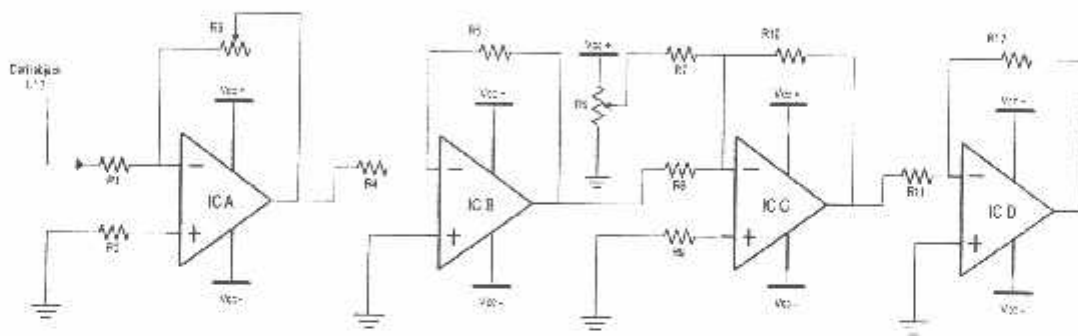


Gambar 3.9. Bentuk gelombang keluaran rangkaian pembangkit tegangan dc bentuk segitiga

Karena bentuk gelombang segitiga telah ada maka tegangan tersebut di komparasikan dengan tegangan dc yang rata keluaran dari labjack dan diharapkan hasil keluaran dari komparator adalah tegangan dc rata yang periodik sesuai dengan frekuensi dari pembangkit segitiga.

3.1.3.2. Rangkaian pengontrol PWM

Karena tegangan keluaran analog dari labjack senilai 0 sampai 5 Volt dc dan nilai atas dan nilai bawah dari tegangan dc segitiga adalah 6.67 dan 3.33 volt dc maka dibutuhkan rangkaian yang dapat menjadikan tegangan keluaran labjack menjadi sebanding dengan tegangan dc segitiga, oleh karena itu disusun rangkaian seperti pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10. Skema Rangkaian Penurun Keluaran Labjack

Komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut;

- ⇒ $R_1, R_4, R_5, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12} = 10 \text{ K}\Omega$
- ⇒ $R_2 = 5,6 \text{ K}\Omega$
- ⇒ $R_3 = 10 \text{ K}\Omega$
- ⇒ $R_6 = 50 \text{ K}\Omega$
- ⇒ IC A, IC B, IC C, IC C = LM741
- ⇒ Vcc = +10 VDC, Ground, -10 VDC

Didapatkan rangkaian dari pembangkit segitiga;

⇒ Tegangan keluaran IC A ($V_{out A}$);

karena nilai puncak tegangan dc segitiga keluaran IC NE555 adalah 6.67 Vdc dan nilai bawahnya 3.33 Vdc dan tegangan keluaran labjack maksimum senilai 5 Vdc maka Vdc yang dapat diregulasi adalah senilai ;

$$V_{out A} = 6.67 - 3.33 = 3.34 \text{ Vdc}$$

$$V_{out A} = -V_{in} \left(\frac{R3}{R1} \right)$$

$$3.34 = -5 \left(\frac{R3}{10 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$R2 = 3.34 \left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{-5} \right) = -6.68 \text{ k}\Omega$$

sehingga untuk mendapatkan $V_{out A}$ maksimum senilai 3.34 maka potensiometer diset senilai 6.68 k Ω , setelah itu jika diinginkan nilai $V_{out A}$ dari 0 → 5 Vdc maka kita tinggal mengatur V_{in} -nya (Vdc keluaran labjack) saja.

⇒ Tegangan keluaran IC B ($V_{out B}$);

Pada dasarnya pada IC B rangkaian dasarnya adalah rangkaian penguat pembalik sehingga;

$$V_{out B} = -V_{in} \left(\frac{R5}{R4} \right)$$

$$= -V_{out A} \left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$V_{out B} = -(-3.34) \times 1$$

$$= 3.34 \text{ Vdc}$$

⇒ Tegangan keluaran IC C ($V_{out C}$);

Pada IC C ini rangkaian yang digunakan adalah rangkaian penjumlah pembalik, antara $V_{out B}$ dengan Tegangan keluaran Potensiometer (V_{pm}), dengan tujuan untuk menaikkan nilai $V_{out B}$ agar sebanding dengan dengan nilai dari tegangan dc segitiga keluaran IC 555, dengan membuat nilai V_{pm} sebanding dengan nilai bawah dari tegangan dc segitiga keluaran IC 555 yaitu 3.33 Vdc,

$$V_{pm} = \frac{r}{R6} V_{cc}$$

$$3.33 = \frac{r}{50k\Omega} 10 \text{ jadi untuk mendapatkan } V_{pm} \text{ senilai } 3.33 \text{ Vdc}$$

$$r = \frac{3.33 \times 50k}{10} \\ = 16.65 k\Omega$$

maka potensiometer diset senilai 16.65 k Ω , sehingga:

$$V_{out C} = \left[-V_{pm} \left(\frac{R10}{R7} \right) \right] + \left[-V_{out B} \left(\frac{R10}{R8} \right) \right] \\ = \left[-3.33 \left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega} \right) \right] + \left[-3.34 \left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega} \right) \right] \\ = [-3.33] + [-3.34] \\ = -6.67 \text{ Vdc}$$

⇒ Tegangan keluaran IC D ($V_{out D}$);

Seperti pada rangkaian Tegangan keluaran IC C pada rangkaian IC D rangkaian dasarnya adalah rangkaian penguat pembalik sehingga:

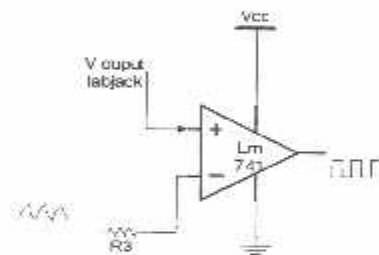
$$V_{out D} = -V_{in} \left(\frac{R12}{R11} \right) \\ = -V_{out C} \left(\frac{10 k\Omega}{10 k\Omega} \right)$$

$$V_{out B} = -(-6.67) \times 1 \\ = 6.67 \text{ Vdc}$$

secara umum prinsip kerjanya adalah menurunkan nilai tegangan keluaran labjack u_{12} yang senilai 5 Vdc menjadi ± 3.34 Vdc dengan mengatur R2 dan kemudian ditambahkan dengan tegangan senilai ± 3.33 Vdc dengan mengatur R6 agar didapatkan nilai bawah dan nilai atas dari tegangan dc rata dengan yang berbentuk segitiga nantinya menjadi menjadi sebanding.

3.1.3.3. Rangkaian Komparator

Sedangkan komponen yang digunakan untuk komparator adalah jenis lm 741 dan disuplai setengah simetris agar output yang dihasilkan tidak bernilai negative, sehingga bentuk gelombang kotak keluaran komparator rangkaian tersebut diatas adalah sebagai berikut:



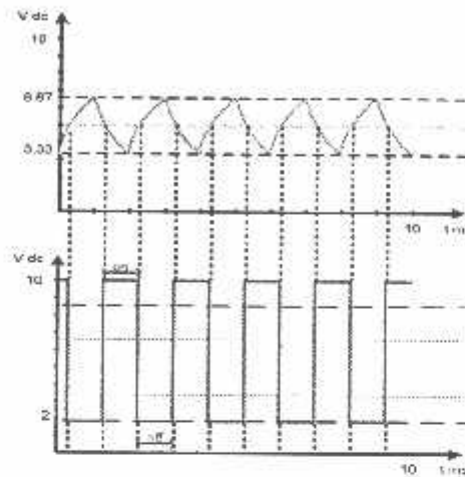
Gambar 3.11. Skema Rangkaian Komparator

Komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut;

- ⇒ R = 1 K Ω
- ⇒ IC = LM741
- ⇒ Vcc = +10 VDC, Ground,

Yang prinsip kerjanya adalah sebagai berikut;

- ⇒ Jika $V_{out\ Labjack} > V_{\Delta\Delta\Delta} = V_{cc}$
- ⇒ Jika $V_{out\ Labjack} < V_{\Delta\Delta\Delta} = \text{Ground}$



Gambar 3.12. Bentuk gelombang kotak keluaran rangkaian komparator

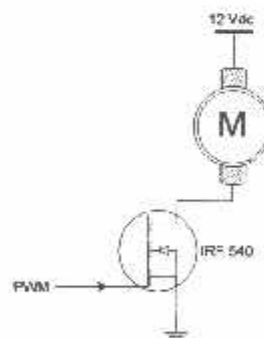
Sedangkan tegangan keluaran dari komparator adalah seperti berikut;

Jika diinginkan tegangan keluaran senilai 50% maka;

* Dari labjack dikeluarkan tegangan senilai $= 50\% \times 5V_{dc} = 2.5 V_{dc}$

* Dan keluaran komparator adalah $= 50\% \times V_{cc} = 50\% \times 10V_{dc} = 5 V_{dc}$

setelah terdapat tegangan dc keluaran pwm maka tegangan tersebut dipicukan ke IRF 540 untuk mengendalikan pompa seperti pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Rangkaian Driver Pompa

Dimana prinsip kerja dari irf 540 adalah penagaturan tegangan gate mengendalikan arus dran terhadap source dengan prinsip sebagai berikut;

1. pada saat keadaan tidak menghantar (OFF), sakelar mempunyai tahanan yang besar sekali, mendekati nilai tak berhingga. Dengan kata lain, nilai arus bocor struktur sakelar sangat kecil
2. Sebaliknya, pada saat keadaan menghantar (ON), sakelar mempunyai tahanan menghantar (R_{on}) yang sekecil mungkin. Ini akan membuat nilai tegangan jatuh (voltage drop) keadaan menghantar juga sekecil mungkin, demikian pula dengan besarnya daya lesapan (power dissipation) yang terjadi, dan (kecepatan pensakelaran (switching speed) yang tinggi.
3. dengan resistansi antara drain terhadap source adalah;

$$Z = \frac{V_{DS}}{I_D};$$

$Z=R+JX$; dengan $Jx=0$ maka $Z=R$ dan ini berarti bahwa I_D melalui tahanan murni sehingga didapatkan;

$$I_D = \frac{V_{DS}}{R}$$

Didapatkan pula dari datasheet

bahwa nilai R irf 540 adalah 0.077 ohm

Dengan nilai V_{DS} nilainya sebanding dengan pemicuan dari V_{GS} -nya

3.1.4 Labjack

Adalah jenis interface produk dari dari dan ke Personal Computer (PC) dengan komunikasi Universal Serial Bus (USB).



Gambar 3.14 Bentuk Fisik LABJACK

dimana pada terminalnya terdapat ;

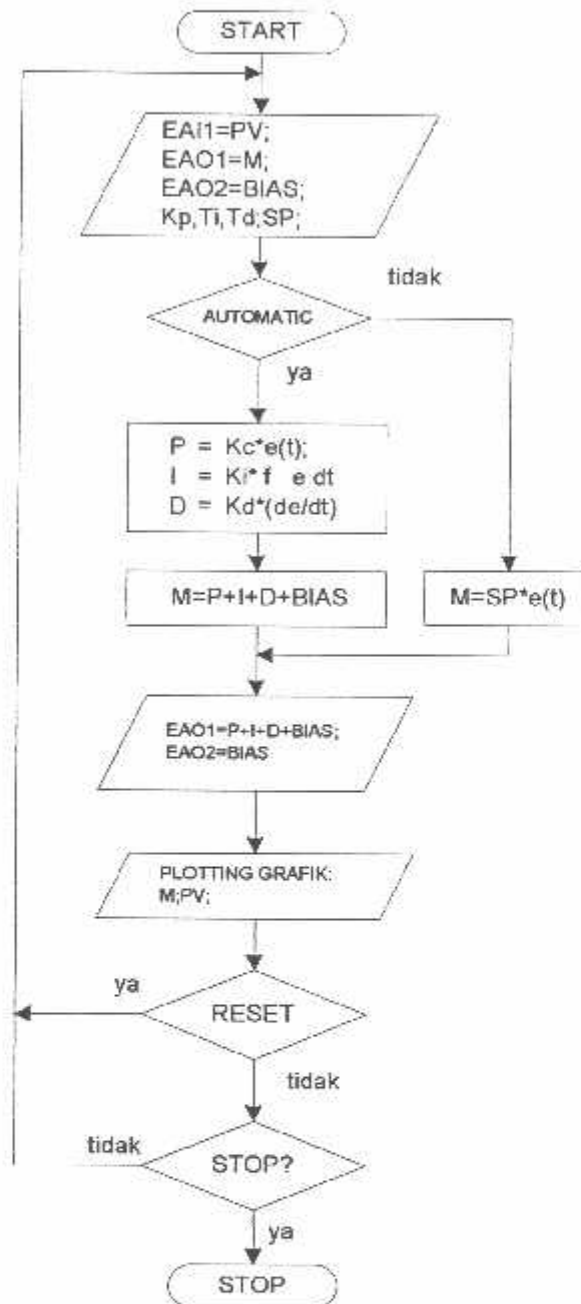
- ⇒ 8 Single-Ended, 4 Differential 12-Bit Analog Inputs, ± 10 Vdc
Analog Input Range
- ⇒ 2 Analog Outputs ,+ 5 Vdc Analog Output Range
- ⇒ 20 Digital I/O (Up to 50 Hz per I/O)
- ⇒ 32-Bit Counter
- ⇒ USB 2.0/1.1 Low Speed Interface

Terminal-terminal yang digunakan antara lain;

- ⇒ EAI1
 - ⇒ EAO1
 - ⇒ EAO2
-

3.2. perancangan Perangkat lunak

3.2.1. Flowchart



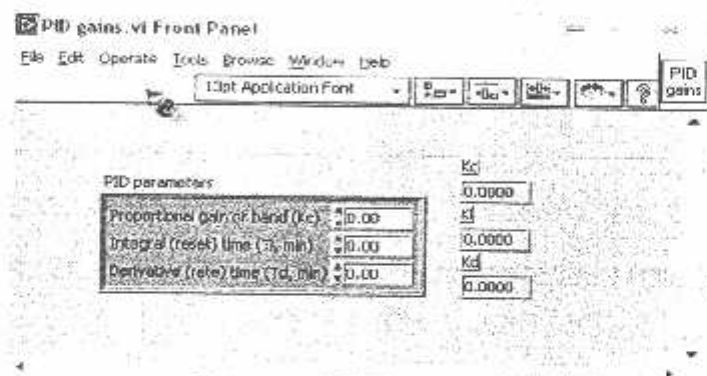
Gambar 3.15 Flowchart Software

3.2.2. PID parameter

Sebelum masuk pada proses pengontrolan PID maka harus didapatkan dahulu parameter dari masing-masing tipe kontroler seperti berikut;

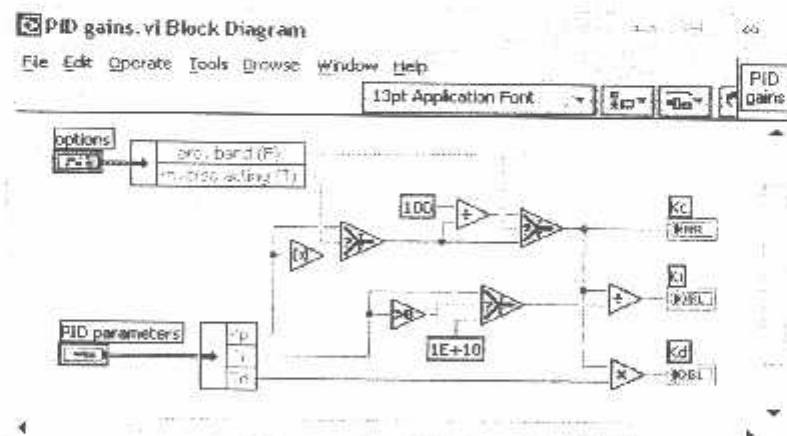
- tipe kontroler proporsional dengan parameter K_c
- tipe kontroler integral dengan parameter K_i
- tipe kontroler differensial dengan parameter K_d

Setelah itu disusun pada front panel sebagai berikut;



Gambar 3.16 Front Panel PID parameter

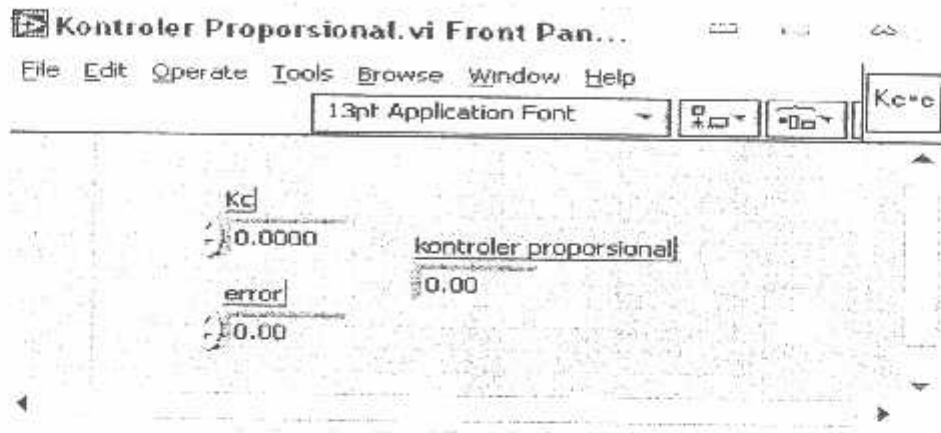
sedangkan pada blok diagram wiringnya adalah sebagai berikut;



Gambar 3.17 Diagram Blok PID parameter

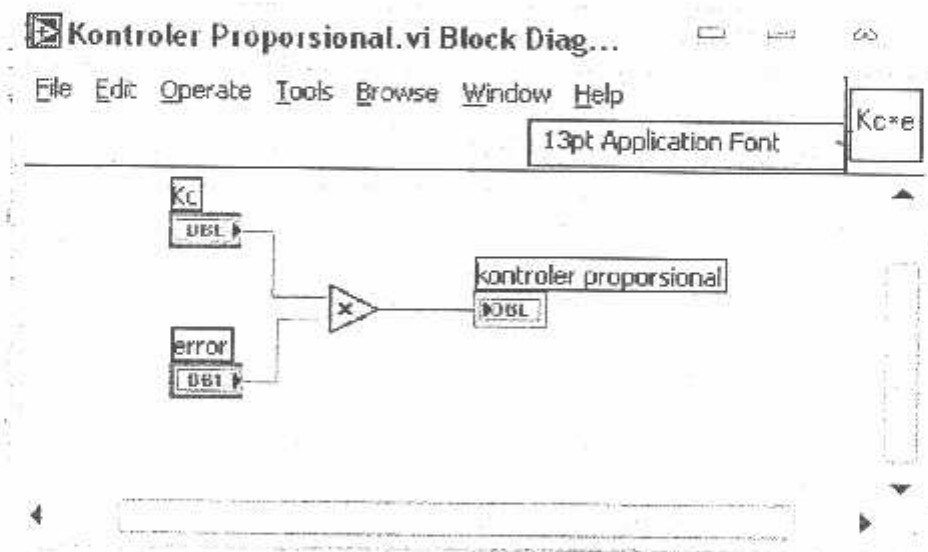
3.2.3. Kontroler Proporsional (P)

Setelah didapatkan parameter K_c pada proses PID Parameter maka dapat disusun kontroler jenis proporsional, pada front panel sebagai berikut;



Gambar 3. 18 Front Panel Kontroler Proporsional

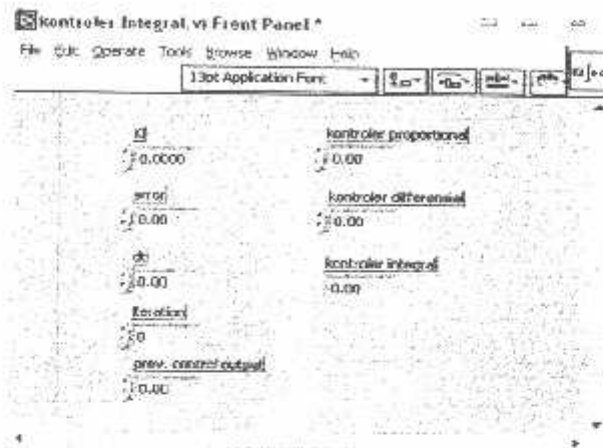
sedangkan pada blok diagram wiringnya adalah sebagai berikut;



Gambar 3.19 Diagram Blok Kontroler Proporsional

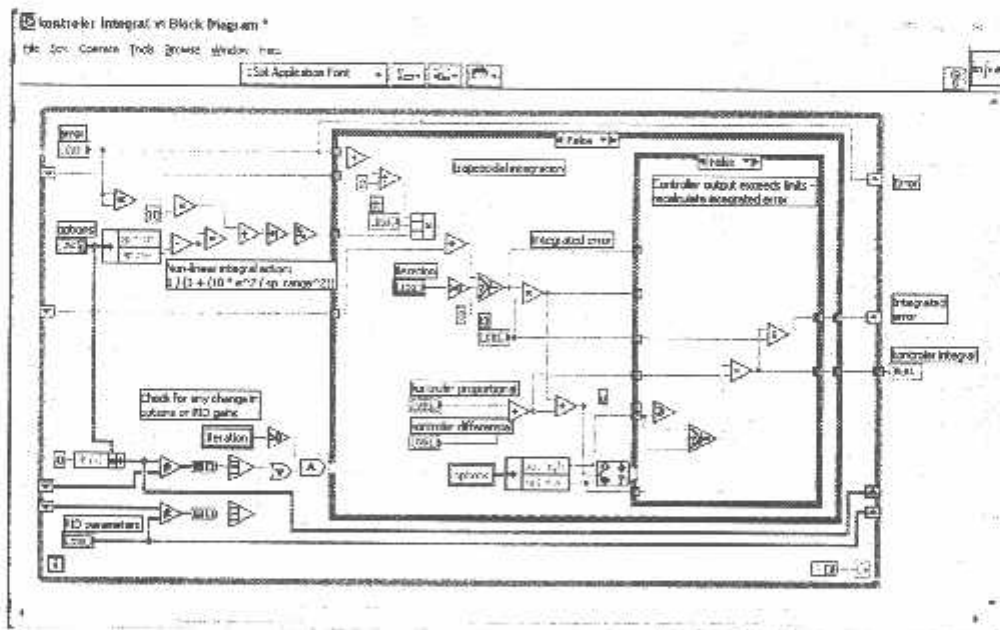
3.2.4. Kontroler Integral (I)

Setelah didapatkan parameter K_i pada proses PID Parameter maka dapat disusun kontroler jenis Integral, pada front panel sebagai berikut;



Gambar 3. 20 Front Panel Kontroler Integral

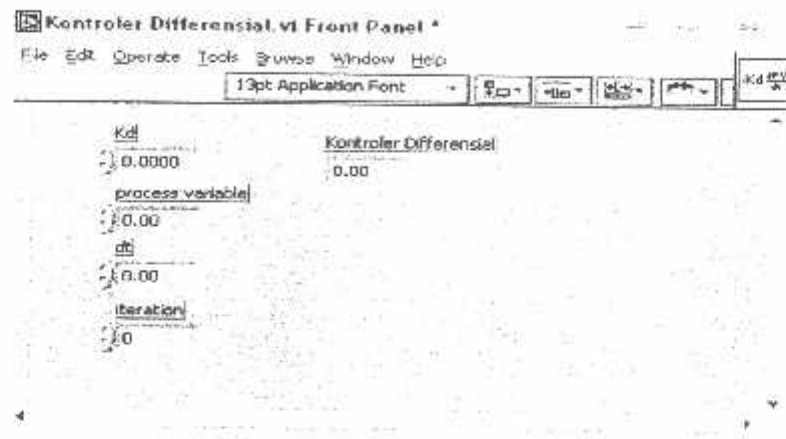
sedangkan pada blok diagram wiringnya adalah sebagai berikut;



Gambar 3.21 Diagram Blok Kontroler Integral

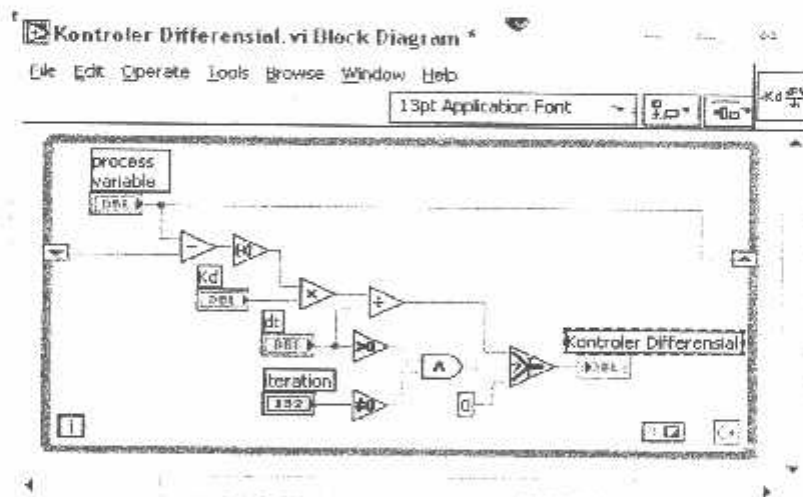
3.2.5. Kontroler Diferensial (D)

Setelah didapatkan parameter K_d pada proses PID Parameter maka dapat disusun kontroler jenis differensial, pada front panel sebagai berikut



Gambar 3.22 Front Panel Kontroler Differensial

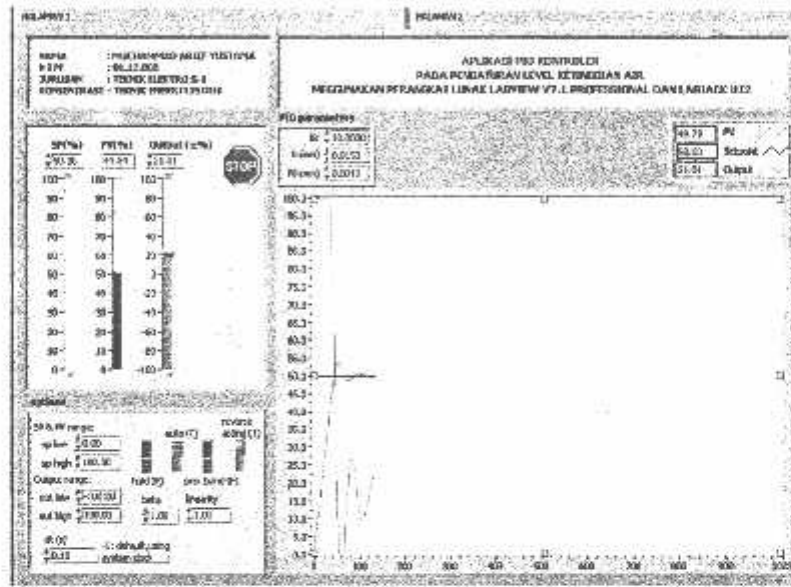
sedangkan pada blok diagram wiringnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.23 Diagram Blok Kontroler Differensial

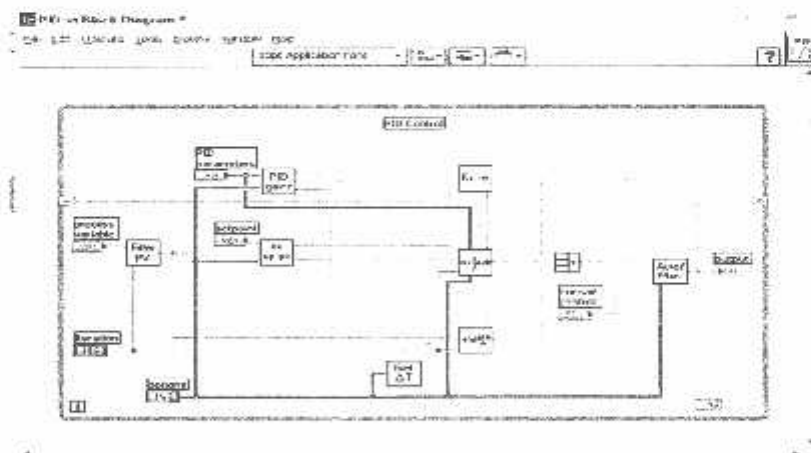
3.2.6. Kontroler PID

pada kontroler tipe ini ini kita tinggal menjumlahkan saja Icon P, Icon I, Icon D, dan mengumpulkan konektor pembacaan Process Variabel dan error dari masing-masing tipe kontroler menjadi satu dan disusun pada front panel sebagai berikut;



Gambar 3. 24 Front Panel Kontroler PID

serta susunan blok diagram menjadi seperti berikut;



Gambar 3. 25 Diagram Blok Kontroler PID

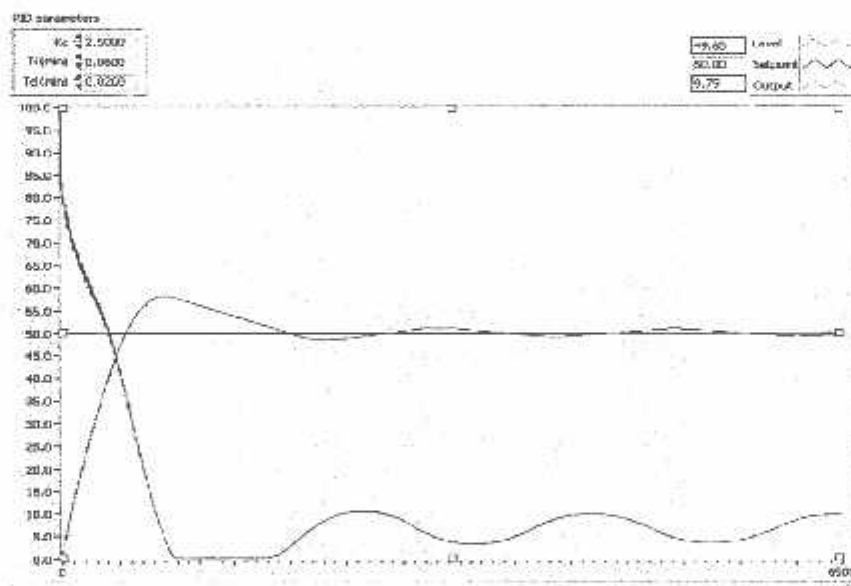
3.2.7. Plotting

Setelah rangkaian kontroler telah lengkap maka perlu dibuat suatu grafis yang mampu membaca antara lain;

- output kontroler
- pembacaan ketinggian muka air pada tangki (Process Variable)
- setpoint

agar dapat dilihat dan dianalisa respon dari suatu sistem kontroler terhadap suatu plant dalam hal ini biasa dikenal dengan kurva respon

oleh karena itulah dibuat grafik indikator yang yang mampu membaca dari setiap poin-poin diatas, dan pada front panel disusun tampilan sebagai berikut:



Gambar 3. 26 Hasil Plotting

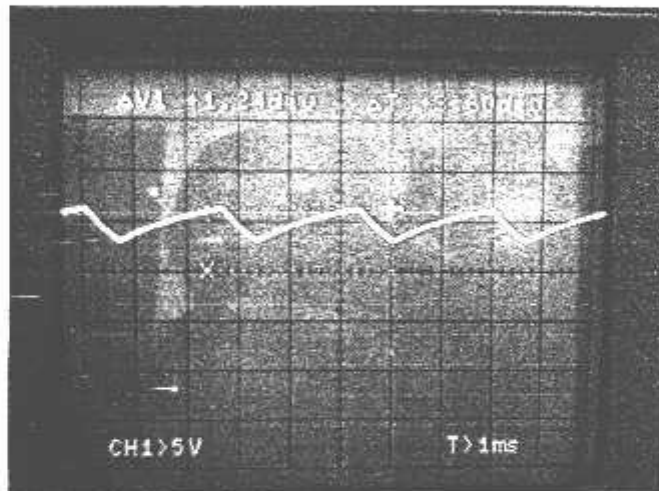
BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Pengujian rangkaian pembangkit segitiga

Mendapatkan nilai tegangan puncak ke puncak (V_{p-p}) dari tegangan dc yang berbentuk segitiga serta mendapatkan frekuensi yang dihasilkan dilakukan pengujian dengan oscilloscope hungchang

Dari pengujian dengan oscilloscope didapatkan data berupa grafik sebagai berikut;



Gambar 4.1. bentuk segitiga yang dihasilkan

Dari gambar 4.1 didapat data;

$$\Rightarrow V/\text{div} = 5V$$

$$\Rightarrow t/\text{div} = 1\text{ms}$$

$$\Rightarrow \text{nilai puncak} = 1.24 \text{ div, sehingga Nilai Puncak} = 1.28 * 5 = 6.4 \text{ Vdc}$$

$$\Rightarrow \text{nilai bawah} = 0.62 \text{ div, sehingga Nilai Bawah} = 0.64 * 5 = 3.2 \text{ Vdc}$$

Tabel 4.1 Hasil perhitungan rangkaian pengontrol pwm labjack

	Perancangan	Pengujian	Kesalahan	% kesalahan
Nilai Puncak	6.67	6.4	-0.27	-4.05
Nilai Lembah	3.33	3.2	-0.13	-3.90
Rentang	3.34	3.2	-0.14	-4.19

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kesalahan yang ada dibawah 5% dan kondisi ini menunjukkan bahwa bahwa rangkaian pembangkit segitiga bekerja dengan baik.

4.2. Pengujian rangkaian pengontrol pwm

Untuk membuktikan bahwa rangkaian dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian dengan menggunakan multimeter

Tabel 4.2 Hasil perhitungan rangkaian pengontrol pwm I

SETTING (%)	TEGANGAN KELUARAN (VOLT DC)				
	LABJACK	IC A GAIN (0.67)	IC B GAIN (-1)	IC C ADD 3.33 V	IC D GAIN (-1)
25	1.25	-0.84	0.84	-4.17	4.17
50	2.5	-1.67	1.67	-5.00	5.00
75	3.75	-2.51	2.51	-5.84	5.84
100	5	-3.34	3.34	-6.67	6.67

Tabel 4.3 Hasil pengujian rangkaian pengontrol pwm

SETTING (%)	TEGANGAN KELUARAN (VOLT DC)				
	LABJACK	IC A GAIN (0.67)	IC B GAIN (-1)	IC C ADD 3.33 V	IC D GAIN (-1)
25	1.25	-0.82	0.82	-4.15	4.15
50	2.5	-1.69	1.69	-5.10	5.10
75	3.75	-2.52	2.52	-6.10	6.10
100	5	-3.20	3.20	6.60	6.60

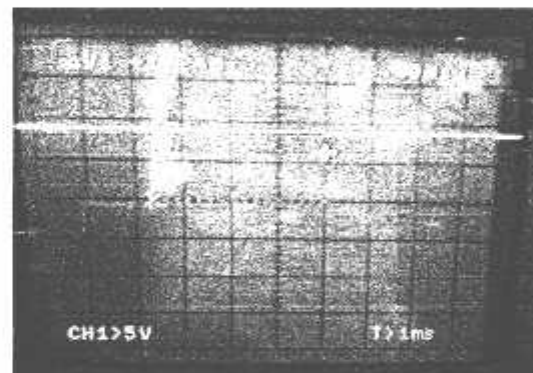
Tabel 4.4 Perbandingan Perhitungan Dan Pengujian Rangkaian Pengontrol PWM

SETTING (%)	TEGANGAN KELUARAN (VOLT DC)			error	
	LABJACK	IC D perancangan	IC D pengujian	mutlak	(%)
25	1.25	4.17	4.15	0.01	0.36
50	2.50	5.00	5.10	-0.10	-2.00
75	3.75	5.84	6.10	-0.26	-4.45
100	5.00	6.67	6.60	0.07	1.05

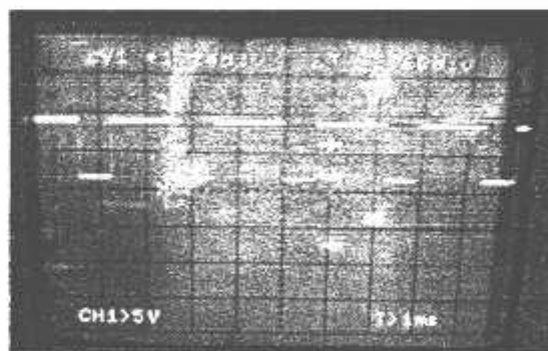
Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa kesalahan yang terjadi tidaklah terlalu jauh dan kondisi ini menunjukkan bahwa bahwa rangkaian mampu bekerja dengan baik dan layak.

4.3. Pengujian rangkaian komparator

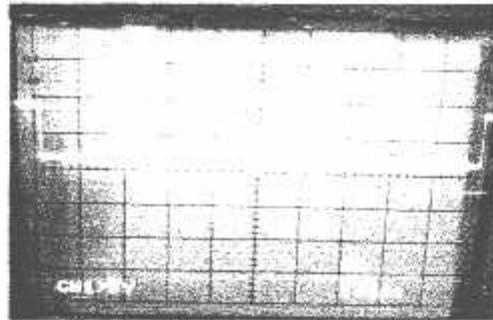
Untuk membuktikan bahwa rangkaian komparator dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian tegangan keluaran hasil pwm dan kemudian dibandingkan dengan perancangan seperti berikut;



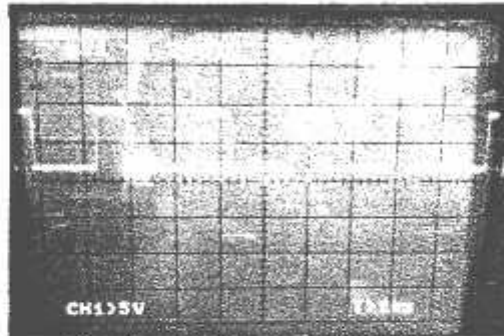
Gambar 4.2. Bentuk PWM 100%



Gambar 4.3. Bentuk PWM 75%



Gambar 4.4. Bentuk PWM 50%



Gambar 4.5. Bentuk PWM 25%

Tabel 4.5 Hasil perhitungan rangkaian komparator

SETTING (%)	TEGANGAN KELUARAN (VOLT DC)		
	LABJACK	IC D	OUTPUT PWM Vcc = 10 Vcc
25	1.25	4.165	2.5
50	2.5	5	5
75	3.75	5.835	7.5
100	5	6.67	10

Tabel 4.6 Hasil pengujian rangkaian komparator

SETTING (%)	TEGANGAN KELUARAN (VOLT DC)		
	LABJACK	IC D	OUTPUT PWM Vcc = 10 Vcc
25	1.25	4.17	2.81
50	2.50	5.00	5.80
75	3.75	5.84	7.41
100	5.00	6.67	9.28

Tabel 4.7 Perbandingan hasil perhitungan dan pengujian rangkaian komparator

SETTING (%)	LABJACK	Output PWM		error	
		perancangan	pengujian	mutlak	(%)
25	1.25	2.50	2.71	-0.21	-8.40
50	2.50	5.00	5.48	-0.48	-9.60
75	3.75	7.50	7.24	0.26	3.45
100	5.00	10.00	9.28	0.72	7.20

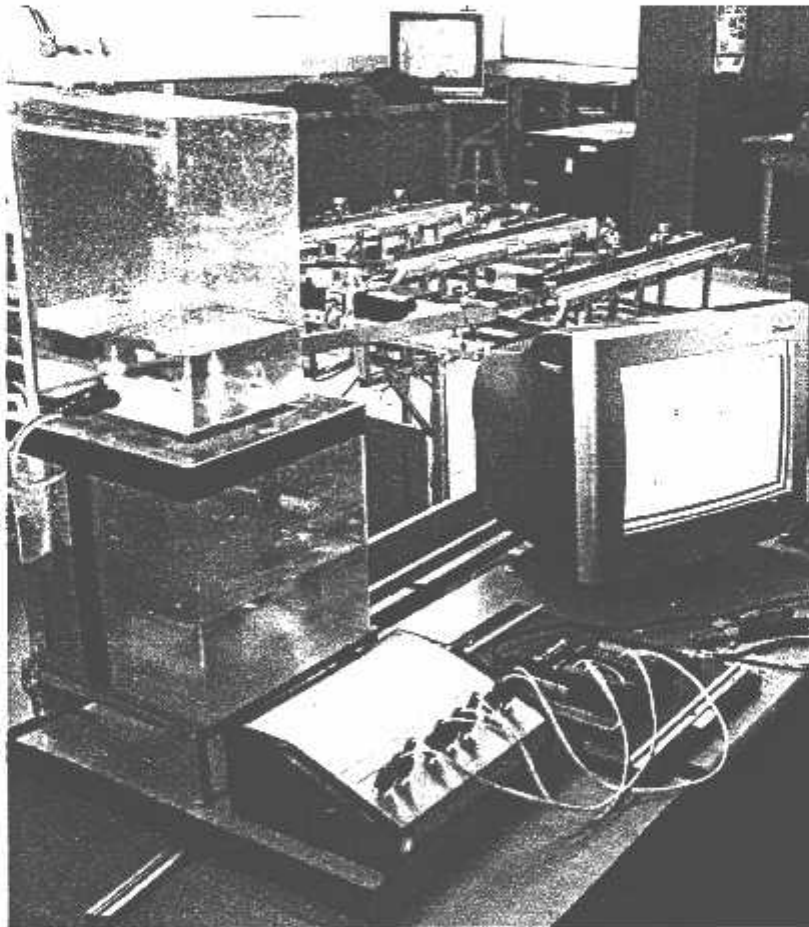
Dari Tabel 4.5 didapatkan bahwa error yang terjadi tidak terlalu tinggi (error<10%) oleh karena itu rangkaian masih dapat dan layak untuk dipakai

4.4. Pengujian kontroler PID

Dilakukan pengujian dengan menggunakan peralatan sebagai berikut;

1. Komputer
 - ▶ Prosesor intel Pentium 4 2.66 Ghz
 - ▶ Ram 256 Mbytes
 - ▶ Harddisk 40 Gbytes
 - ▶ Vga 64 Mbytes
 - ▶ Sistem Operasi Windows XP servicepack 1
2. Labjack U12
3. Driver Pompa

dirangkai dengan model seperti pada gambar4.5 berikut;

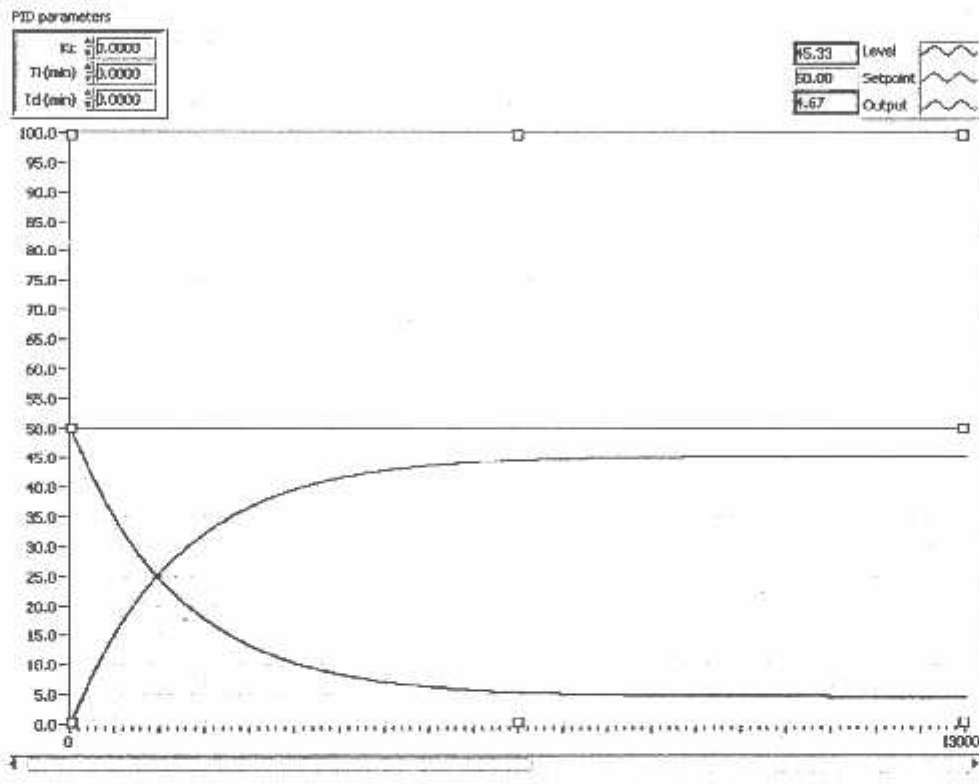


Gambar 4.5. Model Pengujian

4.4.1. Pengujian Tanpa Kontroler PID

Untuk mendapatkan melihat performa dari sistem yang telah dibuat maka dilakukan pengujian plant tanpa kontroler ;

- ▶ Dengan SP=50%



Gambar 4.6. Performansi Sistem Tanpa Kontroler PID

Pada saat pengujian berupa grafik yang berbentuk kurva dimana akan di plotkan masing, Setpoint, output dan ketinggian muka air teraktual, dan didapatkan data sebagai berikut;

Tabel 4.8

Hasil perhitungan data pengujian

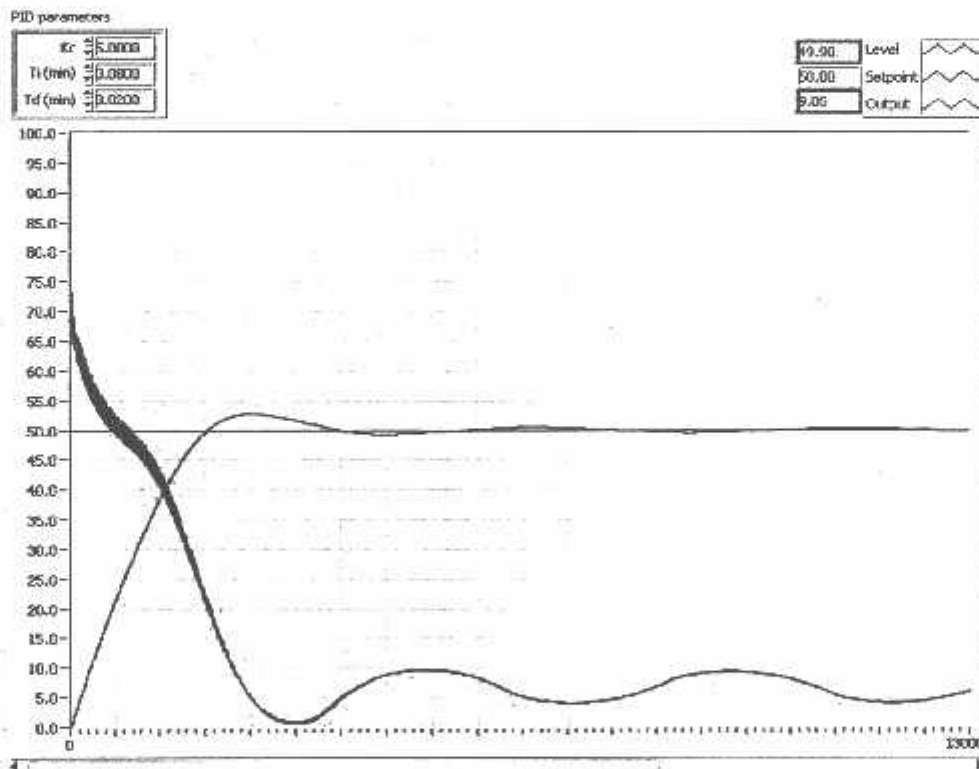
Settling Time	Error Steady State
11000ms	5.00

4.4.1. Pengujian Dengan Kontroler PID

Untuk mendapatkan melihat performa dari sistem yang telah dibuat maka dilakukan pengujian plant pada saat bekerja normal maupun pada saat gangguan dengan;

- ▶ SP = 50%
- ▶ K_p = 5.00
- ▶ K_i = 0.08
- ▶ K_d = 0.02

Setelah itu program dijalankan sehingga akan didapatkan hasil pengujian berupa grafik yang berbentuk kurva dimana akan di plotkan masing, Setpoint, output dan ketinggian muka air teraktual;



Gambar 4.7. Performansi Sistem Dengan Kontroler PID

Setelah itu untuk menilai performanya dicari dahulu kriteria-kriteria seperti berikut, beberapa komponen kriteria performansi yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

⇒ *Error Steady State*

Nilai selisih antara nilai set point dengan nilai *actual plant* pada kondisi *steady state*.

⇒ *Rise Time* atau Waktu Naik (t_r)

Waktu yang dibutuhkan oleh tanggapan untuk naik dari 0% sampai 100%.

⇒ *Maksimum Overshoot*

Nilai puncak maksimum dari kurva respon sistem.

⇒ Dalam prosentase *maksimum overshoot* dinyatakan sebagai berikut

$$\%M = \frac{M - Y_{ss}}{Y_{ss}} \times 100\%$$

Dimana : M = maksimum *overshoot*

Y_{ss} – nilai y dalam keadaan *steady state*

⇒ *Settling Time* atau Waktu Turun (t_d)

Waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap dalam daerah sekitar harga akhir yang ukurannya dengan prosentase mutlak dari harga akhir (biasanya 2% sampai 5%).

Tabel 4.9

Hasil Perhitungan Data Pengujian Performansi Sistem Dengan Kontroler PID

Overshoot Maksimum		Rise Time	Settling Time	Error Steady State
Mutlak	%			
53.00	8.16	755 ms	1700 ms	1.00

Sehingga dari tabel 4.8 dan tabel 4.9 didapatkan ;

Tabel 4.10

Hasil perhitungan data pengujian

	Settling Time	Error Steady State	
	ms	Mutlak	%
Tanpa Kontroler	6000.00	5.00	10.00
Dengan Kontroler	4250.00	1.00	2.00
selisih	1750.00	4.00	8.00

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan system didapatkan data dan hasil sebagai berikut;

1. setelah dilakukan pengujian terhadap waktu pencapaian kondisi steady state maka didapatkan bahwa dengan kontroler waktu untuk mencapai sistem stabil lebih cepat 4.2 detik dibandingkan sistem tanpa kontroler
2. setelah dilakukan pengujian terhadap error yang terjadi maka sistem dengan kontroler ternyata mampu menekan error hingga 2% dan mempunyai selisih sampai 8% dari sistem tanpa kontroler.
3. performa sitem yang didapatkan akan lebih optimal apabila dilakukan penalaan (tuning) dengan menggunakan metode-metode yang ada.

5.2. Saran

untuk lebih lanjut akan lebih baik lagi digunakan metode tuning untuk melakukan pentuningan agar didapatkan performa system yang lebih baik lagi

Daftar Pustaka

- [1]. **Fitzgerald A. E., Kingsley Jr, Charles., D. Umans, Stephen.** “ *Mesin-Mesin Listrik* ”, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
 - [2]. **Gunterus, Frans.** “ *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses* ”, Salatiga, 1977.
 - [3]. **Ogata, Katsuhiko.,** “ *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1* ”, University Of Minnesota, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
 - [4]. **Ogata, Katsuhiko.,** “ *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2* ”, University Of Minnesota, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
 - [5]. **Thiang, Yohanes TDS, Andre Mulya,** “Pengaturan Level Ketinggian Air Menggunakan Kontrol PID” *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri – Universitas Kristen Petra Jurnal Teknik Elektro* Vol. 4, No. 2, September 2004: 79 – 84.
 - [6]. **Zuhail.,** “ *Dasar Tenaga Listrik* ”, Penerbit ITB, Bandung, 1991.
 - [7]. **Manual Book Labview,** National Instrument.
 - [8]. **[http:// www.electroindonesia.com](http://www.electroindonesia.com)**
 - [9]. **[http:// www.electroniclab.com](http://www.electroniclab.com)**
 - [10]. **[http:// www.HyperPhysics.com](http://www.HyperPhysics.com)**
-

LAMPIRAN



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
 NIM : 0112008
 Semester : 10
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Elektronika / Teknik Energi Listrik
 Alamat : Jl. BS. RIADI XII 1375 MALANG

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro

(.....
[Signature]
)

Malang, 25 JUNI 2006

Pemohon

(.....
[Signature]
)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro

(.....
[Signature]
)

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
 NIP. P. 1039500274

Mengetahui
 Dosen Wali

(.....
[Signature]
)

Ir. I MADE WARTAMA, MT
 23/06/06

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IPK 307,5 / 320 = 2,81
2.
3. 0,5 / 138 / 276



**LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1	Nama Mahasiswa : <i>MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA</i> Nim : <i>0112008</i>		
2	Waktu pengajuan	Tanggal :	Bulan :
		<i>26</i>	<i>JUNI</i>
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)		
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input checked="" type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya	
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :		Mengetahui, Ketua Jurusan.
	<i>Ir. Widada Pudji M, MS</i>		<i>Ir. F. Yudi Ampraptono, MT</i> Nip. Y. <i>1069500274</i>
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	<i>PENEBATAN LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN KONTROL PID BERBASIS SOFTWARE LABVIEW 4.7.1. PROFESIONAL DAN LABTACK U2</i>	
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	<i>PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENEBATAN LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW 4.7.1. PROFESIONAL DAN LABTACK U2</i>	
Catatan :			
.....			
.....			
.....			
7	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, Dosen	, 200....
		<i>Widada PM</i>	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : *) coret yang tidak perlu
*) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



TA/41

Lampiran : 1 (satu) berkas

Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak **Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.**

Dosen Institut Teknologi Nasional

MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mochammad Arief Yustama

Nim : 01.12.008

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping dari 1 atau 2 dosen pembimbing *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM
APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL
KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK
LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, 29 Juni 2006

**Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1**

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 103 950 0274

Hormat kami,

Mochammad Arief Yustama

*) coret yang tidak perlu



Lampiran : 1 (satu) berkas

Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Eko Nurcahyo
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mochammad Arief Yustama

Nim : 01.12.008

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping dari 1 atau 2 dosen pembimbing *) , untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, 29 Juni 2006

**Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1**

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 103 950 0274

Hormat kami,

Mochammad Arief Yustama

*) coret yang tidak perlu



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Mochammad Arief Yustama
Nim : 01.12.008
Semester : X (sepuluh)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dipergunakan seperlunya.

Malang, 29 Juni 2006

**Kami Yang Membuat
Pernyataan**

Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT
Nip. Y. 1028700171

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang
bersangkutan
Kepada jurusan untuk diproses lebih
lanjut

Form S-3b



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Mochammad Arief Yustama
Nim : 01.12.008
Semester : X (sepuluh)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dipergunakan seperlunya.

Malang, 29 Juni 2006

**Kami Yang Membuat
Pernyataan**

Ir. Eko Nurcahyo
Nip. Y. 1028700172

Catatan :

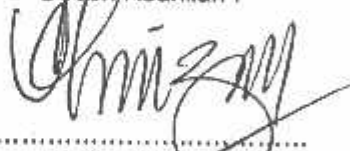
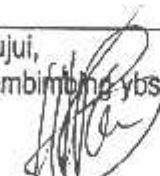
Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang
bersangkutan
Kepada jurusan untuk diproses lebih
lanjut

Form S-3b



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <i>NOCHANNAO ARIF USMANA</i>	Nim: <i>0112008</i>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<i>29-07-2006</i>
Waktu		
Tempat		
Ruang:		
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<i>PERENCANAAN DAN LEMBARAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENKENDALI LEVEL KEKUALIFIKASIAN DAN MENGELOMPOKAN PERANGKAT LUNAK MENJADI ITI PROFESIONAL DAN LABYAK UI2</i>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:
7.	Catatan:	
	Persetujuan Judul Skripsi	
	Disetujui, Dosen/Keahlian I 	Disetujui, Dosen Keahlian II
	Mengetahui, Ketua Jurusan. <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs  <u>Ir. Eko Nurcahyo</u>

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

Form S-3c



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 7 Sept. 2006

Nomor : ITN-1686/LTA/2/06
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **WIDODO PUDJI M, MT. Pemb. I**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di -
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
Nim : 0112008
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/I selama masa waktu **6 (enam) bulan** terhitung mulai tanggal:

29 Juli 2006 s/d 29 Jan. 2007

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.
Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih



Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Yimpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karang'o, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-122/I.SKP/2/07 Malang, 01Maret 2007
Lampiran : Satu Lembar
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. WIDODO PUDJI M, MT ***
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang
Di - Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam perpanjangan masa bimbingan Skripsi yang telah dilakukan untuk Mahasiswa

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
Nim : 0112008
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan kembali sepenuhnya kepada Saudara/I, selama waktu **6 (Enam) bulan** terhitung mulai tanggal:

28 Februari 2007 s/d 28 Agustus 2007

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro, apabila lewat dari batas waktu tsb, maka Skripsinya di gugurkan demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih



etua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 2. 1039500274

Tembusan Kepada Yth:

1. Perpanjangan kontrak *)
2. Mahasiswa Yang Bersangkutan
3. Arsip

Form S-4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
Nim : 01.12.008
Masa Bimbingan : 29 Februari 2007 s/d 29 Agustus 2007
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	12-01-2007	Konsultasi Bab I dan Bab II	
2.	31-01-2007	ACC Bab I, Bab II dan konsultasi Bab III	
3.	03-02-2007	ACC Bab III dan konsultasi Bab IV	
4.	13-02-2007	Revisi Bab IV dan konsultasi Bab V	
5.	24-02-2007	ACC Bab IV dan Bab V	
6.	26-02-2007	Memeriksa kembali kesimpulan dan batasan masalah	
7.	01-03-2007	Konsultasi makalah seminar hasil	
8.	05-03-2007	ACC Seminar Hasil	
9.	16-03-2007	Perbaiki dan revisi laporan skripsi	
10.	17-03-2007	ACC ujian Komprehensif	

Malang, Maret 2007
Dosen Pembimbing II,

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.Y. 102 870 0171

Form.S-4b




FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : MOCHAMMAD ARIEF YUSTAMA
Nim : 01.12.008
Masa Bimbingan : 29 Februari 2007 s/d 29 Agustus 2007
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	12-01-2007	Konsultasi Bab I dan Bab II	
2.	31-01-2007	ACC Bab I, Bab II dan konsultasi Bab III	
3.	03-02-2007	ACC Bab III dan konsultasi Bab IV	
4.	13-02-2007	Revisi Bab IV dan konsultasi Bab V	
5.	24-02-2007	ACC Bab IV dan Bab V	
6.	01-02-2007	Konsultasi makalah seminar hasil	
7.	02-03-2007	Revisi makalah seminar hasil	
8.	05-03-2007	ACC Seminar Hasil	
9.	16-03-2007	Konsultasi ujian komprehensif	
10.	17-03-2007	ACC ujian Komprehensif	

Malang, Maret 2007
Dosen Pembimbing I,


Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP.Y. 102 870 0171

Form.S-4b



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Maret 2007

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Mochammad Arief Yustama
2. NIM : 01.12.008
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

No	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Tujuan pembuatan alat	
2.	Bab IV ditambakkab foto alat	

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Penguji I,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 101 870 0015

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT
Nip.Y. 102 870 0171

Dosen Pembimbing II,

Ir. Eko Nurcahyo
Nip.Y. 102 870 0172



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Maret 2007

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Mochammad Arief Yustama
2. NIM : 01.12.008
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM APLIKASI PID KONTROLER SEBAGAI PENGENDALI LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LABVIEW V7.1 PROFESSIONAL DAN LABJACK U12

No	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Sub bab jangan terpisah	
2.	Penulisan tabel dan gambar fontnya lain	
3.	Alat harus sudah oke	

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Penguji II,

Irrine Budi S. ST, MT
NIP. 132 314 400

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

Ir. Widodo Pudi Muljanto, MT
Nip.Y. 102 870 0171

Dosen Pembimbing II,

Ir. Eko Nurcahvo
Nip.Y. 102 870 0172