

repository.ub.ac.id

**SISTEM PENGENDALIAN LEVEL CAIRAN TINTA
PRINTER EPSON C90 SEBAGAI SIMULASI PADA MESIN
PERCETAKAN BERBASIS *Programmable Logic Controller*
(PLC)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh:

**LALU IRJAN ATMANEGARA
NIM. 0910633057-63**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

MALANG

2013



LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM PENGENDALIAN LEVEL CAIRAN TINTA PRINTER
EPSON C90 SEBAGAI SIMULASI PADA MESIN PERCETAKAN
BERBASIS *Programmable Logic Controller* (PLC)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**LALU IRJAN ATMANEGARA
NIM. 0910633057-63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT.
NIP. 19650913 199002 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PENGENDALIAN LEVEL CAIRAN TINTA PRINTER
EPSON C90 SEBAGAI SIMULASI PADA MESIN PERCETAKAN
BERBASIS *Programmable Logic Controller* (PLC)**

Disusun Oleh:

**LALU IRJAN ATMANEGARA
NIM. 0910633057-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 15 Juli 2013

Majelis Penguji :

**Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001**

**Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT.
NIP. 19711013 200604 1 001**

**Eka Maulana, ST., MT., M.Eng.
NIK. 84113006110280**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS.
NIP. 19580728 198701 1 001**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “SISTEM PENGENDALIAN LEVEL CAIRAN TINTA PADA PRINTER EPSON C90 SEBAGAI SIMULASI PADA MESIN PERCETAKAN BERBASIS PLC (*Programable Logic Controller*)” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang diberikan,
- Rasulullah Muhammad SAW semoga sholawat dan salam tetap tercurah kepada beliau,
- Ayah H. Lalu Syamsudin dan ibu Hj. Wafiah atas kasih sayang, perhatian dan dukungan yang sangat besar untuk penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Kakak kandung saya Lalu Achmad Chairul Abror yang banyak memberikan motivasi yang begitu berharga,
- Adik kandung saya Baiq Winda Syamsuriana dan Baiq Elok Puspayani yang telah banyak mendoakan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini,
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya sekaligus sebagai pembimbing I penulis yang telah banyak memberikan masukan, nasehat, pengarahan, motivasi dan saran hingga selesainya skripsi ini,
- Bapak Purwanto Ir., MT selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,

- Ibu Dr. Erni Yudaningtyas, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan,
- Staf rekording Jurusan Teknik Elektro,
- Sahabat-sahabat saya Ahmad Doniarsyah Zen, Adityan Ilmawan, Adeck Aprilian yang senantiasa memberikan semangat serta doa kepada penulis.
- Rekan-rekan pengerjaan skripsi di “Lab. Kontrol dan sekret Tim Robot”, Ekky, Bashori, Juang, Sam Budi, Aditya, Jatra, Tansu, Abu.
- Teman-teman AMPERE angkatan 2009 yang telah berbagi ilmu dengan penulis dan selalu memberikan semangat,
- Seluruh teman-teman, senior serta semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Juli 2013

Penulis

ABSTRACT

Abstrak— Programmable Logic Controller atau lebih dikenal sebagai PLC, penggunaannya saat ini sangatlah luas. Kemajuan teknologi saat ini membuat PLC mampu menyediakan input maupun output dalam besaran analog dan menjadi pilihan sebagian besar industri sebagai alat pengontrol yang baik. Dalam skripsi ini PLC diaplikasikan sebagai alat pengontrol level ketinggian tinta dengan memanfaatkan teknik pengontrolan PID (*Proporsional Integral Differential*) yang telah tersedia di dalam PLC yang diharapkan nantinya dapat menunjang pada kebutuhan kinerja mesin percetakan dalam skala besar. Input yang diberikan berupa besaran analog dan output yang dihasilkan oleh PLC dikeluarkan dalam bentuk besaran Pulse Width Modulation (PWM) yang disambungkan ke pompa DC melalui driver motor DC untuk memompa tinta dari tandon ke tabung tinta. Pompa DC ini memiliki motor penggerak dengan tegangan maksimal 12 volt. Penggunaan tinta untuk mencetak menjadi gangguan yang akan mempengaruhi level cairan pada tabung tinta. Keadaan ini akan terjadi secara terus menerus hingga level cairan tinta mencapai setpoin titik kerja dari mesin pencetak yang telah ditentukan.

Kata kunci: Programmable Logic Controller (PLC), PID, Pengontrolan Level, Analog Input, PWM Output.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	3
1.4	Tujuan	3
1.5	Sistematika Pembahasan	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Printer Infus	5
2.2	Pompa dan Motor DC	5
2.3	Sensor Inframerah	6
2.4	Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)	7
2.4.1	Kontroler Proporsional	8



2.4.2	Kontroler Integral	9
2.4.3	Kontroler Differensial	11
2.4.4	Kontroler Proporsional Integral	12
2.4.5	Kontroler Proporsional Differensial	12
2.4.6	Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)	12
2.4.7	Metode Tuning PID	13
2.5	PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)	16
2.5.1	Prinsip Kerja PLC	18
2.5.2	Device Masukan	19
2.5.3	Modul Masukan	20
2.5.4	Device Keluaran	21
2.5.5	Modul Keluaran	21
2.6	Perangkat Keras PLC CP1L	21
2.6.1	<i>Central Processing Unit (CPU)</i>	21
2.6.2	Unit Catu Daya	21
2.6.3	Unit Pemrograman	22
2.6.4	Unit Memori	22
2.6.5	Unit Input	23
2.6.6	Unit Output	24
2.7	Pengawatan PLC	24
2.8	Pemrograman PLC	25
2.6.1	Dasar-Dasar Pemrograman	25
2.6.2	Konsep Pembuatan Program Dengan Diagram Tangga	26
2.6.3	Menggambar <i>Ladder Diagram</i>	27
2.6.4	Menggunakan Program CX-One	27
2.6.5	Instruksi Dasar PLC	29

BAB III. METODOLOGI

3.1	Studi Literatur	32
3.2	Perancangan dan Realisasi Pembuatan Alat.....	32
3.2.1	Perancangan Alat Setiap Blok	32
3.2.2	Realisasi Pembuatan Sistem Keseluruhan	33
3.3	Pengujian dan Analisa.....	33
3.4	Pengambilan Keputusan	34

BAB IV. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1	Tinjauan Umum.....	35
4.2	Perancangan Sistem.....	36
4.3	Diagram Blok Sistem	37
4.4	Prinsip Kerja Alat	37
4.5	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	38
4.5.1	Sensor Ketinggian Inframerah	38
4.5.2	<i>Driver</i> Pengendalian Motor DC L298N	38
4.5.3	Motor DC.....	39
4.5.4	Pengawatan Sistem Keluaran Tegangan Sensor Ketinggian Pada PLC... 41	
4.5.5	Pengawatan Sistem Keluaran PWM pada PLC	42
4.6	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	43
4.6.1	Perancangan Komunikasi Data	43
4.6.2	Perancangan Program Pembacaan Sinyal Analog Sensor Ketinggian ... 43	
4.6.3	Perancangan Kontroler PID	44



BAB V. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

5.1	Pengujian Sensor Inframerah	49
5.1.1	Tujuan Pengujian	49
5.1.2	Peralatan Yang Dibutuhkan	49
5.1.3	Prosedur Pengujian	49
5.1.4	Analisis Hasil Pengujian	50
5.2	Pengujian Rangkaian Driver Motor DC	51
5.2.1	Tujuan Pengujian	51
5.2.2	Prosedur Pengujian	51
5.3	Pengujian Keseluruhan Sistem	54

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran	59
	DAFTAR PUSTAKA	60
	LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR



Gambar 2.1	Sinyal PWM	6
Gambar 2.2	Sensor Inframerah Sharp GP2D12	6
Gambar 2.3	Rangkaian Sensor Sharp GP2D12	7
Gambar 2.4	Diagram Blok Kontroler Proporsional	8
Gambar 2.5	Pengaruh Kontroler Proporsional Terhadap Error	9
Gambar 2.6	Blok Diagram Kontrol Integral	10
Gambar 2.7	Pengaruh Kontroler Integral Terhadap Error	10
Gambar 2.8	Blok Diagram Kontroler Differensial	11
Gambar 2.9	Diagram Blok Kontroler PID	13
Gambar 2.10	Kurva Respon <i>Unit Step</i> yang Menunjukkan 25% Maximum Overshoot	14
Gambar 2.11	Respon <i>Plant</i> Terhadap Masukan Berupa <i>Unit Step</i>	14
Gambar 2.12	Respon Plant Berbentuk S	14
Gambar 2.13	Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Proporsional	16
Gambar 2.14	Osilasi Berkesinambungan dengan Periode <i>Pcr</i>	16
Gambar 2.15	Diagram Blok Prinsip Kerja PLC	17
Gambar 2.16	Prinsip Kerja PLC	19
Gambar 2.17	Contoh Simbol <i>Device</i> Masukan	20
Gambar 2.18	Slot Modul Masukan atau Keluaran PLC	20
Gambar 2.19	<i>Device</i> Keluaran PLC	21
Gambar 2.20	Digital Input PLC	23
Gambar 2.21	Diagram Pengawatan Standar PLC Omron CP1L	24
Gambar 2.22	Pengawatan Input DC PLC CP1L	25
Gambar 2.23	Tampilan Dasar Program CX-One versi 8.1	28
Gambar 2.24	Tampilan untuk Melihat Variabel yang Tersedia	29
Gambar 2.25	Tampilan untuk Melihat <i>Device</i> yang Tersedia	30
Gambar 2.26	Tampilan untuk Melihat Memori Area yang Tersedia	31
Gambar 4.1	Blog Diagram Sistem	36
Gambar 4.2	Gambar Blok Diagram Sistem Keseluruhan	37
Gambar 4.3	Diagram Blok Sensor Ketinggian Inframerah	38
Gambar 4.4	Skematik Modul Driver L298N	39

Gambar 4.5	Modul Driver L298N	39
Gambar 4.6	Grafik Karakteristik Motor DC	40
Gambar 4.7	Grafik Sinyal Prbs.....	40
Gambar 4.8	Grafik <i>System Identification Tool</i> pada MATLAB	41
Gambar 4.9	Komunikasi PLC CP1L dengan Komputer	41
Gambar 4.10	Pengawatan Masukan Analog PLC CP1L.....	42
Gambar 4.11	Skematik Rangkaian Output PWM PLC CP1L	42
Gambar 4.12	Instalasi Driver PLC CP1L	43
Gambar 4.13	Program Pembacaan Sinyal Analog	44
Gambar 4.14	Analisis <i>Auto-Tuning</i> PID PLC CP1L	45
Gambar 4.15	Tampilan Pengaturan Parameter PID	45
Gambar 4.16	<i>Flowchart</i> Pengaturan Parameter PID	46
Gambar 5.1	Diagram Blok Pengujian Sensor Inframerah	50
Gambar 5.2	Sinyal Keluaran Driver L298N Terhadap Sinyal PWM 30%	51
Gambar 5.3	Tampilan <i>Waveform</i> Parameter Osiloskop Vellemen PCSU1000 dari Sinyal PWM dan Keluaran <i>Driver</i> L298N dengan <i>Duty Cycle</i> 30%	52
Gambar 5.4	Sinyal Keluaran Driver L298N Terhadap Sinyal PWM 50%	52
Gambar 5.5	Tampilan <i>Waveform</i> Parameter Osiloskop Vellemen PCSU1000 dari Sinyal PWM dan Keluaran Driver L298N dengan <i>Duty Cycle</i> 50%	53
Gambar 5.6	Ladder Diagram Program pada PLC	54
Gambar 5.7	Rangkaian Secara Keseluruhan Sistem	55
Gambar 5.8	Grafik Respon Tegangan Vout Terhadap Waktu	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aturan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respons Unit Step dari Plant	15
Tabel 2.2 Aturan Ziegler-Nichols Berdasarkan <i>Critical Gain_{Kcr}</i> dan <i>Critical Period_{Kcr}</i>	16
Tabel 4.1 Keterangan Instruksi Program Pembacaan Sinyal Analog	44
Tabel 5.1 Data Pengukuran Rangkaian Sensor Inframerah	50
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Respon Driver Motor Terhadap Masukan Sinyal PWM	53
Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Waktu Untuk Mencapai Setpoint Sistem Keseluruhan	56
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Vout Untuk Mencapai Setpoint Sistem Keseluruhan	56
Tabel 5.5 Nilai Rata-Rata Vout Terhadap Waktu Keseluruhan	56



BABI PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan produk seperti banner, brosur, kartu nama, stiker dan produk cetak yang lain sangatlah tinggi, terutama untuk perusahaan, event organizer, atau kalangan pelajar dan mahasiswa bahkan hingga pejabat-pejabat dalam hal keperluan kampanye. Terbukti dengan banyaknya spanduk dan reklame yang dengan mudah dapat dijumpai di sepanjang jalan ibu kota. Oleh karena permintaan masyarakat yang semakin besar dalam bisnis percetakan, membuat berbagai perusahaan bersaing untuk mendapatkan peluang bisnis ini dengan omset yang lebih besar.

Majunya industri percetakan tentu berpengaruh dengan teknologi yang akan digunakan dalam setiap kinerja mesinnya. Pengontrolan yang paling banyak dianggap sebagai hal yang dapat menghambat kinerja kerja suatu mesin percetakan ialah cairan tintanya. Tinta dapat dikategorikan sebagai inti pada suatu mesin percetakan akan tetapi cairan tinta ini bersifat sensitif saat penggunaannya. Pengontrolan cairan tinta harus sering dilakukan karena jika tinta sampai kosong atau habis maka dapat mengganggu kerja mesin. Jika cairan tinta kosong maka harus diisi kembali secara manual yang membutuhkan waktu yang cukup banyak dan rumit, karena harus diisi satu persatu pada tabung sesuai dengan warna yang ada, dan pengisian dilakukan sedikit demi sedikit.

Dalam kaitannya menjaga volume cairan tinta kadang operator sangat sering lalai untuk melakukan pengecekan volume cairan tinta, hal tersebut dapat disebabkan faktor jadwal kesibukan yang padat dan kurangnya pengawasan saat mesin bekerja sehingga jarang memperhatikan kondisi mesin pencetak tersebut. Maka untuk menghindari kelalaian pengisian cairan tinta karena terbatasnya waktu, dan kurangnya pengawasan tersebut dicoba sebuah solusi untuk mengotomatisasi pengisian cairan tinta tersebut, yaitu dengan cara pengisian cairan tinta secara otomatis pada tabung-tabung

infus dengan pemasangan tandon cairan tinta cadangan yang volumenya lebih besar dan lebih mudah untuk diisi ulang kembali.

Untuk itu diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk pengontrolan level tinta agar saat proses pengisian tinta pada komponen mesin tidak harus diisi kembali secara manual. Simulasi yang akan dilakukan penulis adalah membuat sistem otomatis pada pengisian tinta dengan printer sebagai simulasi dalam skala kecil. Mesin percetakan dalam skala besar mirip dalam hal kinerja dan pengoperasiannya dengan printer Epson seri C90 dimana pengontrolan yang utama dan harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil cetak terbaik ialah dengan memperhatikan tinggi level cairan tinta di tiap pengoperasiannya.

Kontroler *Programmable Logic Controller* (PLC) yang akan digunakan dapat membantu hal ini karena PLC memiliki channel-channel yang dapat difungsikan sebagai pengontrol pada tabung infus saat akan diisi ulang kembali. Dalam penelitian sebelumnya pengaturan level tinta dilakukan menggunakan mikrokontroler dengan metode on-off sebagai pengontrolnya namun, belum mampu memperhitungkan kesalahan yang terjadi akibat error pada motor pompa. PLC disini akan difungsikan sebagai pengontrol putaran motor yang bergerak untuk memompa cairan tinta pada tandon yang lebih besar menuju tabung infus yang sudah berkurang akibat pemakaian secara terus menerus dengan memanfaatkan teknik pengontrolan *Proportional Integral Differential* (PID) yang telah tersedia di dalam PLC. Pengontrolan ini akan berguna untuk mempertahankan level tinta agar tidak berubah melebihi ketinggian komponen pencetak yang setiap saat bergerak. (Novani, A.,E., 2010)

Metode kontrol PID dengan PLC yang digunakan dalam alat ini, akan menjadi salah satu alat praktikum otomasi di Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengendalian level tinta dengan aktuatur pompa menggunakan metode PLC?

2. Bagaimana merancang *software* kontroler PID pada PLC agar dapat mengontrol pengisian cairan tinta pada setiap tabung?
3. Bagaimana membuat hardware sistem pengontrolan ketinggian level pada printer dengan metode PLC?

1.3 Batasan Masalah

1. Printer yang akan digunakan sebagai simulasi pada industri percetakan adalah Epson seri C90
2. Simulasi hanya ditujukan untuk printer cairan tinta infus dengan 4 tabung cairan tinta dengan kapasitas 100 ml
3. Pembahasan ditekankan pada pengendalian level tinta dengan menggunakan kontroler PID pada PLC, kinerja driver dan elektronika tidak dibahas secara mendalam.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor inframerah dengan output analog.
5. PLC yang digunakan adalah Merk Omron tipe CP1L.
6. Tidak membahas unsur bahan-bahan kimia dan fisika yang terkandung pada cairan tinta.
7. Tidak membahas reaksi kimia dan fisika yang terjadi.
8. Tidak membahas komponen sensor ketinggian secara mendetail
9. Hanya membahas algoritma ladder diagram PID pada PLC.

1.4 Tujuan

1. Merancang pengendalian otomatis pengisian tinta isi ulang pada printer sebagai simulasi alat percetakan dengan skala yang lebih besar dari tandon tinta dengan PLC sebagai pengontrolnya.
2. Otomatisasi mesin untuk mengefisiensikan kerja alat selama 24 jam secara maksimal.
3. Menjadi alat simulasi praktikum otomasi di Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Agar tidak sering terjadi *maintenance* pada mesin pencetak.
5. Untuk mengembangkan laporan mengenai sistem pengendalian level cairan tinta isi ulang pada printer infus dengan mikrokontroler at89s51 dan digunakan metode PLC untuk pengontrolan aktuator.

1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri atas 6 bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Membahas Latar Belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan ladder diagram dan membahas tentang spesifikasi alat yang dibuat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem dan analisis hasil yang diperoleh dari alat yang sudah dibuat.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan dari keseluruhan hasil yang diperoleh serta saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Printer Infus

Printer merupakan sebuah perangkat keras yang dihubungkan pada komputer yang berfungsi untuk menghasilkan cetakan baik berupa tulisan maupun gambar dari komputer pada media kertas atau sejenisnya. Printer Infus merupakan jenis printer yang metode pencetakannya menggunakan tinta cair. Pada printer ini penempatan dan pengisian tintanya dimodifikasi dengan teknik infus, yaitu dengan menambahkan tabung tinta khusus pada bagian luar printer dan disambung dengan selang kecil untuk dihubungkan pada bagian pencetak di mesin printer. (Novani, A.,E., 2010)

2.2 Pompa dan Motor DC

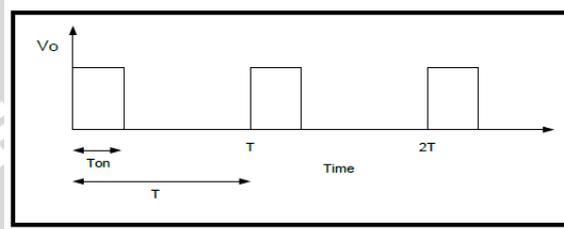
Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorenz, yaitu membangkitkan fluksi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul GGL induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. (Novani, A.,E., 2010)

Metode *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor DC. Dimana kecepatan motor DC tergantung pada besarnya *duty cycle* yang diberikan pada motor DC tersebut.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0%-100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Contoh sinyal PWM pada umumnya ditunjukkan dalam Gambar 2.1



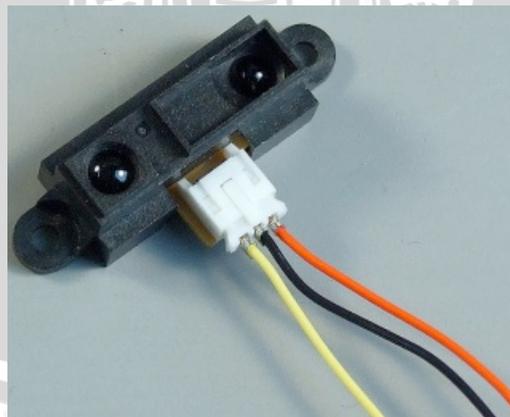
Gambar 2.1 Sinyal PWM

$$Duty\ cycle = T_{on}/T \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V_{DC} = Duty\ cycle \times V_{CC} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

2.3 Sensor Inframerah

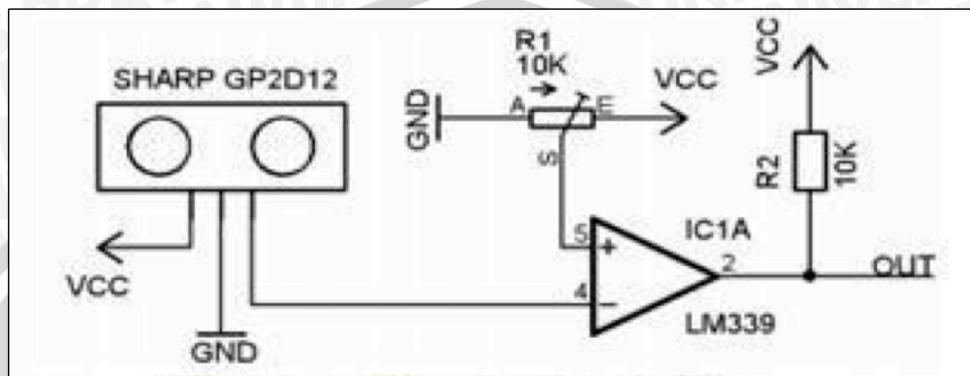
Sensor inframerah yang digunakan ialah sensor sharp tipe GP2D12. Sensor ini digunakan untuk membaca jarak. Dalam aplikasi alat ini nilai tegangan keluran dari sensor langsung dihubungkan sebagai masukan PLC



Gambar 2.2 Sensor Inframerah Sharp GP2D12 (Datasheet Sensor)

Sensor inframerah GPD2D12 merupakan salah satu sensor jarak dengan keluaran tegangan analog. Jarak yang bisa dideteksi GPD2D12 mulai dari 10cm sampai 80cm, sedangkan tegangan yang dikeluarkan adalah mulai dari

2,35 Vdc dan terus turun sampai sekitar 0,5 Vdc, sehingga jarak berbanding terbalik dengan tegangan, jadi tegangan akan semakin tinggi pada saat jarak semakin dekat. Penggunaan sensor GPD2D12 ini tidak ada perlakuan khusus dalam proses pembacaannya, sehingga dapat dengan mudah digunakan untuk mengukur jarak yang terhubung dengan input analog dari PLC CP1L.



Gambar 2.3 Rangkaian Sensor Sharp GP2D12 (Datasheet Sensor)

Adapun prinsip kerja sensor sharp GP2D12 ini menggunakan prinsip pantulan sinar inframerah. Dalam aplikasinya nilai tegangan keluran dari sensor yang berbanding terbalik dengan hasil pembacaan jarak dikomparasi dengan tegangan referensi komparator. Prinsip kerja dari rangkaian komparator sensor sharp GP2D12 adalah jika sensor mengeluarkan tegangan melebihi tegangan referensi, maka keluaran dari komparator akan berlogika rendah. Jika tegangan referensi lebih besar dari tegangan sensor maka keluaran dari komparator akan berlogika tinggi. Selain menggunakan komparator, untuk mengakases sensor jarak sharp GP2D12 dapat dengan menggunakan prinsip ADC.

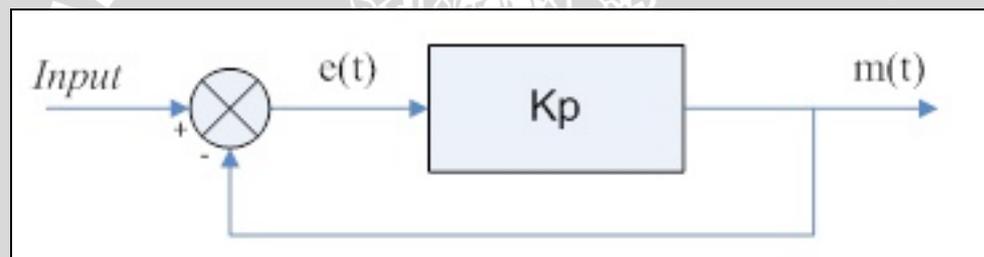
2.4 Kontroler Proportional Integral Differential (PID)

PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proporsional, Integral dan Differensial. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant.

2.4.1 Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding atau 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.

Dalam Gambar 2.4 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler Proporsional

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan $e(t)$ adalah

$$m(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan K_p adalah penguatan proporsional. Keluaran $m(t)$ hanya tergantung pada K_p dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan K_p akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respon dan mengurangi kesalahan keadaan mantap. (Ogata, K. 1997)

Dan kontroler proporsional memiliki pengaruh pada sistem, diantaranya :

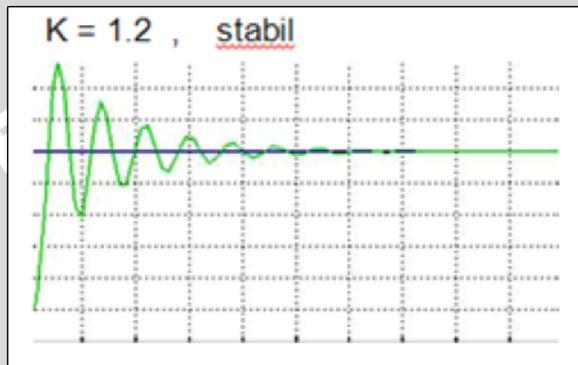
1. Menambah atau mengurangi kestabilan.
2. Dapat memperbaiki respon transien khususnya : waktu yang dibutuhkan respon untuk mencapai 10% sampai 90% dari nilai steady

(*rise time*), waktu yang diperlukan respon untuk mencapai steady state dengan toleransi kesalahan sebesar 2% - 5% (*settling time*)

3. Mengurangi (bukan menghilangkan) *Error Steady State*

Tetapi untuk menghilangkan *Error Steady State*, dibutuhkan K_p besar, yang akan membuat sistem tidak stabil.

Kontroler Proporsional memberi pengaruh langsung (sebanding) pada *error*. Semakin besar *error*, semakin besar sinyal kendali yang dihasilkan kontroler. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5.

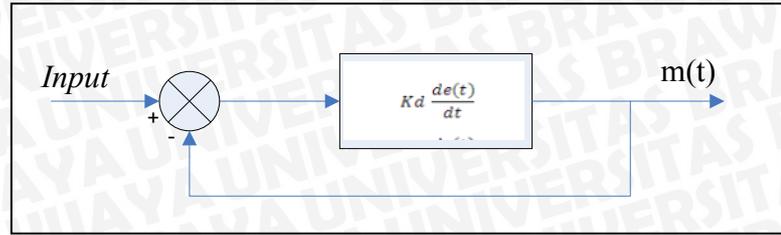


Gambar 2.5 Pengaruh Kontroler Proporsional Terhadap *Error*

2.4.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya adalah sama dengan 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 hasil penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.6 menunjukkan blok diagram kontroler integral



Gambar 2.6 Blok Diagram Kontroler Integral

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan integral sinyal kesalahan $e(t)$,
 Sehingga

$$\frac{dm(t)}{dt} = Ki \cdot e(t)$$

(2.4)

$$m(i) = Ki \int_0^t e(t) dt$$

(2.5)

dengan Ki adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)=0$, maka laju perubahan sinyal kendali integral $\frac{dm(t)}{dt} = 0$ atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi control integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respon. (Ogata, K. 1997)

Dan pengaruh kontroler integral pada sistem diantaranya :

1. Menghilangkan *Error Steady State*
2. Respon lebih lambat (dibandingkan dengan P)
3. Dapat menambah ketidak stabilan pada sistem (karena menambah orde pada sistem)

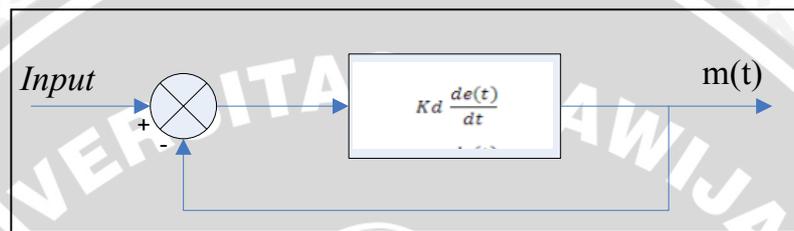
Perubahan sinyal kontrol sebanding dengan perubahan *error*. Semakin besar *error*, semakin cepat sinyal kontrol bertambah atau berubah. Seperti dalam Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Pengaruh Kontroler Integral Terhadap Error

2.4.3 Kontroler Differensial

Kontroler differensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi *derivatif*. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.8 berikut menunjukkan blok diagram pada kontroler differensial.



Gambar 2.8 Blok Diagram Kontroler Differensial

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding laju sinyal kesalahan $\frac{de(t)}{dt}$.

Hubungan ini dapat ditulis sebagai:

$$m(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

Kontroler differensial akan memberikan sinyal kendali keluaran $m(t)=0$, untuk sinyal kesalahan $e(t)$ yang konstan sehingga kontroler differensial tidak mempengaruhi keadaan mantap. Kontroler differensial digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler differensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan awalnya. Kerja kontroler differensial hanyalah efek dari lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler differensial tidak bisa digunakan tanpa ada kontroler lain.

Dari ketiga aksi kontrol dasar di atas dapat dibuat kombinasi dari ketiganya, yaitu:

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan:

$$m(t) = Kp.e + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(t) dt$$

..... (2.7)

kontroler ini menghasilkan sinyal kesalahan $\int e(t) dt$ kemudian ditambahkan dengan sinyal kesalahan $e(t)$.

2.4.4 Kontroler Proporsional Integral (PI)

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan:

$$m(t) = Kp.p + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(t) dt$$

..... (2.8)

kontroler ini menghasilkan sinyal kesalahan kemudian ditambahkan dengan sinyal kesalahan $e(t)$.

2.4.5 Kontroler Proporsional Deverensial (PD)

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan:

$$m(t) = Kp.e(t) + Kp.Td \frac{de(t)}{dt}$$

..... (2.9)

Kontroler PD selalu mengukur kemiringan sinyal kesalahan $\frac{de(t)}{dt}$ dan memperkirakan akan besar *overshoot* yang akan terjadi serta memberikan koreksi sebelum terjadi respon sebenarnya sehingga diperoleh *maximum overshoot* yang kecil.

Jika kesalahan keadaan mantap tidak berubah terhadap waktu maka turunannya terhadap waktu sama dengan nol, sehingga kontroler PD tidak mempunyai pengaruh terhadap kesalahan keadaan mantap, tetapi jika terdapat perubahan kesalahan, kontroler PD akan mengurangi besar kesalahan keadaan mantap. Jadi kontroler PD digunakan untuk memperbaiki suatu sistem pengendalian yang tanggapan peralihannya mempunyai *maximum overshoot* yang berlebihan tanpa memperhitungkan kecepatan responnya.

2.4.6 Kontroler Proporsional Differensial Integral (PID)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler proporsional, integral dan differensial dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler PID. Elemen-

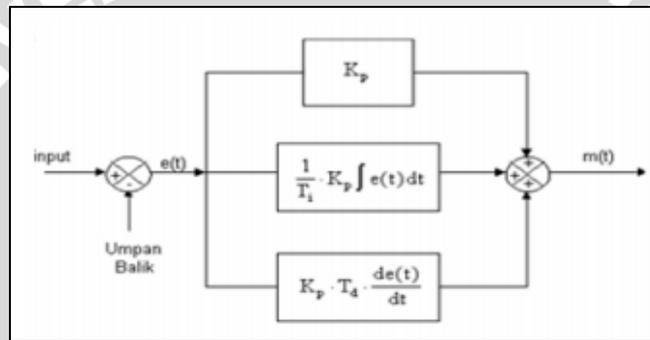


elemen kontroler P, I, dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.10)$$

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan. (Ogata, K 1997)



Gambar 2.9 Diagram Blok Kontroler PID

Keluaran kontroler PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, integral dan differensial. Gambar diatas menunjukkan hubungan tersebut. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter penguatan nilai proporsional (K_p), penguatan nilai integral (K_i), dan penguatan nilai differensial (K_d). Pengaturan konstanta K_p , T_i dan T_d akan mengakibatkan pengaruh yang besar dari masing-masing penguatan. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat dirangkaikan lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah yang akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

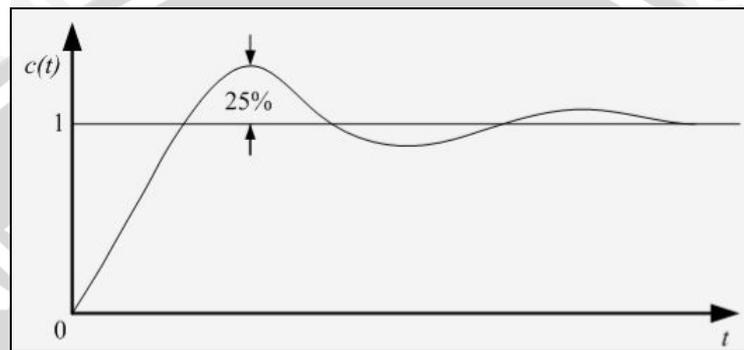
2.4.7 Metode Tuning PID

Metode Ziegler-Nichols.

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari *gain* proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu *derivatif* T_d

berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan *plant*.

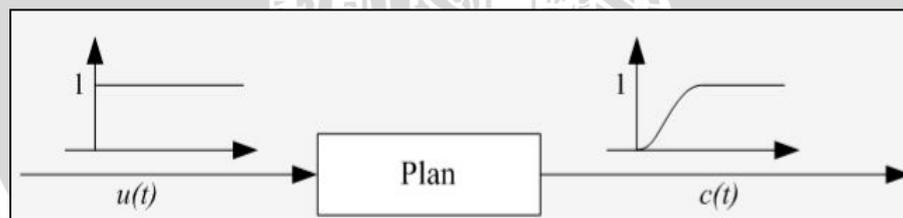
Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.10



Gambar 2.10 Kurva Respon *Unit Step* yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot* (Ogata, K., 1997)

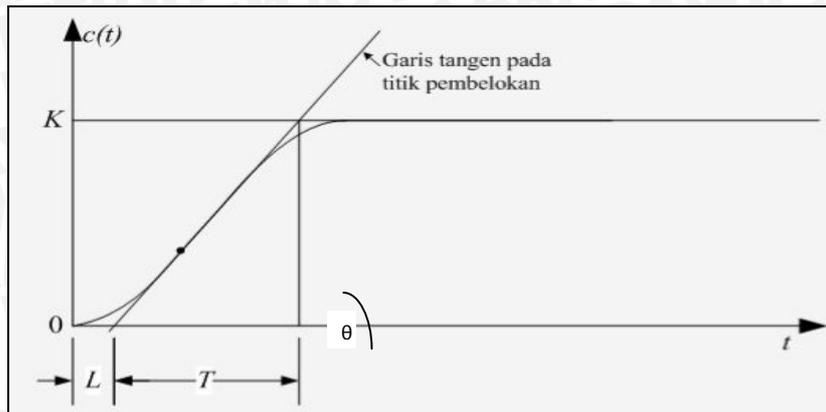
a) Metode Pertama

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari *plant* dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11



Gambar 2.11 Respons *Plant* Terhadap Masukan Berupa *Unit Step* (Ogata, K., 1997)

Jika dalam *plant* tersebut terdapat integrator atau *dominan complex-conjugate poles*, maka kurva respons unit *step* berbentuk seperti huruf S, seperti dalam Gambar 2.12. Jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata, K. 1997)



Gambar 2.12 Respons Plant Berbentuk S (Ogata, K., 1997)

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t)=K$, seperti yang telah dilakukan dalam pengujian motor DC yang akan digunakan pada pompa dengan Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \frac{c(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \quad (2.11)$$

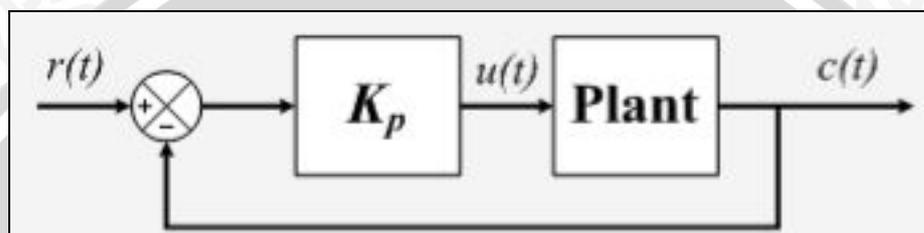
Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1 (Ogata, K. 1997)

Tabel 2.1 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respons Unit Step dari Plant (Ogata, K. 1997)

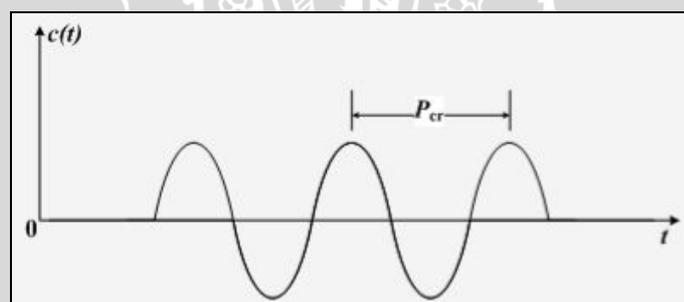
Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

b) Metode Kedua

Dalam metode kedua Ziegler-Nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = 0$ dan $T_d = 0$. Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (Jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan. (Ogata, K. 1997)



Gambar 2.13 Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional (Ogata, K. 1997)



Gambar 2.14 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode P_{cr} (Ogata, K. 1997)

Tabel 2.2 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* K_{cr} dan *Critical Period* P_{cr} (Ogata, K. 1997)

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.60 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

2.5 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat

kesulitan yang beraneka ragam. Definisi *Programmable Logic Controller* menurut capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan dibuat untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, pencacahan, dan operasi aritmatika untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog. Ada beberapa konsep PLC diantaranya :

Programmable

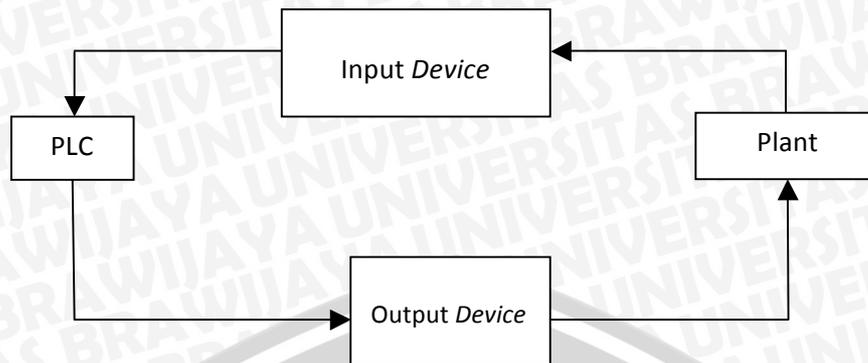
Menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dengan mudah diubah fungsi dan kegunaanya

Logic

Menunjukkan kemampuan PLC dalam memproses masukan (*input*) secara aritmatika yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, dan mengurangi.

Controller

Menunjukkan kemampuan PLC dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan keluaran (*output*) yang diinginkan. PLC adalah suatu perangkat yang dapat di program dengan mudah untuk mengontrol peralatan dalam sistem yang akan dikontrol dalam bidang industri dimana pengguna mesin dijalankan dengan otomatis. Pengontrolan dengan sistem elektromagnetik yang menggunakan *relay-relay* mempunyai banyak kelemahan. Diantaranya kontak-kontak relay yang mudah aus karena panas, terbakar atau hubung singkat yang nantinya membutuhkan biaya besar untuk instalasi, pemeliharaan dan modifikasi dari sistem yang telah dibuat. Dengan menggunakan PLC hal tersebut dapat diatasi, karena PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan dengan mudah dimodifikasi tanpa mengganti semua instrument yang ada. Gambar 2.15 adalah gambar diagram blok prinsip kerja PLC.



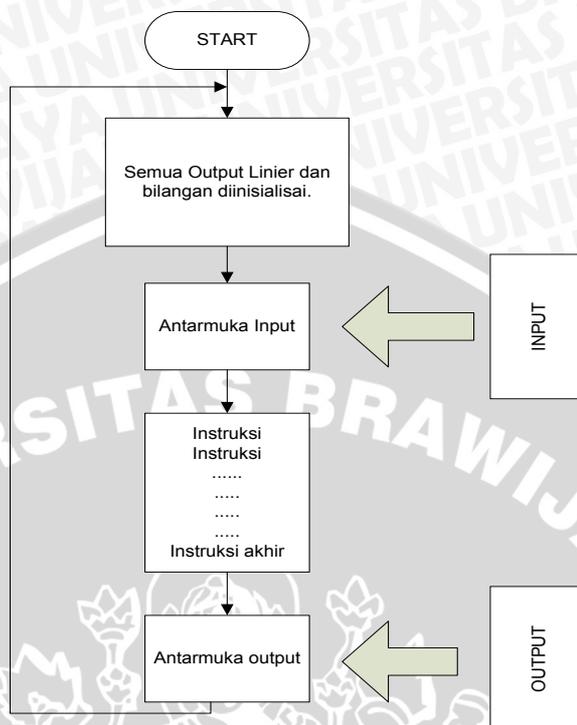
Gambar 2.15 Diagram Blok Prinsip Kerja PLC

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan *software CX-One versi 8.1* yang sesuai dengan jenis PLC tipe CP1L yang digunakan dan sudah dimasukkan. Alat ini bekerja berdasarkan input-input yang ada dan dapat diprogram kembali dari keadaan suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-ON atau meng-OFF kan output-output. Logika 1 pada PLC menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan terpenuhi sedangkan, logika 0 berarti keadaan yang tidak diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak. (*CX-Programmer versi 3.1*)

2.5.1 Prinsip Kerja PLC

Program kendali PLC akan bekerja dengan urutan langkah seperti digambarkan pada diagram alir seperti dalam Gambar 2.16. Pertama PLC melalui modul inputnya akan membaca sinyal masukan yang diterima dari komponen-komponen input (sensor, saklar, output mesin, dsb) dan tersimpan dimodul antar muka input yang tersedia dalam PLC. Selanjutnya program kendali dalam bentuk diagram alir (*ladder diagram*) akan mengendalikan instruksi-instruksi untuk mengubah sinyal input menjadi sinyal output (sesuai instruksi) dan menyimpannya pada modul antar muka output. Jadi PLC akan

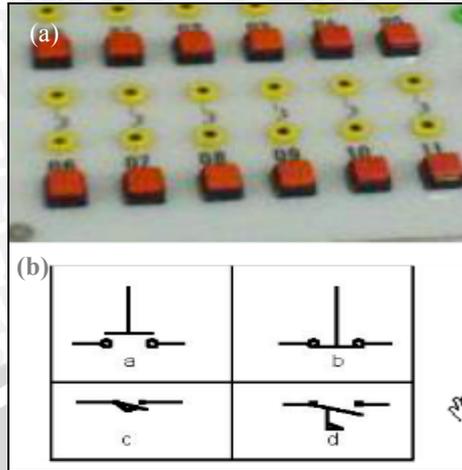
bekerja berdasarkan program kendali yang telah dibuat dan bukan karena sinyal yang diterima dari perangkat input.



Gambar 2.16 Prinsip Kerja PLC

2.5.2 Device Masukan

Device masukan merupakan perangkat keras yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada modul masukan. Sistem PLC memiliki jumlah *device* masukan sesuai dengan sistem yang diinginkan. Fungsi dari *device* masukan untuk memberikan perintah khusus sesuai dengan kinerja *device* masukan yang digunakan, misalnya untuk menjalankan atau menghentikan motor DC. Dalam hal tersebut seperti misalnya *device* masukan yang digunakan adalah *push button* yang bekerja secara *Normally Open* (NO) ataupun *Normally Close* (NC). Ada bermacam-macam *device* masukan yang dapat digunakan dalam pembentukan suatu sistem kendali diantaranya : *selector-switch*, *flow-switch*, *level-switch*, dan lain-lain. Gambar 2.17 memperlihatkan macam-macam simbol masukan.

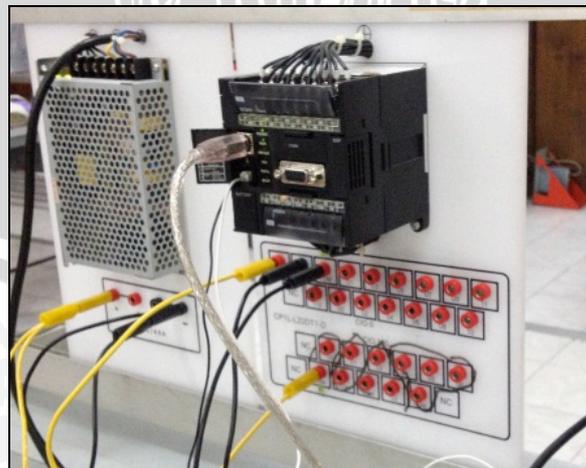


Gambar 2.17 Contoh (a) Modul *Device* Masukan (b) Simbol *Device* Masukan

- Keterangan :
- a. NO Push Button
 - b. NC Push Button
 - c. NO Limit Switch
 - d. NC Limit Switch

2.5.3 Modul Masukan

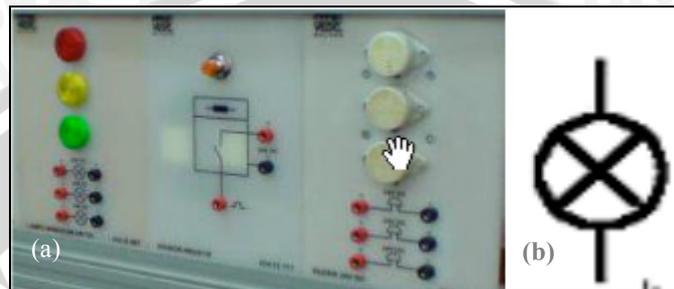
Modul masukan adalah bagian dari sistem PLC yang berfungsi memproses sinyal dari *device* masukan kemudian memberikan sinyal tersebut ke dalam prosesor. Sistem PLC dapat memiliki beberapa modul masukan. Masing-masing modul memiliki jumlah terminal tertentu, yang berarti modul tersebut dapat melayani beberapa *device* masukan. Pada jenis PLC tertentu terdapat modul masukan yang ditempatkan langsung satu unit dengan prosesor atau catu daya dan tidak ditempatkan dengan sistem rak. Gambar 2.18 menunjukkan modul masukan ataupun keluaran yang penempatannya menggunakan rak.



Gambar 2.18 Slot Modul Masukan atau Keluaran PLC (Prancangan)

2.5.4 *Device* Keluaran

Device keluaran adalah komponen-komponen yang memerlukan sinyal untuk mengaktifkan komponen tersebut. Sistem PLC mempunyai beberapa *device* keluaran seperti motor listrik, lampu indicator, sirine. Gambar 2.19, memperlihatkan contoh simbol dari *device* keluaran yang sering digunakan.



Gambar 2.19 (a) Modul *Device* Keluaran PLC (b) Simbol *Device* Keluaran PLC

2.5.5 Modul Keluaran

PLC dapat mempunyai beberapa modul keluaran tergantung dari ukuran dan aplikasi sistem kendali. *Device* keluaran disambungkan ke modul keluaran dan akan aktif pada saat sinyal diterima oleh modul keluaran dari prosesor sesuai dengan program sistem kendali yang telah diisikan ke dalam memorinya.

2.6 Perangkat Keras PLC CP1L

2.6.1 *Central Processing Unit* (CPU)

Central Processing Unit berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mengkodekan dan kemudian mengeksekusi instruksi tersebut. Selama proses tersebut, CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, kemudian memindahkan data ke I/O port atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatika dan logika. CPU pada umumnya terdiri atas 3 (tiga) unsur utama, yaitu *processor*, sistem memori dan catu daya. Arsitektur CPU dapat berbeda-beda untuk setiap merk, misalnya saja catu dayanya berada di luar CPU.

2.6.2 Unit Catu Daya

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya ke seluruh bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). PLC Omron tipe CP1L bekerja dengan catu daya 24V DC atau 220V AC. Ada beberapa PLC

yang memiliki catu daya terpisah, biasanya yang seperti itu dimiliki oleh jenis PLC yang besar, sedangkan yang jenis PLC medium atau yang kecil catu dayanya sudah menjadi satu.

Catu daya listrik ini tidak digunakan untuk memberikan daya langsung ke masukan atau keluaran, artinya masukan dan keluaran murni merupakan sebuah saklar. Operator harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC, atau dengan memanfaatkan keluaran 24V DC dari PLC. Dengan cara demikian, maka lingkungan sekitar industri tidak akan mudah merusak PLC itu sendiri karena memiliki catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

2.6.3 Unit Pemrograman

Unit pemrograman digunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program ini merupakan *software* yang menghubungkan antara PLC dengan CPU. Dengan adanya unit pemrograman maka fungsi-fungsi yang akan dimasukkan (*download*) ataupun diunggah (*upload*) dapat dilakukan. Disinilah sistem kerja yang akan dirancang dan diolah oleh PLC. Setiap jenis ataupun merk PLC memiliki *software* masing-masing yang berbeda dengan yang lain seperti misalnya program Syswin dan CX-One pada PLC Omron. (Omron CP1L, *Introduction manual* 2009)

2.6.4 Unit Memori

Memori pengguna dibagi menjadi beberapa blok yang memiliki fungsi khusus, beberapa bagian memori digunakan untuk menyimpan status masukan dan keluaran. Status yang sesungguhnya dari masukan maupun keluaran disimpan sebagai logika “0” dan “1” (dalam lokasi bit memori tertentu). Masing-masing masukan atau keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori.

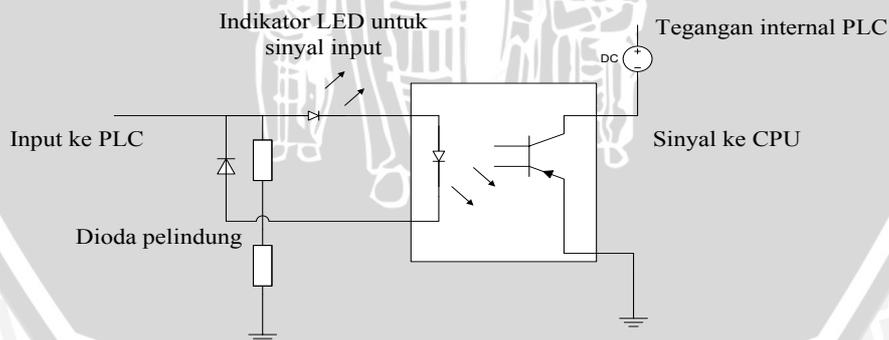
Sedangkan bagian lain dari memori digunakan untuk menyimpan isi variabel-variabel dalam pemrograman yang dituliskan, misalnya *timer* (pewaktu) atau nilai *counter* (pencacah).

2.6.5 Unit Input

• Unit *Input Digital*

Modul antar masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar menjadi sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU, misalnya masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU. Input digital atau input diskrit hanya mengenali kondisi on atau off keadaan ini hanya mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu 0 dan 1.

Pengisolasian listrik dari sumber listrik biasanya dilakukan dengan isolator optic (*optocoupler*). Dalam Gambar 2.20 ditunjukkan bahwa ketika sebuah pulsa digital melewati diode pemancar cahaya (LED), sebuah radiasi inframerah dibangkitkan. Pulsa ini terdeteksi oleh fototransistor dan mengakibatkan timbulnya tegangan pada rangkaian fototransistor tersebut. Konfigurasi rangkaian seperti ini memungkinkan sebuah pulsa digital pada satu sisi rangkaian membangkitkan sebuah pulsa digital pada sisi rangkaian lainnya yang sama sekali tidak tersambung secara elektronik, tetapi tersambung secara optic, tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU.



Gambar 2.20 Digital Input PLC (PLC CP1L Manual User)

• Unit *Input Analog*

Unit input analog berfungsi untuk menangani sinyal analog dan mengkonversikannya ke bentuk digital dengan menggunakan sebuah

konverter analog ke digital sehingga dapat diproses oleh prosesor. Kisaran input analog adalah sebagai berikut 0-10V DC dan 4-20mA DC.

PLC mempunyai kemampuan untuk menggunakan modul tambahan yang mempunyai kemampuan khusus, diantaranya seperti modul input atau output analog. Dengan demikian hal ini cukup memudahkan bagi pengguna untuk *wiring* alat yang akan dikendalikan oleh PLC. (Omron CP1L, *Introduction manual* 2009)

2.6.6 Unit Output

- **Unit Output Digital (PWM)**

Sinyal dari output PLC mengaktifkan sebuah *relay* sehingga mampu menyambungkan arus beberapa ampere ke dalam rangkaian eksternal. Output tipe *relay* dapat menangani proses saklar DC maupun AC.

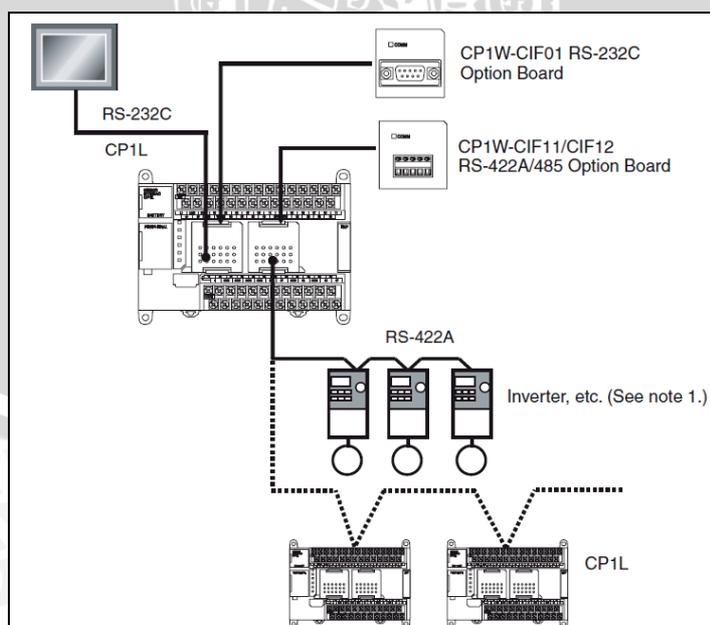
- **Unit Output Analog**

Output analog berfungsi untuk mengubah sinyal digital dari CPU menjadi sinyal analog pada keluaran PLC. Prinsip kerja modul output analog berlawanan dengan prinsip kerja modul input analog.

2.7 Pengawatan PLC

Pengawatan CPU PLC

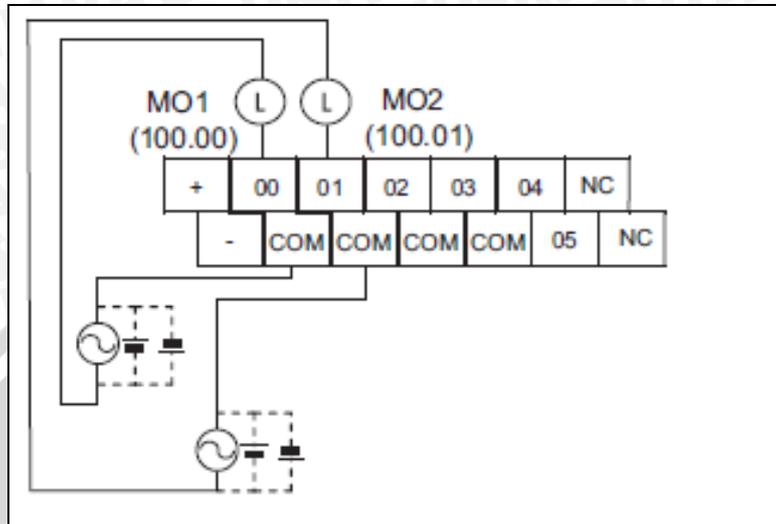
Pengawatan standar CPU PLC CP1L dapat dilihat dalam Gambar 2.21



Gambar 2.21 Diagram Pengawatan Standar PLC Omron CP1L (PLC Omron CP1L user manual)

Pengawatan Modul Input Analog PLC

Diagram pengawatan pada PLC CP1L (Input DC) dapat dilihat dalam Gambar 2.22



Gambar 2.22 Pengawatan Input DC PLC CP1L (PLC CP1L User Manual)

2.8 Pemrograman PLC

Secara umum, sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama, rancangan rangkaian kontrol yang telah diprogram dalam diagram tangga atau *ladder diagram* langsung dapat diprogram tanpa harus mengubah dahulu ke fungsi mnemonicnya. Kedua, rancangan rangkaian kontrol diubah dahulu ke fungsi mnemonicnya (dikodekan dulu), sesuai dengan tombol-tombol yang ada pada papan ketik PLC.

Demikian juga, untuk sistem pemantauannya atau untuk memonitor programnya ada dua jenis tampilan, yaitu dapat langsung ditampilkan dalam bentuk diagram tangga (khusus pada tampilan monitor komputer program) sesuai dengan rancangan kontrol atau dapat juga ditampilkan dalam fungsi mnemonicnya (pada tampilan layar LCD *program console*). (CX-One Guide Programmer User Manual)

2.8.1 Dasar-Dasar Pemrograman

Dasar-dasar dari pemrograman dari *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan diskripsi kerja sistem yang akan dikontrol.

2. Menentukan peralatan input/output yang dipakai kedalam PLC I/O bit yaitu peralatan eksternal yang akan mengirim/menerima sinyal dari PLC.
3. Menentukan simbol-simbol *ladder diagram* untuk menggambarkan rangkaiannya.
4. Menggunakan program CX-One Versi 8.1 untuk mengubah *ladder diagram* kedalam kode mnemonic agar CPU PLC dapat mengerjakannya.
5. Memindahkan program yang telah ditulis atau digambar ke dalam memori PLC.
6. Memperbaiki kesalahan pemrograman jika terjadi kesalahan pada program yang telah dibuat, sehingga menjadi benar.
7. Menjalankan program pada PLC .

2.8.2 Konsep Pembuatan Program Dengan Diagram Tangga

Hubungan kontak-kontak diagram tangga yang ada dalam CPU PLC terangkai secara elektronik, sehingga tidak memerlukan kawat penghubung seperti pada rangkaian kontrol secara konvensional.

Adapun ketentuan-ketentuan dalam penyusunan rangkaian ke diagram tangga adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan rangkaian kontrol diusahakan untuk menggunakan kontak seminimum mungkin, sehingga efisiensi kerja dari PLC dapat ditingkatkan dan alamat-alamat serta data-data dalam register digunakan sehemat mungkin, sehingga tidak melebihi kapasitas memori yang telah ditetapkan.
2. Kondisi sinyal yang mengalir pada rangkaian logika PLC selalu datang dari arah kiri menuju ke arah kanan.
3. Tidak ada satu koil atau relay output yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan relay output bekerja terus menerus, maka di antara busbar kiri dengan output diberi kontak NC dari internal *Auxiliary Relay* yang tidak digunakan.
4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua output dilengkapi dengan kontak-kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.

6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara seri maupun paralel dengan tak terbatas sesuai dengan kebutuhan.
7. Tidak ada kontak yang dapat diprogram atau disisipkan setelah output atau dengan kata lain antara busbar sebelah kanan dan hasil output tidak boleh disisipi kontak.
8. Pengkodean nomor-nomor kontak dan nomor-nomor koil output, termasuk *timer*, *counter* dan lain-lain disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabriknya.
9. Sebuah output koil, termasuk *timer*, *counter* tidak dapat digunakan untuk lebih dari satu kali.
10. Dua atau lebih koil output, termasuk *timer*, *counter* dapat dihubungkan secara paralel.

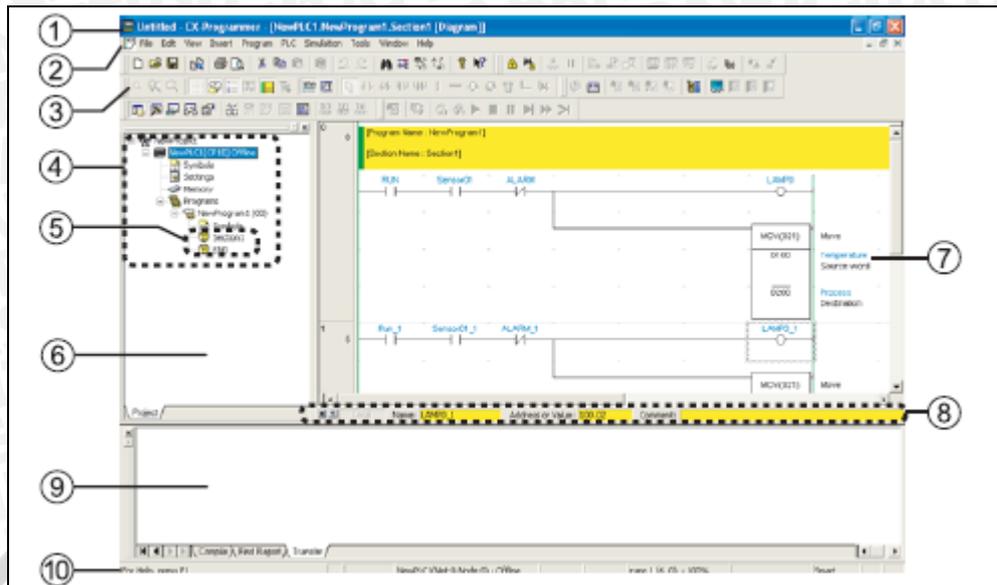
Program rangkaian dieksekusi oleh CPU secara berurutan, mulai dari alamat yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program ladder yang telah dibuat.

2.8.3 Menggambar *Ladder Diagram*

Untuk membedakan peralatan-peralatan yang akan dikontrol serta bagaimana hubungan peralatan satu dengan yang lainnya dan waktu pelaksanaan pengontrolan harus dilaksanakan untuk kemudian dituliskan atau digambarkan *ladder diagramnya*. Dalam *ladder diagram* terdapat kombinasi huruf dan digit angka yang mempunyai ketentuan masing-masing. Diantaranya terdapat *address* untuk memori bit I/O demikian pula digit *work bit* untuk *timer* dan *counter*.

2.8.4 Menggunakan Program CX-One

Gambar 2.23 berikut merupakan tampilan dari program CX-One versi 8.1



Gambar 2.23 Tampilan Dasar Program CX-One Versi 8.1 (PLC CP1L User Manual)

Deskripsi gambar

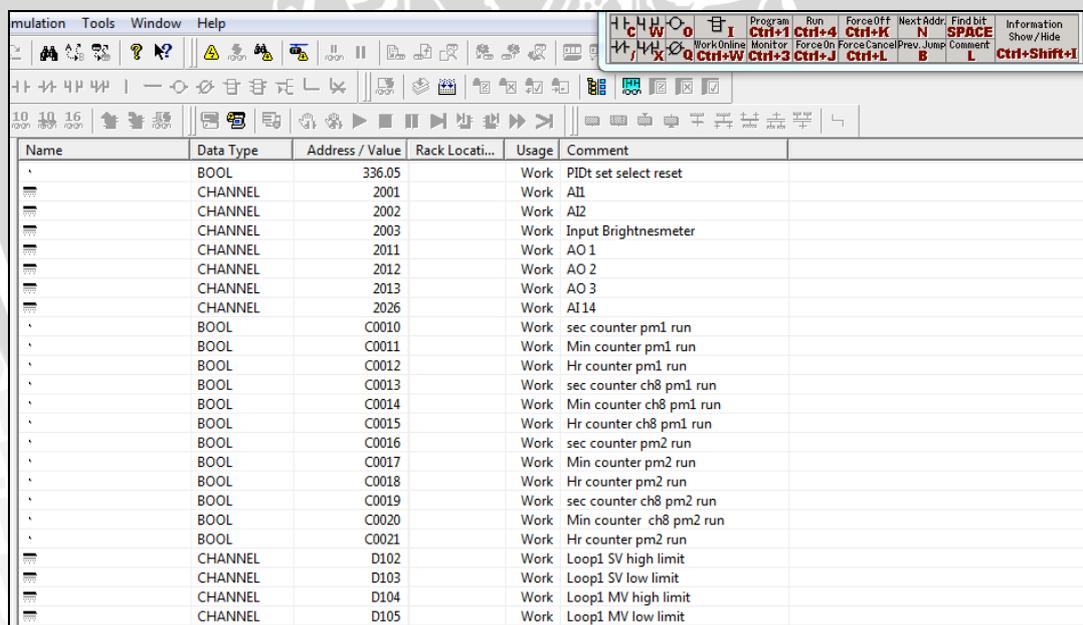
- (1) *Title Bar* : Nama untuk proyek atau program yang dikerjakan.
- (2) *Main Bar* : Untuk memilih fungsi-fungsi yang disediakan oleh CX-One versi 8.1
- (3) *Tool Bar* : Pengendali icon mouse (kursor) agar mempermudah dalam pemilihan instruksi yang akan digunakan.
- (4) *Project bar* : Sebagai Pemilah atau pemisah antar network disetiap ladder diagram
- (5) *Section* : Seleksi untuk memudahkan user dalam mengerjakan banyak program sekaligus.
- (6) *Project workspace* : Area kerja di masing-masing network.
- (7) *Diagram workspace* : Area untuk membuat atau menggambar ladder diagram.
- (8) *I/O comment bar* : Deskripsi dan keterangan Input atau Output yang sedang digunakan dalam ladder diagram.
- (9) *Output window*: Layar yang menjelaskan bila ada kesalahan dari program.
- (10) *Status bar* : Bagian layar yang menginformasikan kekurangan dari diagram ladder yang akan di eksekusi.

2.8.5 Instruksi Dasar PLC

Pengguna biasanya menggunakan instruksi secara langsung dalam program yang cenderung rumit. Padahal perlu diketahui apa saja instruksi yang bisa digunakan dalam program. Dengan demikian instruksi menjadi lebih sederhana dalam pembuatan *ladder diagram*. Semakin baik metode untuk menentukan variabel dalam program maka semakin memudahkan program untuk mengeksekusi secara cepat. Dalam CX-One, terdapat tiga bagian yang digunakan untuk memudahkan dalam pembuatan *ladder diagram*, yaitu *Variable*, *Device* dan *Jendela Memori*.

3 Variable

Digunakan untuk melihat jenis dari *device* yang tersedia pada program. Biasanya digunakan saat program yang dikerjakan berupa data, sehingga data-data yang akan digunakan dalam operasi aritmatika perlu diketahui dulu jenis datanya. Selain itu terdapat *variable* tertentu yang sudah mempunyai tugas khusus. Gambar 2.24 berikut merupakan tampilan untuk melihat jenis *variable*. (*CX-One Guide Programmer User Manual*)

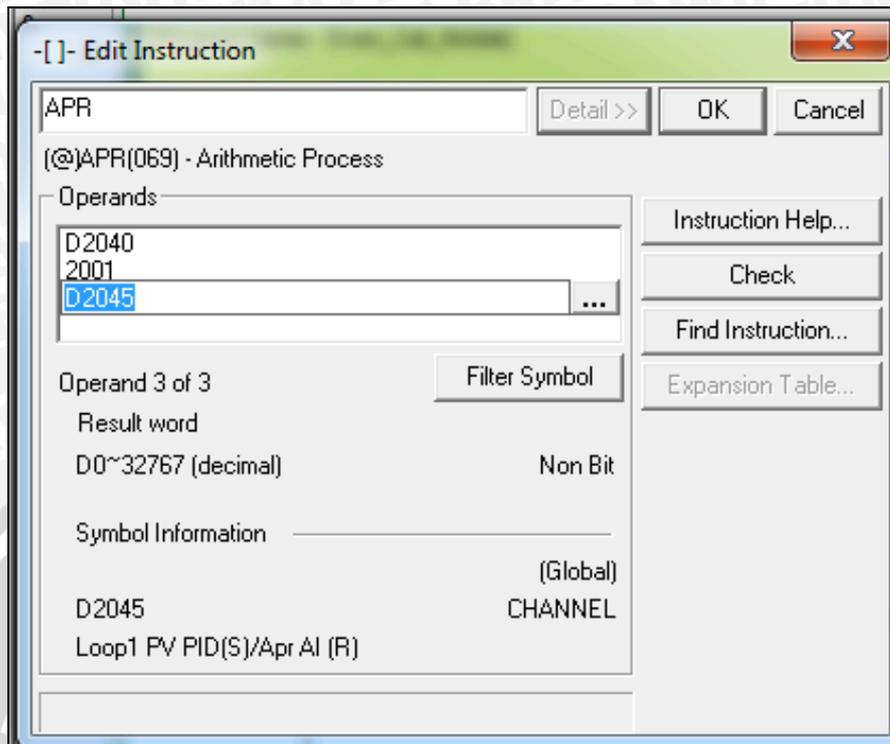


Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
·	BOOL	336.05		Work	PIDt set select reset
·	CHANNEL	2001		Work	AI1
·	CHANNEL	2002		Work	AI2
·	CHANNEL	2003		Work	Input Brightnesmeter
·	CHANNEL	2011		Work	AO 1
·	CHANNEL	2012		Work	AO 2
·	CHANNEL	2013		Work	AO 3
·	CHANNEL	2026		Work	AI 14
·	BOOL	C0010		Work	sec counter pm1 run
·	BOOL	C0011		Work	Min counter pm1 run
·	BOOL	C0012		Work	Hr counter pm1 run
·	BOOL	C0013		Work	sec counter ch8 pm1 run
·	BOOL	C0014		Work	Min counter ch8 pm1 run
·	BOOL	C0015		Work	Hr counter ch8 pm1 run
·	BOOL	C0016		Work	sec counter pm2 run
·	BOOL	C0017		Work	Min counter pm2 run
·	BOOL	C0018		Work	Hr counter pm2 run
·	BOOL	C0019		Work	sec counter ch8 pm2 run
·	BOOL	C0020		Work	Min counter ch8 pm2 run
·	BOOL	C0021		Work	Hr counter pm2 run
·	CHANNEL	D102		Work	Loop1 SV high limit
·	CHANNEL	D103		Work	Loop1 SV low limit
·	CHANNEL	D104		Work	Loop1 MV high limit
·	CHANNEL	D105		Work	Loop1 MV low limit

Gambar 2.24 Tampilan Untuk Melihat *Variable* yang Tersedia (PLC CP1L User Manual)

4 Device

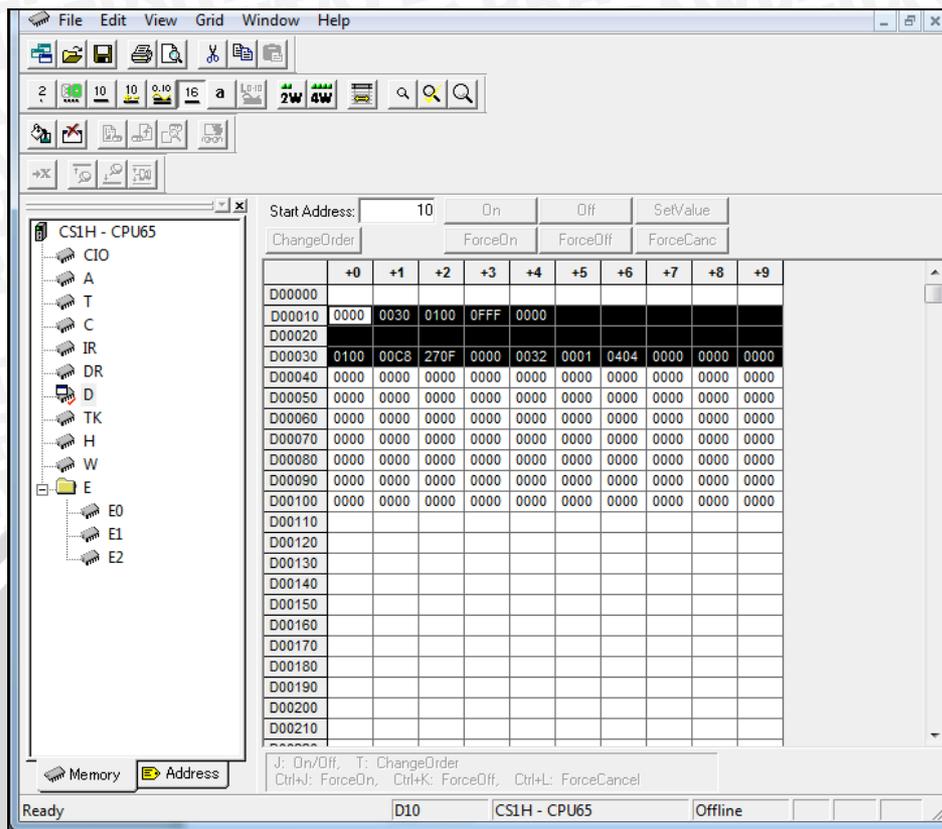
Digunakan untuk melihat *device* yang sudah atau belum digunakan dalam pembuatan program. Gambar 2.25 berikut menunjukkan *device* yang ada dalam program PLC CP1L.



Gambar 2.25 Tampilan Untuk Melihat *Device* yang Tersedia (PLC CP1L User Manual)

5 Jendela Memori Area

Flag merupakan fungsi yang memiliki *Memori Area*. Disini terdapat berbagai macam fungsi yang digunakan dalam pengerjaan program yang lebih rumit seperti program pemantauan proses algoritma yang dijalankan PID pada CX-One. Misalnya seperti dalam Gambar 2.26 menunjukkan jendela memori yang tersedia.



Gambar 2.26 Tampilan Untuk Melihat *Memori Area* yang Tersedia (PLC CP1L User Manual)



BAB III METODOLOGI

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikasi pada dunia percetakan, yaitu dengan merancang suatu pengendalian menggunakan kontroler PLC yang bertujuan dapat mendapatkan performansi sistem yang diharapkan.

Langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Spesifikasi alat
3. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
4. Pengujian alat
5. Pengambilan kesimpulan

3.1 Studi Literatur

Studi literatur fokus dilakukan pada prinsip kerja alat yang dirancang meliputi sistem pengendalian ketinggian level dengan menggunakan kontroler PLC (*Programable Logic Controller*), karakteristik dari komponen yang digunakan serta studi tentang pengendalian dengan blok-blok fungsi yang terdapat pada PLC serta mengintegrasikan dengan sensor ketinggian inframerah yang dapat mendeteksi ketinggian pada level tinta agar dapat terhubung langsung dengan PLC sebagai input dan pompa DC (motor DC) sebagai output.

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah :

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- Karakteristik spesifikasi sensor ketinggian
- Karakteristik motor DC yang berfungsi sebagai aktuator dan *output* PLC
- Penerapan sensor inframerah sebagai *input* PLC
- Spesifikasi umum kontroler yaitu PLC Omron CP1L
- Karakteristik spesifikasi pemrograman *CX-One versi 8.1*

3.2 Perancangan Dan Realisasi Pembuatan Alat

3.2.1 Perancangan Alat Setiap Blok

Perancangan Sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik serta pemrogramannya, hal ini dimaksudkan agar sistem pada pengendalian level cairan tinta printer Epson C90 dapat berjalan sesuai deskripsi awal yang telah direncanakan.

- 1) Penentuan pompa yang digunakan pada alat.
- 2) Penentuan rangkaian elektronik yang digunakan meliputi :
 - Rangkaian *regulator step down*.
 - Rangkaian *driver motor*.
 - Rangkaian catu daya.
 - Rangkaian sensor inframerah.
- 3) Penentuan spesifikasi sistem, meliputi :
 - Penentuan deskripsi kerja sistem keseluruhan.
 - Kontroler PLC (*Programable Logic Controller*) serta rangkaian elektronik pendukung.
- 4) Perancangan *ladder diagram* menggunakan software CX-One versi 8.1
- 5) Pengawatan dan pengkabelan untuk input dan output.

3.2.2 Realisasi Pembuatan Sistem Keseluruhan

Untuk merealisasikan alat yang telah dirancang sebelumnya, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Penyempurnaan mekanik printer Epson C90 beserta tandon tinta.
- 2) Pembuatan rangkaian elektronik meliputi komponen PLC, pengawatan dan pengkabelan untuk input dan output PLC, rangkaian catu daya, rangkaian driver motor.
- 3) Pembuatan dan simulasi *ladder diagram* sebelum dimasukkan ke dalam memori PLC.
- 4) Menghubungkan komunikasi HMI (*Human Machine Interface*) sebagai layar monitoring sistem secara keseluruhan.

3.3 Pengujian dan Analisa Data

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan ladder diagram program sudah

di transfer ke dalam memori PLC, maka dilakukan pengujian dan analisa alat sebagai berikut :

- 1) Menguji setiap blok rangkaian.
- 2) Kalibrasi pada sensor yang digunakan.
- 3) Menggabungkan semua blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
- 4) Melakukan pengujian alat secara keseluruhan.
- 5) Mengevaluasi dan menganalisa pengujian sistem keseluruhan yang didapat.

3.4 Pengambilan Keputusan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Apabila hasil yang didapatkan sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Tinjauan Umum

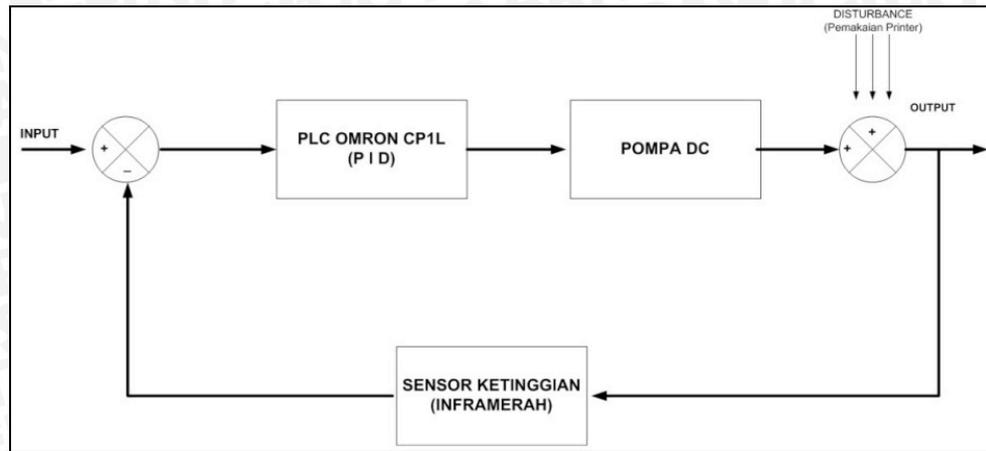
Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari alat pengendalian level cairan tinta printer, yang meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan konfigurasi pin *input* dan *output* PLC CP1L. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

Perancangan sistem pengendalian level cairan tinta printer dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Dimensi model tandon tinta secara keseluruhan 12,5cm x 9,5 cm x 20cm yang terbuat dari mika dan kayu triplek sebagai alasnya
2. Dimensi tabung tinta, berbentuk balok persegi panjang tinggi 13cm, lebar 3cm dan panjang 5cm
3. Aktuator berupa pompa air wiper 12 volt DC
4. Mengkondisikan level tinta pada *set point* 6 cm dari dasar tabung
5. Menggunakan PLC Omron tipe CP1L sebagai pengontrol utama
6. Menggunakan sensor ketinggian inframerah Sharp tipe GP2D12 dengan keluaran berupa sinyal analog
7. Menggunakan driver L298 sebagai konversi respon PWM untuk menggerakkan pompa DC
8. Catu daya 5 Volt untuk sensor ketinggian Sharp GP2D12
9. Catu daya 12 Volt untuk penggerak aktuator
10. Catu 24 Volt sebagai sumber daya PLC CP1L

Perancangan blok diagram sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1





Gambar 4. 1 Blok Diagram Sistem (Perancangan)

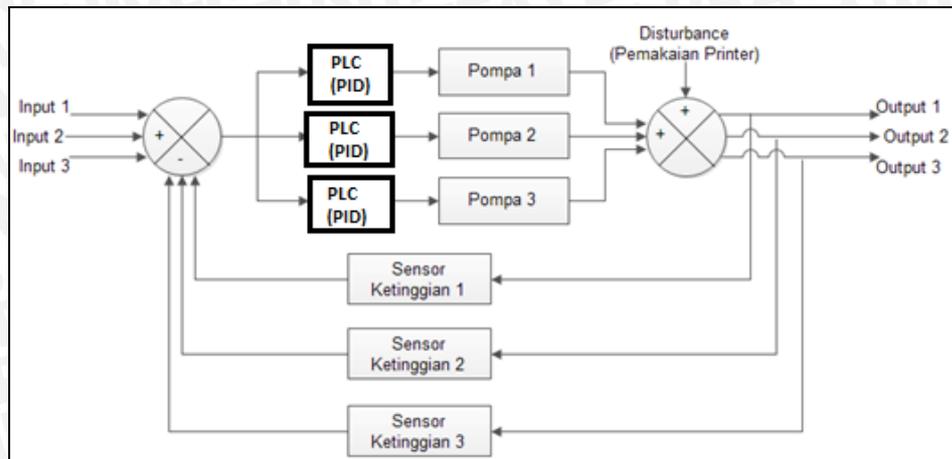
4.2 Perancangan Sistem

Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan. Alat ini bekerja sesuai dengan masukan sensor ketinggian inframerah yang masuk menuju input analog PLC. Pada saat dijalankan instruksi pertama yang akan dilakukan ialah pompa DC aktif dan memompa cairan tinta hingga memenuhi jarak atau setpoint yang telah ditentukan.

Gangguan yang terjadi akibat pemakaian printer akan mengakibatkan kurangnya level dari cairan tinta. Sensor ketinggian yang mendeteksi kurangnya level tinta akan memberikan masukan tegangan yang tidak sesuai dengan setpoint ke dalam PLC sehingga program pada PLC mulai dieksekusi hingga motor berputar mencapai setpoint. Keadaan ini akan terjadi secara terus menerus hingga mendekati setpoint.

Algoritma kontrol PID yang terdapat dalam program PLC berfungsi sebagai pengolah nilai masukan dari sensor ketinggian hingga dapat mencapai level setpoint yang telah ditentukan dengan waktu tercepat. PID diberikan batas-batas pembacaan tertentu agar dapat memenuhi jumlah data yang disediakan oleh memori PLC. Respon yang dikeluarkan oleh PLC berupa sinyal PWM yang dimasukkan ke input driver motor yang berfungsi sebagai pengontrol cepat dan lambatnya putaran motor untuk memompa tinta.

4.3 Diagram Blok Sistem



Gambar 4.2 Gambar Blok Diagram Sistem Keseluruhan (Perancangan)

Keterangan dari blok diagram sistem diatas adalah sebagai berikut :

- (1) Sensor inframerah berfungsi sebagai sensor ketinggian yang akan mengukur ketinggian level tinta, sensor inframerah yang digunakan adalah merk Sharp GP2D12 dengan masukan maksimal sebesar 5,5 volt DC
- (2) PLC yang berfungsi sebagai pengontrol utama dan akses untuk seluruh sistem
- (3) Pompa yang digunakan ialah pompa yang diputar dengan motor DC 12 volt
- (4) Driver motor L298N yang digunakan sebagai prantara kontrol dengan masukan PWM dengan keluaran analog.

4.4 Prinsip Kerja Alat

Cara kerja alat adalah sebagai berikut :

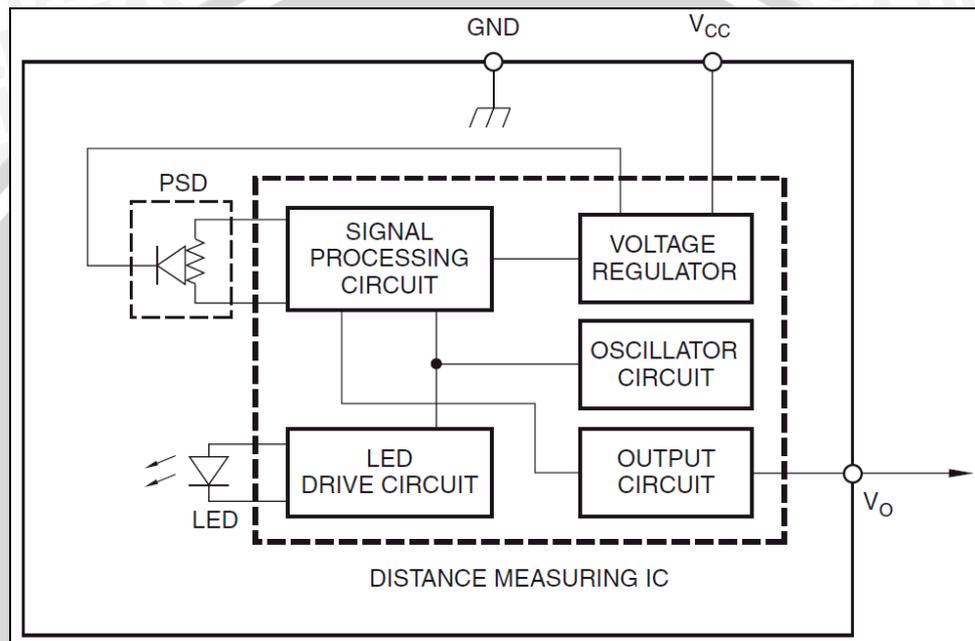
1. Catu daya yang digunakan ada 3 macam keluaran yaitu sebesar 12 volt untuk memutar pompa DC, 5 volt untuk catu sensor inframerah dan 24 volt sebagai catu utama mengaktifkan PLC CP1L.
2. Sensor jarak inframerah akan mengirimkan keluaran berupa tegangan yang menjadi masukan analog (alamat #0000) pada PLC. Masukan dari sensor ketinggian akan diproses oleh PLC dengan algoritma PID di dalam PLC kemudian memeberikan output PWM yang dapat mengontrol putaran motor DC pada pompa.

3. Komunikasi pengendali putaran motor dilakukan driver motor DC L298.

4.5 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

4.5.1 Sensor Ketinggian Inframerah

Sensor ketinggian inframerah yang digunakan ialah merk Sharp GP2D12. Tipe sensor ini mengeluarkan sinyal analog dalam bentuk tegangan. Pengukuran minimal yang dapat terbaca sensor adalah 10 cm dari mata sensor.

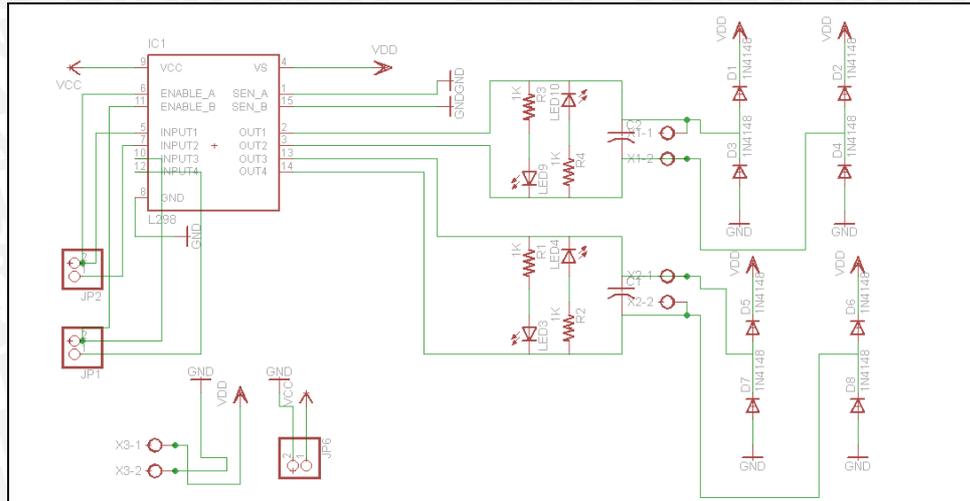


Gambar 4.3 Diagram Blok Sensor Ketinggian Inframerah (Datasheet Sharp GP2D12)

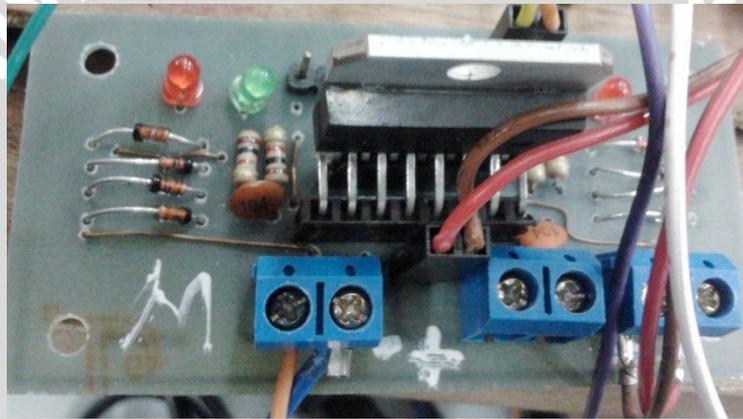
Batas terkecil pembacaan sensor saat berjarak 10cm = 2,35 volt. Dari diagram blok dapat diketahui cara kerja dari sensor inframerah ini berbanding terbalik dengan jarak yang dapat dibaca. Jadi semakin jauh jarak yang ditangkap maka nilai tegangan yang dikeluarkan akan semakin kecil.

4.5.2 *Driver* Pengendali Motor DC L298N

Modul pengendali motor DC digunakan untuk mengendalikan arah dan putaran motor DC yang menjadi penggerak pompa. Rangkaian ini dihubungkan dengan output dari PLC dengan sinyal PWM sebagai masukannya. *Driver* pengendali pada perancangan ini menggunakan *driver* L298N yaitu sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor DC.



Gambar 4.4 Skematik Modul *Driver* L298N (Perancangan)

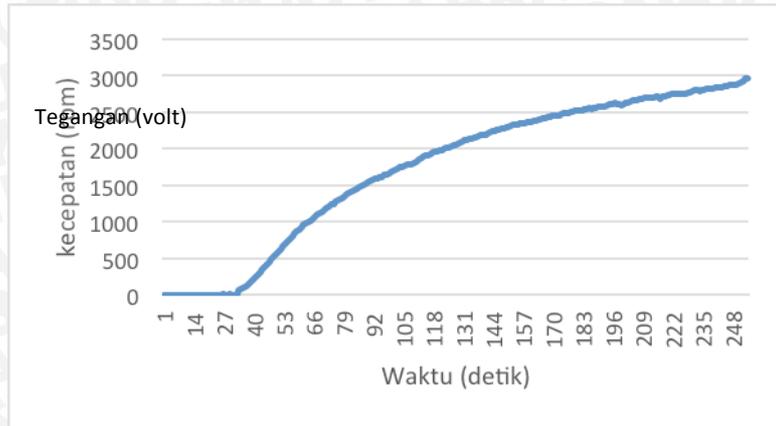


Gambar 4.5 Bentuk Fisik Modul *Driver* L298N (Perancangan)

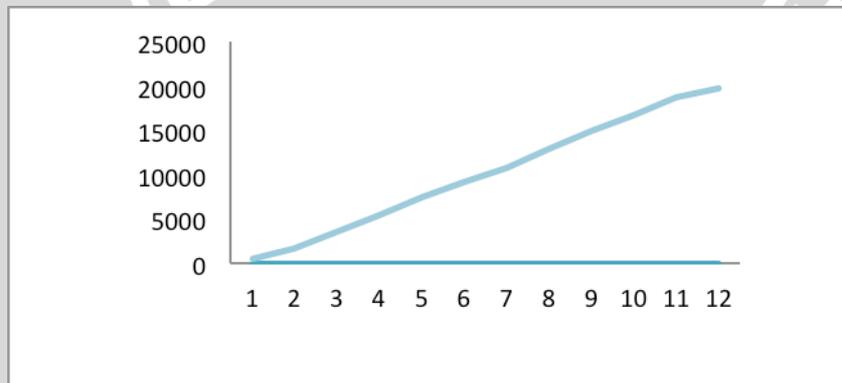
4.5.3 Motor DC

Untuk mengendalikan motor DC digunakan rangkaian mikrokontroler ATmega 32 sebagai pengolah dan memberikan data berupa PWM (*Pulse width Modulation*) agar motor bergerak. Motor DC yang digunakan pada perancangan ini tidak diketahui karakteristiknya, sehingga yang perlu dilakukan adalah melakukan pengujian dengan menggunakan rangkaian optocoupler. Untuk mendapatkan karakteristik motor DC pada perancangan ini diberikan masukan unit *step*. Hasil kecepatan motor terhadap pwm ditunjukkan pada Gambar 4.6. Sedangkan grafik kecepatan motor terhadap tegangan ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Kecapatan (rpm)



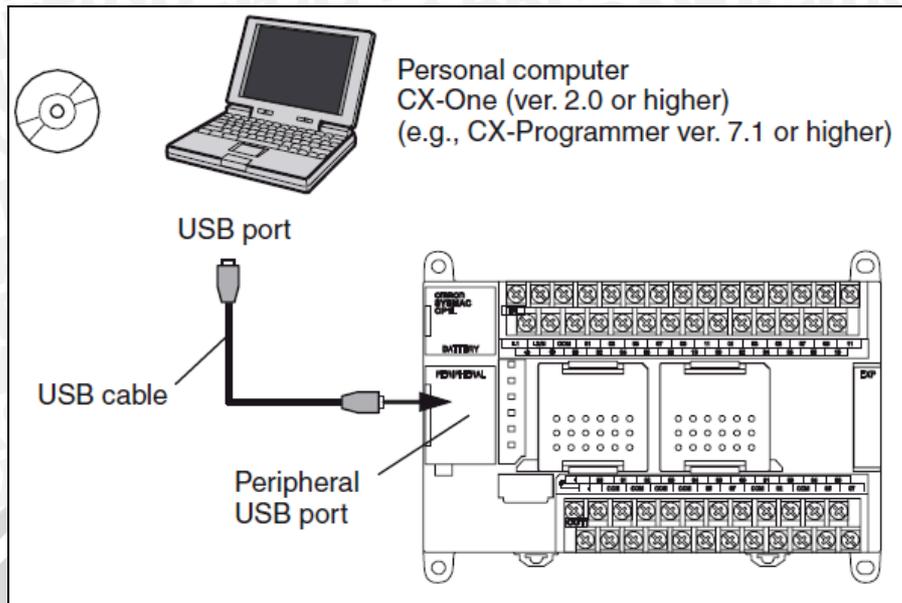
Gambar 4.6 Grafik karakteristik motor DC (Perancangan)



Gambar 4.7 Grafik Respon Motor RPM terhadap tegangan (Perancangan)

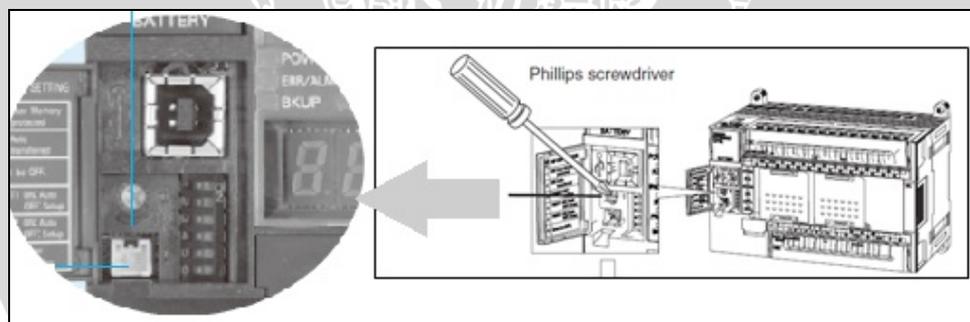
4.5.4 Pengawatan Sistem Keluaran Tegangan Sensor Ketinggian Pada PLC

Sebelum melakukan pengawatan sistem untuk keluaran sensor inframerah, PLC perlu disambungkan hingga dapat berkomunikasi dengan seperangkat komputer, seperti dalam Gambar 4.9



Gambar 4.9 Komunikasi PLC CP1L dengan Komputer (PLC CP1L User Manual)

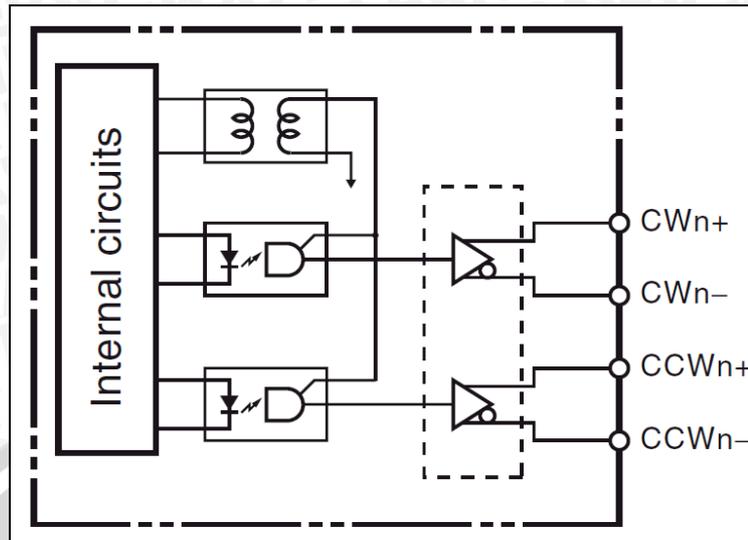
Selanjutnya PLC CP1L dihubungkan dengan sensor ketinggian melalui terminal analog seperti pada Gambar 4.10. Di dalam aplikasi program CX-One untuk memanggil masukan analog diberikan dengan pengkodean A643 pada ladder diagram.



Gambar 4.10 Pengawatan Masukan Analog PLC CP1L (PLC CP1L User Manual)

4.5.5 Pengawatan Sistem Keluaran PWM pada PLC

PLC Omron tipe CP1L memiliki 2 output dalam bentuk sinyal pulsa. Output sinyal pulsa dapat diubah dan direayasa menjadi sebuah keluaran sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.11



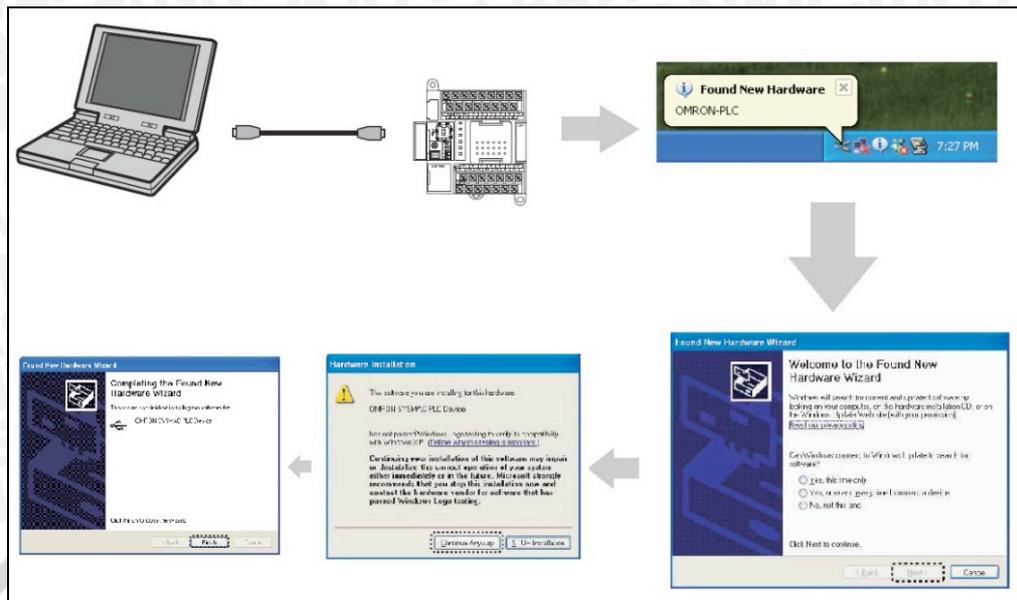
Gambar 4.11 Skematik Rangkaian Output PWM PLC CP1L (PLC CP1L User Manual)

Alamat instruksi untuk mengeluarkan sinyal PWM pada PLC CP1L ialah #0000 dan #0001. Dimana pada terminal output di kodekan dengan alamat digital 0000 dan 0003.

4.6 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

4.6.1 Perancangan Komunikasi Data

Komunikasi data yang digunakan untuk menghubungkan PLC dengan seperangkat komputer menggunakan kabel USB 2.0. Driver diperlukan sebagai antar muka dari PLC menuju komputer dan sebaliknya sehingga koneksi dua arah dapat dilaksanakan. Instalasi driver PLC dilakukan seperti dalam Gambar 4.12



Gambar 4.12 Instalasi Driver PLC CP1L (Perancangan)

4.6.2 Perancangan Program Pembacaan Sinyal Analog Sensor Ketinggian

Sebelum menggunakan sensor ketinggian analog sebagai masukan untuk PLC perlu dilakukan perancangan program yang akan digunakan sebagai simulasi pembacaan keluaran sensor pada PLC. Program untuk simulasi ditunjukkan dalam Gambar 4.13



Gambar 4.13 Program Simulasi Pembacaan Sinyal Analog (Perancangan)

Tabel. 4.1 Keterangan Instruksi Program Pembacaan Sinyal Analog

Alamat/Instruksi	Keterangan
P_On	Secara otomatis Akan tetap berlogika aktif
>(320)	320 adalah nama alamat blok komparator pada CX-One versi 8.1
A643	Alamat terminal analog pada PLC CP1L
D100	Alamat Memori kerja dari masukan analog

4.6.3 Perancangan Kontroler PID

Konsep dasar dari kontrol PID di dalam PLC CP1L adalah sebagai berikut. Pertama, mendeteksi PV (nilai proses) melalui sensor dan menjumlahkannya dengan SV (nilai yang diinginkan). Dengan demikian kontroler dapat menentukan respon yang diberikan untuk mempertahankan kecepatan motor. Kemudian kontroler mengeluarkan nilai MV (nilai manipulasi) agar PV harus sama dengan SV.

Pada saat ini, 3 jenis operasi, seperti Proporsional, Integral, Differensial dijalankan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai berikut:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

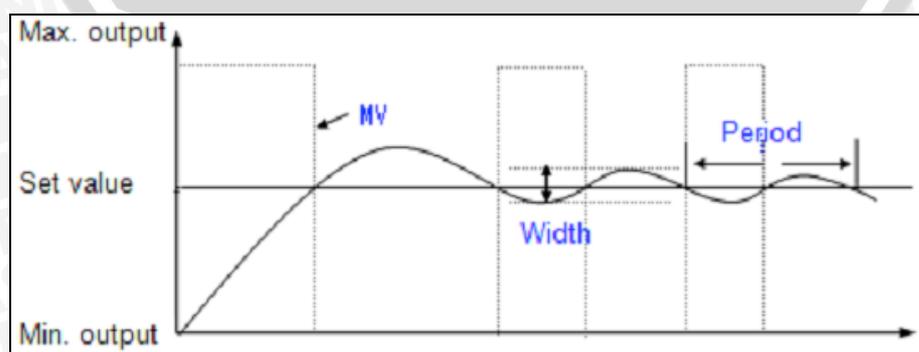
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{ds(t)}{dt}$$

(4-1)

Kinerja kontroler PID sangat bergantung dengan koefisien PID. Jadi *auto-tuning* yang menentukan koefisien PID secara otomatis sangat berguna dalam membantu menyelesaikan masalah ini. Metode dalam menetapkan koefisien PID disini akan menggunakan *Blok proses PID Auto-tuning (190)*.

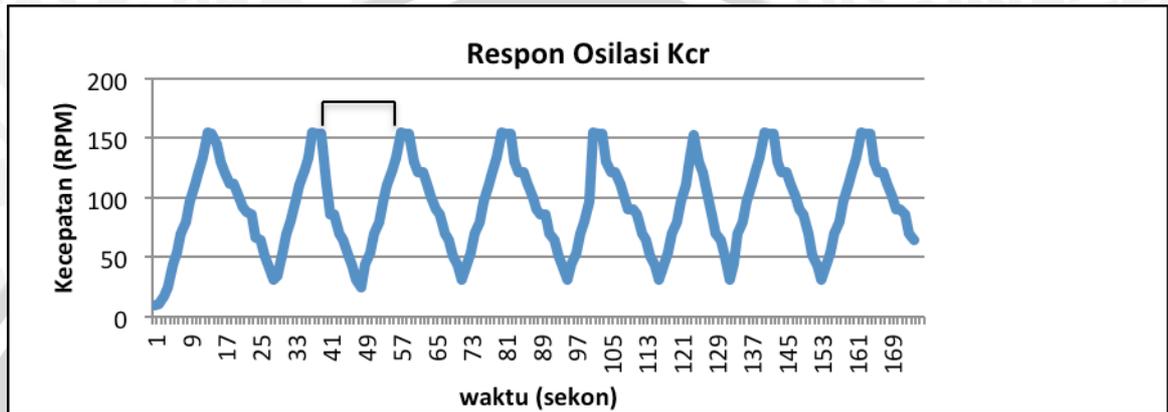
Blok proses PID Auto-tuning (190)

Di sini menggunakan *critical osilation* yang mana menggunakan lebar dari periode osilasi untuk menentukan koefisien PID. Ini berlaku pada maksimum output dan minimum output untuk sistem kontrol pada *auto-tuning*. Selanjutnya, minimum osilasi dengan periode dan lebar yang stabil akan terjadi di sekitar nilai yang diinginkan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Analisis *Auto-Tuning PID* pada PLC CP1L (PLC CP1L User Manual)

Untuk membandingkan nilai keluaran dari PLC CP1L yang mengendalikan secara *auto-tuning* maka dilaksanakan pengujian motor pompa secara manual atau tidak melalui piranti PLC. Dari hasil penalaan motor didapatkan grafik seperti dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Sinyal Osilasi dari Motor Pompa

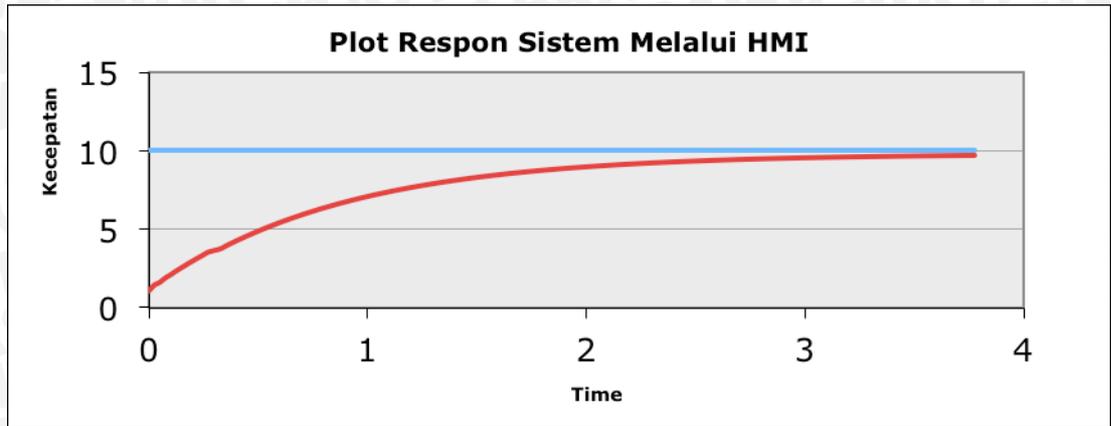
Dengan nilai $K_{cr} = 12$ dan $P_{cr} = 1400$ maka diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 K_p &= 0,6 \times K_{cr} \\
 &= 0,6 \times 12 \\
 &= 7,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_i &= 0,5 \times P_{cr} \\
 &= 0,5 \times 14 \\
 &= 7 \\
 K_i &= \frac{K_p}{T_i} \\
 &= \frac{7,2}{7} \\
 &= 1,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= 0,125 \times T_i \\
 &= 0,125 \times 7 \\
 &= 0,875 \\
 K_d &= K_p \times T_d \\
 &= 7,2 \times 0,875 \\
 &= 6,3
 \end{aligned}$$

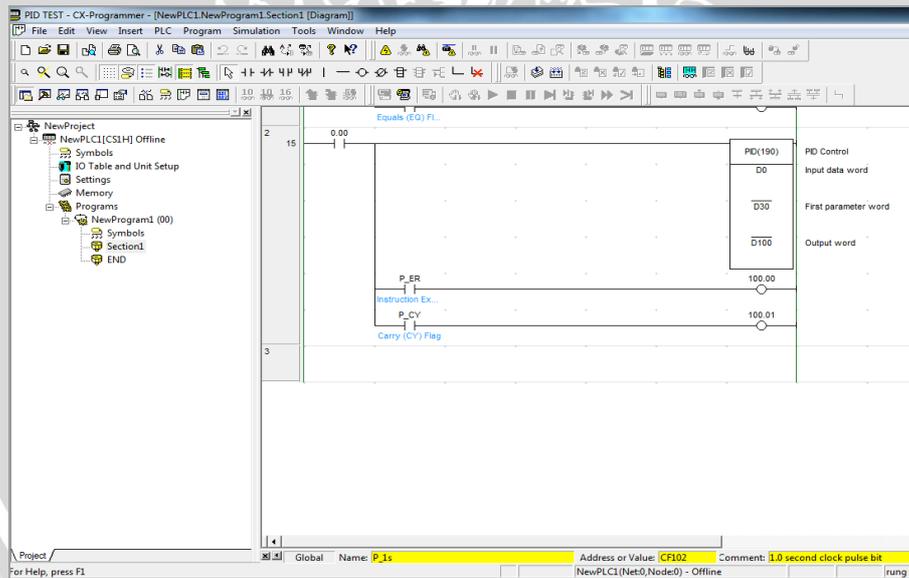
Respon motor dengan nilai $K_p = 7,2$, $K_i = 1,02$ dan $K_d = 6,3$ selanjutnya diplot seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.16 respon.



Gambar 4.16 Grafik Respon PID $K_p = 7,2$ $K_i = 1,02$ dan $K_d = 6,3$

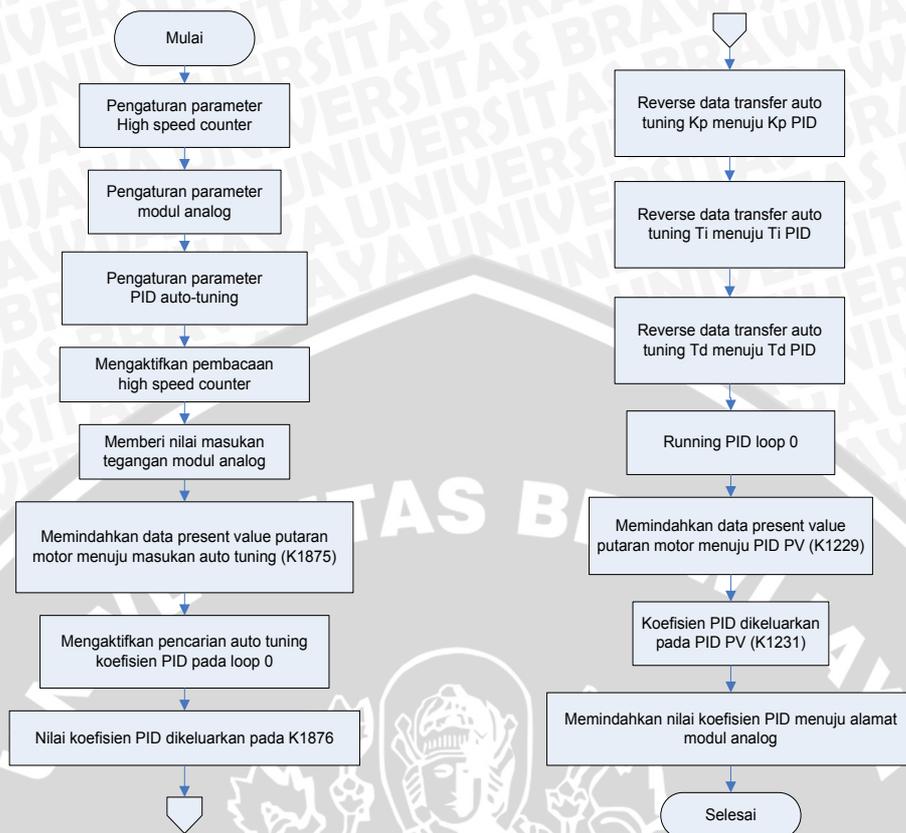
Setting Parameter PID Auto-Tuning

Sama halnya dengan spesial modul yang lain, maka sebelum menggunakan program PID, haruslah mengatur parameter PID. Gambar 4.17 menunjukkan tampilan pengaturan parameter PID.



Gambar 4.17 Tampilan Pengaturan Parameter PID (Perancangan)

Setting parameter diperlukan untuk mengaktifkan, nilai-nilai yang ada dan akan dimasukkan ke dalam pemrograman melalui perantara diagram tangga. Gambar 4.18 merupakan *flowchart* pengaturan masukan nilai pada kontroler PID.



Gambar 4.18 Flowchart Pengaturan Parameter PID (Perancangan)

Pada program yang akan diatur untuk kontroler PID, diperlukan pengaturan parameter terlebih dahulu. Hal ini diperlukan agar sistem dapat bekerja menjadi kontroler PID yang sesuai dengan yang diinginkan. Tabel 4.2 menunjukkan parameter-parameter yang tersedia dan fungsinya.

Tabel 4.2 Parameter Kontroler PID pada Software CX-One versi 8.1

Nama	Deskripsi	Range
<i>RUN mode S</i>	Mengatur modus operasi kontrol PID	<i>Auto/manual operation</i>
<i>RUN direction S</i>	Mengatur arah operasi kontrol PID.	<i>Forward/reverse</i>
<i>Prevention of dual Integral accumulation</i>	Mengatur apakah akan mungkin untuk akumulasi ganda terpisah	<i>Disabled/enabled</i>
<i>PWM output</i>	Mengatur apakah akan memungkinkan output PWM dari manu nilai	<i>Disabled/enabled</i>

<i>Operation cycle time</i>	Mengatur waktu operasi siklus kontrol siklus PID	100 ~ 65535
<i>Set value S</i>	Mengatur nilai sasaran kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Proportional gain S</i>	Mengatur nilai gain proporsional	<i>Real number</i>
<i>Integral time S</i>	Mengatur waktu integral	<i>Real number</i>
<i>Differential time S</i>	Mengatur waktu differensial	<i>Real number</i>
<i>Limiting change of present value</i>	Mengatur perubahan terbatas nilai sebenarnya persiklus operasi	-32,768 ~ 32,767
<i>Limiting change of maneuver value</i>	Mengatur perubahan terbatas nilai manuver persiklus operasi	-32,768 ~ 32,767
<i>Max. maneuver value</i>	Mengatur maks. Manuver nilai kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Min. maneuver value</i>	Mengatur min. Manuver nilai kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Manual maneuver value</i>	Mengatur nilai manuver manual untuk kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>DeadBand setting S</i>	Mengatur lebar deadband dari nilai yang ditetapkan	0 ~ 65,535
<i>Differential filter value</i>	Mengatur koefisien filter operasi differensial	0 ~ 65,535
<i>PWM junction S</i>	Mengatur persimpangan mana output PWM keluar	P20 ~ P3F
<i>PWM output cycle S</i>	Mengatur kluaran soutput dari output PWM	%QX0.0.0~%QX0.0.31
<i>Set value ramp S</i>	Mengatur frekuensi <i>unit</i> ramp	100 ~ 65,535
<i>Present value follow up</i>	Mengatur frekuensi fungsi tindak lanjut dari nilai sebenarnya	0 ~ 65,535
<i>Min. present value S</i>	Mengatur min. Nilai-nilai masukan sebenarnya	0 ~ 65,535
<i>Max. present value S</i>	Mengaturmaks. nilai nilaimasukansebenarnya	-32,768 ~ 32,767

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pengujian sistem ditujukan untuk menguji apakah alat yang telah dibuat sudah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan per blok dan kemudian secara keseluruhan. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian sensor inframerah
2. Pengujian rangkaian pengendali motor DC
3. Pengujian komunikasi PLC
4. Pengujian keseluruhan sistem

5.1 Pengujian Sensor Inframerah

1.1.1 Tujuan Pengujian

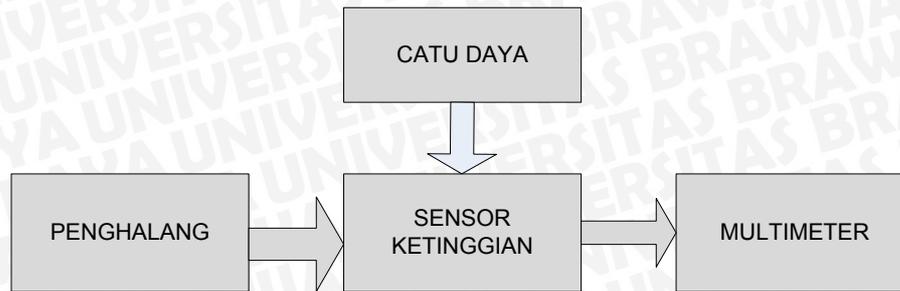
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rangkaian sensor inframerah dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan, dan hasil yang diharapkan sesuai keadaan yang telah direncanakan, sehingga dalam penggabungan antara *hardware* dan *software* dapat sesuai dengan sistem yang telah dibuat dan direncanakan.

1.1.2 Peralatan yang Dibutuhkan

1. Catu daya 5V DC
2. Multimeter digital
3. Rangkaian sensor inframerah

1.1.3 Prosedur Pengujian

1. Membuat blok rangkaian seperti dalam Gambar 5.1
2. Mengaktifkan catu daya
3. Mengatur potensiometer V_R sehingga didapatkan tegangan sebesar 5 Volt.
4. Mengukur tegangan keluaran sebelum terhalang benda.
5. Mengukur saat ketinggian 10 cm yang berarti pembacaan sama dengan 0.
6. Memasukan data hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.1.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor Inframerah

Data hasil pengukuran rangkaian sensor ketinggian dapat dilihat dalam Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Data Pengukuran Rangkaian Sensor Inframerah

No.	Jarak (cm)	Vout sensor (volt)	V ref (volt)
1	3,5	2,36	5
2	4	2,28	5
3	4,5	2,2	5
4	5	2,13	5
5	5,5	2,1	5
6	6	2,05	5
7	6,5	2,0	5
8	7	1,98	5
9	7,5	1,93	5
10	8	1,91	5

1.1.4 Analisis Hasil Pengujian

Bahwa sensor inframerah yang digunakan sebagai sensor ketinggian adalah memiliki jarak minimum sebesar 10 cm dan maksimal pembacaan 40 cm. Kondisi ini membuat rekayasa dari prangkat keras pada sensor ketinggian dimodifikasi hingga mencapai 10 cm di atas setpoint yang diinginkan nantinya.

Pada saat sensor mendeteksi ketinggian benda 10 cm dari permukaan sensor tegangan dari sensor sebesar 2,87 volt dan akan semakin berkurang jika posisi benda semakin menjauhi permukaan sensor. Keluaran sensor seperti ini dapat langsung dihubungkan ke dalam terminal analog PLC karena kemampuan tegangan maksimal yang dapat diproses PLC CP1L ialah sebesar 10 volt DC.

5.2 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

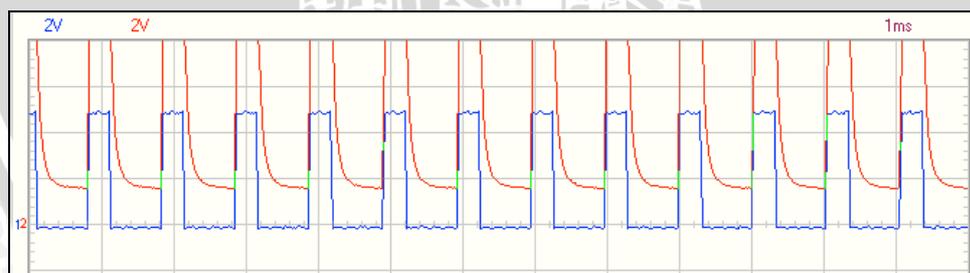
5.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon dari rangkaian *driver* pengendali motor DC L298N dengan membandingkan dan menguji sinyal keluaran dari *driver* motor terhadap sinyal masukan PWM yang diberikan oleh mikrokontroler.

5.2.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan *driver* motor L298N, mikrokontroler ATmega32, Komputer, dan osiloskop digital (Velleman PCSU1000). Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai masukan *duty cycle* yang diberikan dengan keluaran *duty cycle* pada *driver* motor L298N. Mikrokontroler ATmega32 akan memberikan instruksi sinyal masukan pada pin PWM *driver* motor L298N dengan *duty cycle* 0 - 100%. Pin instruksi sinyal PWM mikrokontroler dihubungkan dengan *channel 1* pada osiloskop dan pin motor DC pada *driver* L298N dihubungkan dengan *channel 2* osiloskop.

Hasil pengujian sinyal PWM mikrokontroler dan keluaran *driver* motor L298N dengan menggunakan osiloskop Velleman PCSU1000 dan tampilan program waveform parameter dengan *duty cycle* 30% ditunjukkan dalam Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

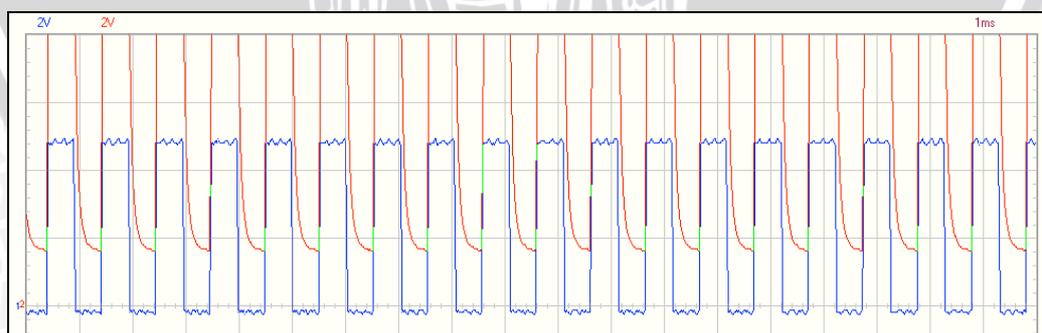


Gambar 5.2 Sinyal Keluaran Driver L298N Terhadap Sinyal PWM 30% (Perancangan)

Amplitude:	CH1	CH2
<input checked="" type="checkbox"/> DC Mean	1.31 V	3.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Max	4.94 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Min	-0.25 V	1.44 V
<input checked="" type="checkbox"/> Peak-to-Peak	5.19 V	6.50 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> High	4.88 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Low	-0.13 V	1.56 V
<input checked="" type="checkbox"/> Amplitude	5.00 V	6.38 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC RMS	2.30 V	2.88 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBV	7.22 dBV	9.19 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBm	9.44 dBm	11.4 dBm ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC RMS	2.67 V	4.90 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBV	8.53 dBV	13.8 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBm	10.8 dBm	16.0 dBm ??
Timing:		
<input checked="" type="checkbox"/> Duty Cycle	30.1 %	35.5 % ??
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Width	0.308 ms	0.363 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Width	0.715 ms	0.660 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Rise Time	0.000 ms	0.000 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Fall Time	0.000 ms	0.136 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Period	1.02 ms	1.02 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	0.977 kHz	0.977 kHz
<input checked="" type="checkbox"/> Phase	22.1 deg	-22.1 deg

Gambar 5.3 Tampilan *Waveform* Parameter Osiloskop Vellemen PCSU1000 dari Sinyal PWM dan Keluaran *Driver* L298N dengan *Duty Cycle* 30% (Perancangan)

Hasil pengujian sinyal PWM dari mikrokontroler dan keluaran dari driver motor L298N dengan duty cycle 50% ditunjukkan dalam Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Sinyal Keluaran *Driver* L298N Terhadap Sinyal PWM 50% (Perancangan)

Amplitude:	CH1	CH2
<input checked="" type="checkbox"/> DC Mean	2.31 V	5.19 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Max	4.94 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Min	-0.38 V	1.50 V
<input checked="" type="checkbox"/> Peak-to-Peak	5.31 V	6.44 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> High	4.81 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Low	-0.19 V	1.63 V
<input checked="" type="checkbox"/> Amplitude	5.00 V	6.31 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC RMS	2.50 V	2.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBV	7.98 dBV	9.36 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBm	10.2 dBm	11.6 dBm ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC RMS	3.42 V	6.00 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBV	10.7 dBV	15.6 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBm	12.9 dBm	17.8 dBm ??
Timing:		
<input checked="" type="checkbox"/> Duty Cycle	50.0 %	55.0 % ??
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Width	0.511 ms	0.563 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Width	0.512 ms	0.460 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Rise Time	0.000 ms	0.000 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Fall Time	0.000 ms	0.128 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Period	1.02 ms	1.02 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	0.977 kHz	0.977 kHz
<input checked="" type="checkbox"/> Phase	11.8 deg	-11.8 deg

Gambar 5.5 Tampilan *Waveform Parameter* Osiloskop Velleman PCSU1000 dari Sinyal PWM Dan Keluaran *Driver* L298N dengan *Duty Cycle* 50% (Perancangan)

Hasil pengujian respon driver motor L298N terhadap masukan sinyal PWM dari mikrokontroler sebagai berikut :

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Respon Driver Motor Terhadap Masukan Sinyal PWM

<i>Duty Cycle</i> (PWM MK)	<i>Duty Cycle</i> (keluaran <i>driver</i>)	<i>Duty Cycle</i> (delta <i>error</i>)
10.2%	15.6%	5.4%
20.3%	25.6%	5.3%
30.1%	35.5%	5.4%
40.3%	45.5%	5.2%
50%	55%	5%
60.1%	65.2%	5.1%
70%	74.9%	4.9%
80%	84.5%	4.5%
89.8%	93.7%	3.9%
95%	97.6%	2.6%
Selisih rata-rata <i>duty cycle</i>		4.73%

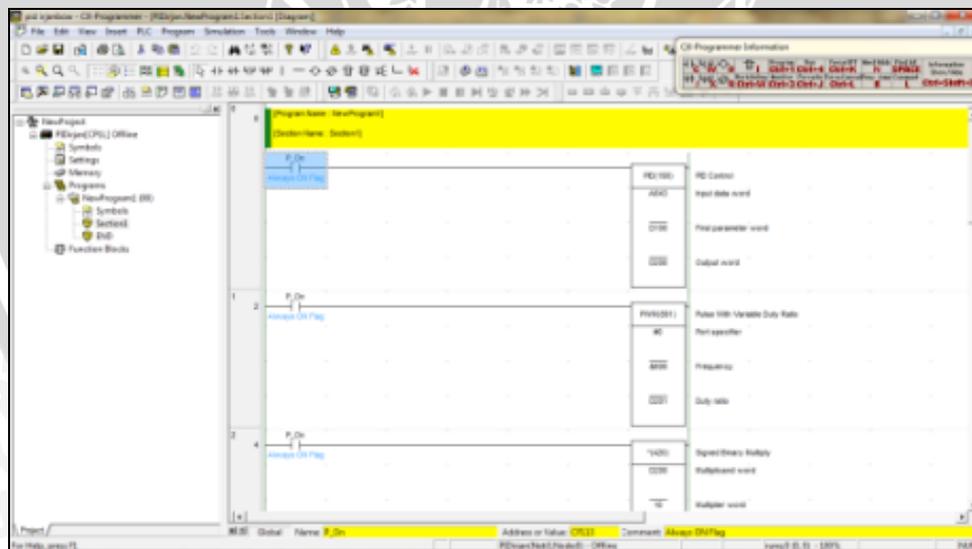
Berdasarkan Tabel 5.2 terdapat selisish rata – rata *duty cyle* keluaran *driver* dengan mikrokontroler sebesar 4.73%. Hal ini disebabkan karena adanya akumulasi *delay* dalam seluruh rangkaian. Selisih rata-rata sebesar 4.73% cukup bagus karena tidak memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kinerja sistem, sehingga dapat disimpulkan *driver* motor L298N dapat bekerja dengan baik.

5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menguji apakah parameter yang sudah ditentukan dapat diaplikasikan pada alat dan sudah sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Pada pengujian ini semua blok rangkaian dihubungkan. Selanjutnya memasukan nilai parameter yang telah ditentukan, serta mengamati dan menganalisa hasil kinerja alat.

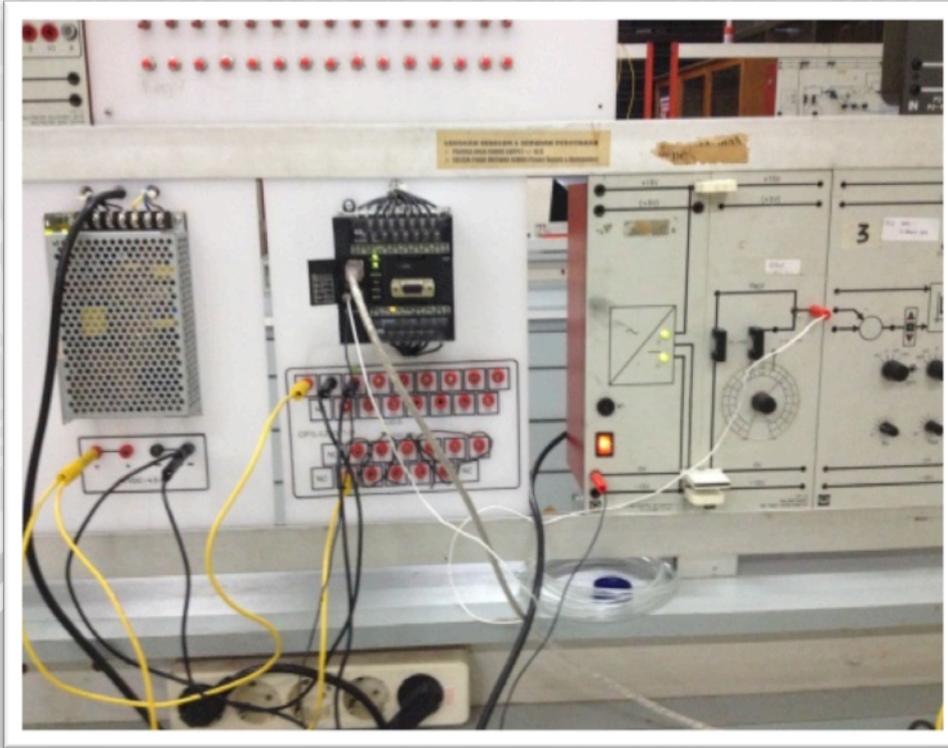
Prosedur pengujian yang dilakukan untuk sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

1. Membuat program ladder diagram untuk dimasukkan ke dalam memori PLC. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Ladder Diagram Program pada PLC (Perancangan)

2. Menyusun rangkaian PLC seperti dalam Gambar 5.7



Gambar 5.7 Rangkaian Secara Keseluruhan Sistem (Perancangan)

3. Menghubungkan power suplay sebagai sumber catu untuk PLC.
4. Setelah membuat ladder diagram pada CX-Programmer, kemudian memasukkan (*Upload*) ke dalam memori PLC.
5. Sebelum menjalankan program dalam PLC, sensor ketinggian analog yang akan menjadi input pada PLC dihubungkan melalui port analog PLC dengan alamat A643.
6. Menghubungkan keluaran PWM dari port 01 dan 03 driver motor.
7. Setelah itu, pompa DC dihubungkan dengan keluaran sinyal yang dihasilkan driver motor.
8. Dan kemudian logika dalam ladder diagram dijalankan melalui HMI.

Hasil pengujian program dan ladder diagram dapat dilihat seperti dalam Tabel 5.3 sampai Tabel 5.5.

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Waktu Untuk Mencapai Setpoint Sistem Keseluruhan

No	Tabung	Waktu untuk mencapai setpoint(sekon)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	Hitam	9,23	9,52	9,32	9,61	9,71	9,47
2	Merah	9,29	9,21	9,43	9,63	9,42	9,39
3	Kuning	9,43	9,32	9,22	9,61	9,23	9,36
4	Biru	9,67	9,43	9,44	9,56	9,32	9,48

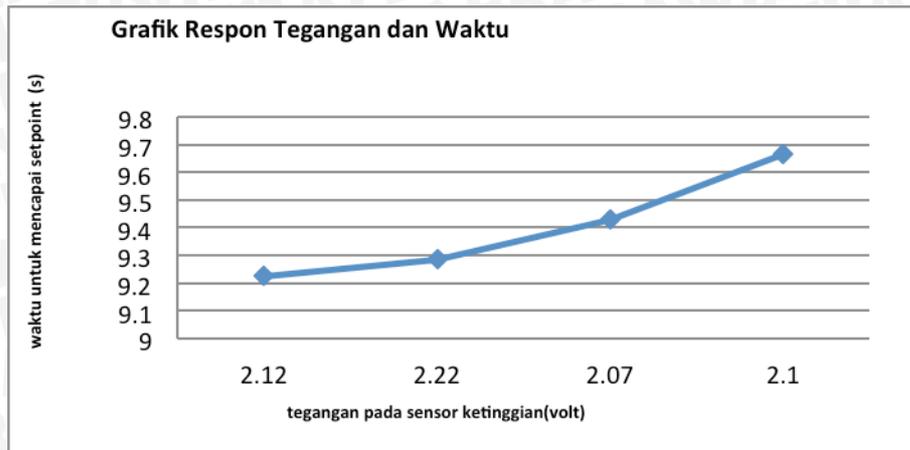
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Vout Pada Sensor Ketinggian Sistem Keseluruhan

No.	Tabung	Vout pada sensor ketinggian(volt)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	Hitam	2,12	2,11	2,09	2,11	2,09	2,104
2	Merah	2,22	2,06	2,08	2,10	2,07	2,106
3	Kuning	2,07	2,2	2,1	2,11	2,11	2,118
4	Biru	2,1	2,2	2,17	2,09	2,2	2,152

Tabel 5.5. Nilai Rata-Rata Vout Terhadap Waktu Keseluruhan

No	Tegangan (volt)	Waktu (sekon)
1	2,12	9,23
2	2,22	9,29
3	2,07	9,43
4	2,1	9,67
Rata-rata	2,12	9,50

Respon dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat di lihat dari data hasil percobaan dalam grafik waktu terhadap tegangan (Gambar 5.8). Dimana nilai ketika waktu semakin cepat akan berpengaruh terhadap tegangan yang dikeluarkan sensor, hal ini membuktikan bahwa lamanya waktu akan mempengaruhi tegangan pada sensor.



Gambar 5.8 Grafik Respon Tegangan Vout Terhadap Waktu (Perancangan)

Dari hasil Tabel 5.5 dengan pengujian di masing-masing pompa disetiap warna tinta akan memberikan tegangan dan waktu untuk mencapai level tinta (setpoint) yang berubah terhadap waktu. Hal ini dapat membuktikan bahwa respon yang dikeluarkan sensor akan berubah terhadap waktu untuk mencapai ketinggian level tinta di masing-masing warna. Data hasil pengamatan ini diperjelas kembali dalam Gambar 5.8 yang dapat menunjukkan perubahan dari waktu dan tegangan dari masing-masing pompa.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan Sistem Pengendalian Level Cairan Tinta Printer Epson C90 Sebagai Simulasi Pada Mesin Percetakan Berbasis PLC dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengendalian sensor level yang telah diuji menghasilkan tegangan pada saat tabung kosong sebesar 2,45 volt dan tegangan pada saat tabung mencapai setpoint adalah rata-rata 2,29 dengan ketinggian setpoint 6 cm dari permukaan tabung tinta.
2. Tabel 6.1 menunjukkan nilai rata-rata tegangan dan waktu yang dibutuhkan untuk pengisian tabung tinta dengan level ketinggian sebesar 6 cm.

Tabel 6.1 Nilai Rata-Rata Tegangan dan Waktu

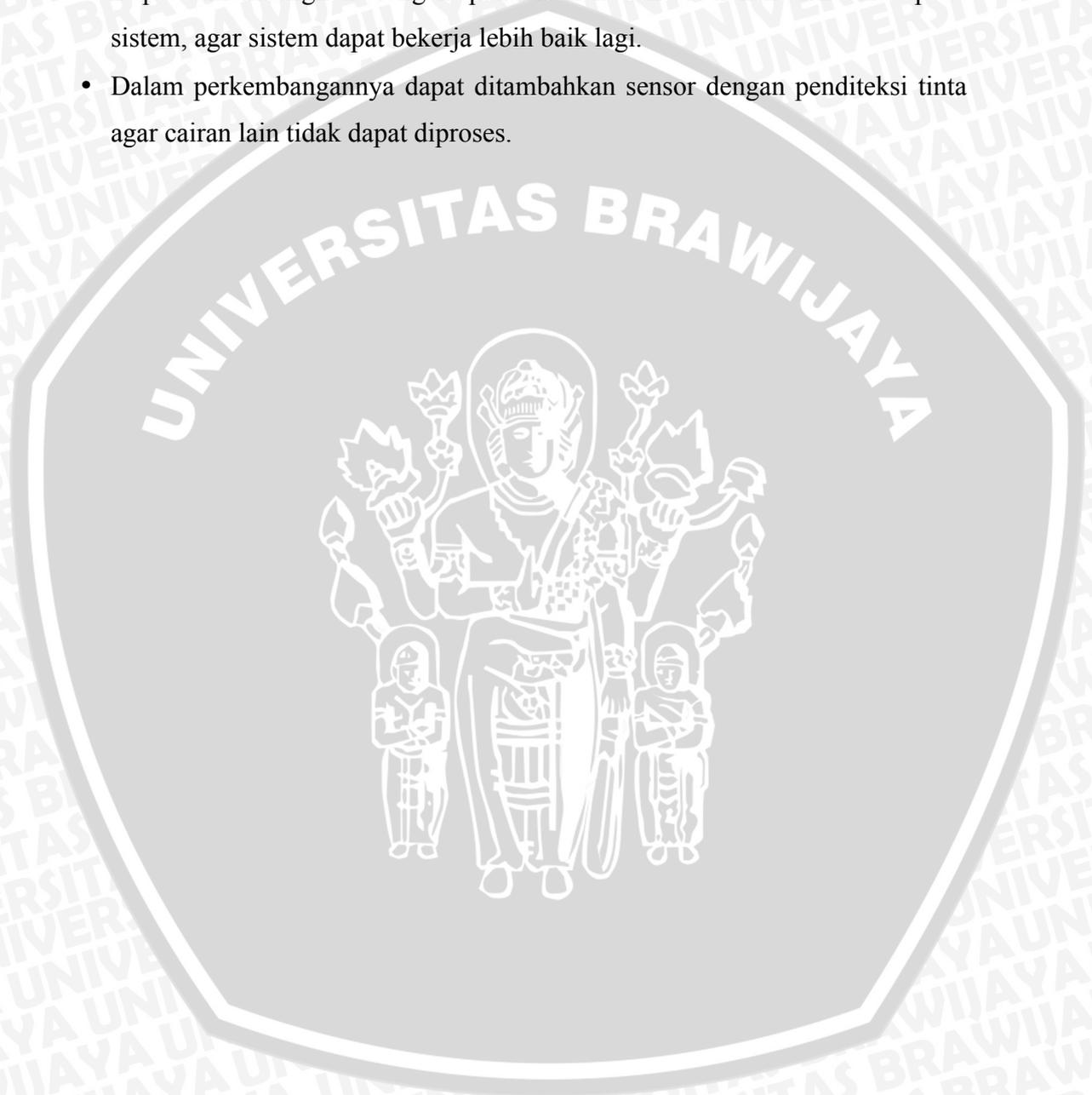
No	Tegangan (volt)	Waktu (sekon)
1	2,28	8,81
2	2,28	8,29
3	2,31	8,43
4	2,32	8,67
Rata-rata	2,29	8,55

3. Dari data hasil pengujian dapat dibuktikan bahwa alat dapat bekerja secara maksimal, sehingga dapat dioperasikan dalam waktu kerja yang panjang dengan manfaat untuk menghindari terjadi gangguan pada mesin printer.
4. Dapat dimanfaatkan menjadi salah satu alat simulasi praktikum Otomasi di Laboratorium Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang memanfaatkan teknik pengontrolan PID pada PLC CP1L.

6.2 Saran

Dalam pembuatan alat pengendali tinta printer masih memiliki keterbatasan sehingga sangat mungkin untuk dilakukan pengembangan dan penyempurnaan antara lain:

- Dapat dikembangkan dengan penambahan sensor kekentalan tinta pada sistem, agar sistem dapat bekerja lebih baik lagi.
- Dalam perkembangannya dapat ditambahkan sensor dengan pendeteksi tinta agar cairan lain tidak dapat diproses.



DAFTAR PUSTAKA

Akbar, E.A. 2013. *Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) Divisi Senior Beroda*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang

Al-Farisi, R. 2011. *Implementasi Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID) Untuk Pergerakan Robot Lengan ROB2R Pada Simulasi Pemindahan Objek*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.

Al-Faruq, M. 2008. *Teori Dasar Pompa Sentrifugal*. www.agussuwasono.com. 2 Desember 2012.

Budiyanto, M., A. Wijaya, *Pengenalan Dasar-dasar PLC(Programmable Logic Controller)*, Gava Media, Yogyakarta

CX-Programmer User Manual Version 9.0

CX-Programmer Introduction Guide

Fathurohim, M. 2010. *Motor DC*. www.rohimston.blogspot.com. Diakses 2 Desember 2012.

Haryono, N. 2010. *Sensor Ketinggian*. www.nonoharyono.blogspot.com. Diakses 2 Desember 2012.

Ikrom, H. 2008. *Perancangan Kontroler Pid-Kaskade Dengan Metode Root Locus Untuk Kontrol Temperatur Dan Tekanan Pada Proses Evaporator*. Laporan Skripsi, Teknik Elektro Brawijaya

Novani, A.E. 2010. *Sistem Pengendalian Level Cairan Tinta Isi Ulang pada Printer Infus dengan Mikrokontroler AT89S51*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.

Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta.

OMRON. 2009. SYSMAC CP1L Introduction Manual

Philip, C. L. & Harbor, R. D. 1996. *Feedback Control System*. Diterjemahkan oleh Widodo.R.J. Prentice Hall. New Jersey

Setiawan, Iwan. *Programmable logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. 2006. Deli Publishing dan Andi : Yogyakarta.