

**PERANCANGAN PENGENDALI KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI
(*HUMAN MACHINE INTERFACE*) SYSTEM DAN PLC
(*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*)**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Elektro



Disusun Oleh:

Dicky Rudiansyah

1803025014

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2022**

**PERANCANGAN PENGENDALI KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI
(HUMAN MACHINE INTERFACE) SYSTEM DAN PLC
(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Elektro



Disusun Oleh:

Dicky Rudiansyah

1803025014

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2022**

HALAMAN PESETUJUAN

**PERANCANGAN PENGENDALI KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI
(*HUMAN MACHINE INTERFACE*) SYSTEM DAN PLC
(*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*)**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

Dicky Rudiansyah

1803025014

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UHAMKA

Tanggal, 13 November 2023

Dosen Pembimbing I,



Ir. Harry Ramza, MT., PhD.

NIDN. 0303097006

Dosen Pembimbing II,



Rosalina, ST., MT.

NIDN.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Harry Ramza, M.T., PhD.

NIDN. 0303097006

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN PENGENDALI KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI
(HUMAN MACHINE INTERFACE) SYSTEM DAN PLC
(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)**

SKRIPSI

Disusun Oleh:
Dicky Rudiansyah
1803025014

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri dan Informatika
Tanggal, 25 November 2023

Dosen Pembimbing I,



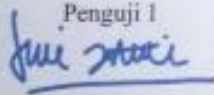
Ir. Harry Ramza, MT., PhD.
NIDN. 0303097006

Dosen Pembimbing II,



Rosalina, ST.,
MT. NIDN.
0304017001

Penguji 1



Dr. Ir. Hj. Dwi Astuti Cahyasiwi, ST., MT.
NIDN. 0323027401

Penguji 2

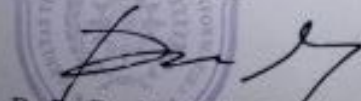


Kun Fayakun, S.T., M.T.
NIDN. 0305125701

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

UHAMKA

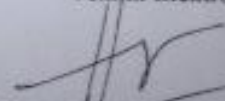


Dr. Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.
NIDN. 030116901

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Elektro



Ir. Harry Ramza, M.T., PhD.
NIDN. 0303097006

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang membuat pernyataan :

Nama : Dicky Rudiansyah

NIM : 1803025014

Judul Skripsi : Perancangan Pengendali Ketinggian Air Berbasis HMI (*Human Machine Interface*) System dan PLC (*Programmable Logic Controller*)

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi Pendidikan tinggi mana pun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain. KECUALI yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 30 November 2023


Dicky Rudiansyah

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis sampaikan kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya bagi kita semua. Atas ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam mudah-mudahan selalu terlimpah curah kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada para sahabatnya hingga pada kita selaku umatnya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul : “PERANCANGAN PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*) SYSTEM DAN PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*)”.

Tugas akhir ini dibuat dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata 1 pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. Selain untuk menuntaskan program studi yang penulis tempuh, Tugas akhir ini juga memberikan banyak manfaat kepada penulis baik dari segi akademik maupun untuk pengalaman yang tidak dapat penulis temukan pada saat berada di bangku kuliah.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun material baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunawan Suryoputro, M.Hum., Rektor Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
2. Bapak Dr. Dan Mugsidi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Informatika UHAMKA
3. Bapak Ir. Harry Ramza, MT., PhD. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro UHAMKA
4. Bapak Ir. Harry Ramza, MT., PhD. dan Ibu Rosalina, S.T., MT., selaku pembimbing tugas akhir.
5. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Bapak Agus Wasimun dan Ibu Yani Maryani, Kakak Dede Masyanto dan Kakak Rizal Fadhilah yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril dan materi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman – teman seperjuangan Teknik Elektro UHAMKA Angkatan 2018.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang

sifatnya membangun demi kesempurnaannya penulisan ini dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Jakarta, 30 November 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dicky Rudiansyah', written in a cursive style.

Dicky Rudiansyah

ABSTRAK

PERANCANGAN PENGENDALI KETINGGIAN AIR BERBASIS HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*) SYSTEM DAN PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*)

Dicky Rudiansyah

Indonesia adalah negara dengan iklim tropis yang memiliki curah hujan dan sangat rawan terhadap banjir. Fenomena ini dapat dicegah dengan membangun bendungan yang dilengkapi pintu air. Di era teknologi ini penggunaan teknologi HMI (*Human Machine Interface*) dan PLC (*Programmable Logic Controller*) diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam mengurangi kelalaian petugas dalam memantau ketinggian air. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem pengendalian ketinggian air berbasis HMI (*Human Machine Interface*) dan PLC (*Programmable Logic Controller*), mendapatkan nilai parameter KP, KI, dan KD yang tepat melalui proses penalaran sensor menggunakan Metode Ziegler Nichols yang menghasilkan nilai parameter *Overshoot*, *Time Steadystate*, *Error Steadystate*, *Risetime*, dan *Settling time*, serta membuat *desain* HMI untuk sistem kendali dan monitoring sistem menggunakan *software* Haiwell Scada. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai parameter KP, KI, dan KD yaitu metode penalaran sensor menggunakan metode Ziegler Nichols dimana penalaran tersebut menghasilkan waktu tunda (L) sebesar 4 detik dan konstanta waktu (T) sebesar 62 detik. Sensor yang digunakan yaitu sensor *infrared* SHARP GP2Y0A41SK0F. Kemudian hasil dari penalaran tersebut kemudian diolah menggunakan tabel rumus Ziegler Nichols untuk mendapatkan nilai PID. Setelah melakukan percobaan kendali P, kendali PI, dan kendali PID maka penulis menggunakan kendali PID untuk melakukan pengambilan data karena mendapatkan nilai *time steadystate* yang lebih rendah yaitu sebesar 98 detik dengan nilai KP 19, KI 2, dan KD 37. Pengujian kendali PID dalam perancangan pengendali ketinggian air telah dilakukan dengan range ketinggian 5cm – 20cm dan menghasilkan nilai rata – rata error sebesar 0,032%.

Kata kunci : HMI, PLC, Sensor Ultrasonik SHARP GP2Y0A41SK0F, PID.

DAFTAR ISI

HALAMAN PESETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI	3
2.1. Sistem Kendali	3
A. Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka (<i>Open Loop</i>)	3
B. Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup (<i>Close Loop</i>)	4
2.2. Kontroler PID	4
A. Kontrol Proporsional.....	5
B. Kontrol Integratif	6
C. Kontrol Derivatif.....	6
2.3. Metode Ziegler – Nichols	7
2.4. Fungsi Alih.....	7
2.5. Tanggapan Transien Orde Dua	8
2.6. <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC)	9
2.6.1. Konsep PLC	10
2.6.2. Fungsi PLC	10
2.7. PLC MITSUBISHI FX3U 24MR	10

2.8.	<i>Human Machine Interface (HMI)</i>	11
2.9.	Modul Relay 24V 8-Channel	12
2.10.	Pompa Air	13
2.11.	Motor DC	13
2.11.1.	Prinsip Kerja Motor DC	14
2.12.	<i>Driver</i> Motor L298N.....	14
2.13.	Sensor Jarak <i>Infrared</i> SHARP GP2Y0A41SK0F.....	15
2.14.	<i>Push Button</i>	16
2.15.	Buzzer	16
2.16.	<i>Software</i> GX-Works.....	17
2.17.	<i>Software</i> Haiwell Scada	17
2.18.	Parameter yang dihasilkan	17
BAB III		18
METODOLOGI		18
3.1.	Alur Perancangan.....	18
3.2.	Perancangan Mekanik dan Elektrik	19
3.2.1.	Perancangan Mekanik	19
3.2.2.	Perancangan Elektrik	20
3.3.	Perancangan <i>Software</i>	22
3.4.	Kebutuhan Perangkat Keras.....	28
3.5.	Blok Diagram Perancangan Program.....	29
BAB IV		31
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1.	Hasil Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	31
4.2.	Hasil Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	33
BAB V.....		39
PENUTUP.....		39
5.1.	Kesimpulan	39
5.2.	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sistem Kendali	3
Gambar 2. 2. Sistem Kendali Loop Terbuka.....	3
Gambar 2. 3. Sistem Kendali Lingkar Tertutup.....	4
Gambar 2. 4. Blok Diagram Sistem Kendali PID	5
Gambar 2. 5. Tanggapan transien yang menunjukkan td, tr, tp, Mp dan ts.	9
Gambar 2. 6. Sistem kerja PLC.....	9
Gambar 2. 7. PLC Mitsubishi FX3U 24MR	11
Gambar 2. 8. Komunikasi antara Laptop dengan HMI dan PLC.....	12
Gambar 2. 9. Modul Relay 24V 8-Channel	13
Gambar 2. 10. Pompa Air ZYW680 24VDC	13
Gambar 2. 11. Driver motor L298N.....	15
Gambar 2. 12. Skema Rangkaian Sensor GP2Y0A41SK0F.....	15
Gambar 2. 13. sensor jarak infrared SHARP GP2Y0A41SK0F.....	16
Gambar 2. 14. Push Button	16
Gambar 2. 15. Buzzer.....	17
Gambar 3. 1. Diagram Alur Perancangan	18
Gambar 3. 2. Desain Alat Pengendali Ketinggian Air.....	19
Gambar 3. 3. Wiring Diagram Alat.....	20
Gambar 3. 4. Blok Diagram Perancangan Sistem.....	29
Gambar 3. 5. Diagram Alir Mekanisme Kerja Alat	30
Gambar 4. 1. Kelistrikan didalam panel.....	31
Gambar 4. 2. Kelistrikan dibagian pintu panel	32
Gambar 4. 3. Tampilan tampak depan panel.....	32
Gambar 4. 4. Grafik Tuning Ketinggian Air.....	33
Gambar 4. 5. Grafik Kendali P	35
Gambar 4. 6. Grafik Kendali PI	36
Gambar 4. 7. Grafik Kendali PID	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Rumus PID Metode Ziegler Nichols.....	7
Tabel 2. 2. Spesifikasi PLC Mitshubishi FX3U 24MR	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi Pompa Air ZYW680 24VDC.....	13
Tabel 2. 4. Spesifikasi Driver Motor L298N	15
Tabel 3. 1. Koneksi antara PLC dan Modul Relay 8-Channel.....	21
Tabel 3. 2. Koneksi antara PLC dan Driver Motor L298N.....	21
Tabel 3. 3. Koneksi antara Driver L298N dan Modul Relay 8-Channel	21
Tabel 3. 4. Kebutuhan Perangkat Keras	28
Tabel 4. 1. Nilai KP, KI, KD Setelah diproses menggunakan Tabel Ziegler Nichols	34
Tabel 4. 2. Hasil Data Sinyal Digital	34
Tabel 4. 3. Hasil Respon Sistem Kendali P	35
Tabel 4. 4. Hasil Respon Sistem Kendali PI	36
Tabel 4. 5. Hasil Respon Sistem Kendali PID	37
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian PID Sensor Level Air	37
Tabel 4. 7. Pin - Pin HMI Haiwell Scada.....	38

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan iklim tropis. Sebagai negara dengan curah hujan yang tinggi, Indonesia sangat rawan terhadap banjir. Fenomena ini dapat dicegah dengan membangun bendungan yang dilengkapi pintu air.

Bendungan adalah struktur yang dibangun dengan tujuan mencegah aliran air ke cekungan, sungai, atau tempat rekreasi. Bendungan juga dapat digunakan untuk mengalirkan air ke pembangkit listrik. Sebagian besar bendungan memiliki komponen yang disebut dengan pintu air yang berfungsi mengatur aliran air di dalam bendungan dan secara bertahap atau terus menerus membuang air yang tidak diinginkan.

Menurut Entatarina Simanjuntak (2010) pintu air merupakan struktur yang mengendalikan debit *volume* atau ketinggian air dan dapat dipasang pada waduk, bendungan air, atau diujung saluran yang terhubung dengan badan air.

Di era teknologi ini, seharusnya dapat digunakan untuk mengontrol ketinggian air karena jumlah air terus berubah tanpa batas waktu. Sistem otomatisasi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam mengurangi kelalaian manusia, contohnya kelalaian petugas dalam memantau pintu air yang menyebabkan ketidakstabilan *volume* air.

Penggunaan teknologi otomatisasi kini telah berkembang menjadi sistem kendali berbasis *Human Machine Interface* (HMI). HMI menjadi kritis dalam sistem kontrol, berfungsi sebagai alat komunikasi antar pengguna (operator, teknisi dan *engineer*). Sutiawan dan rekan (2014) menjelaskan bahwa sistem kendali otomatis berbasis HMI memberikan sejumlah keuntungan, seperti cocok untuk lahan yang fleksibel, alat yang praktis yang mengurangi kebutuhan tenaga kerja, investasi lebih lebih terjangkau, kemudahan kendali melalui sistem komputerisasi, dan peningkatan efisiensi dalam pencarian solusi untuk penyelesaian tugas dengan lebih cepat.

1.2. Rumusan Masalah

Merujuk pada penjelasan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Cara membuat sistem pengendali ketinggian air menggunakan kendali PLC Mitsubishi FX3U 24MR.
2. Bagaimana membuat desain pengontrol HMI untuk memonitoring ketinggian air pada software Haiwell Scada.

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari kesalahpahaman dan tidak menimbulkan melebarnya topik pembahasan, maka ditentukan batasan sebagai berikut :

1. Sistem dirancang untuk mensimulasikan mekanisme pengendali ketinggian air yang dilengkapi dengan sensor ketinggian air.
2. Alat pengendali ketinggian air ini dirancang dengan skala kecil atau skala laboratorium.
3. *Software* yang digunakan untuk memonitoring sistem adalah *software* Haiwell Scada.
4. *Software* yang dipakai untuk memprogram PLC Mitsubishi PX3U 24MR yaitu *software* GX Works.
5. Alat ini menggunakan sensor Jarak Infrared SHARP GP2Y0A41SK0F sebagai komponen pendeteksi jarak.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini mencakup :

1. Merancang sistem pengendalian ketinggian air berbasis *Human Machine Interface* (HMI) dan *Programmable Logic Controller* (PLC).
2. Mendapatkan nilai parameter KP, KI, dan KD yang tepat melalui proses penalaran sensor menggunakan Metode Ziegler Nichols.
3. Menghasilkan nilai parameter *Overshoot*, *Time Steadystate*, *Error Steadystate*, *Risetime*, dan *Settling time*.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan terciptanya alat pengendali ketinggian air berbasis *Human Machine Interface* (HMI) dan *Programmable Logic Control* (PLC) diharapkan memberikan manfaat kepada pembaca bagaimana mekanisme mengontrolan ketinggian air berbasis HMI dan juga diharapkan penelitian ini dapat diimplementasikan di lapangan untuk mempermudah petugas.

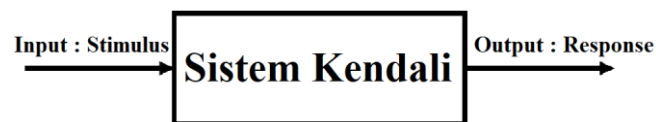
BAB II

DASAR TEORI

Dalam perancangan sebuah pengendali ketinggian air dan pintu air terlebih dahulu mengetahui dasar teori untuk mendukung keberhasilan sebuah alat yang dirancang agar tepat sasaran. Maka dari itu akan dibahas dasar teori yang terkait dengan pembuatan alat ini.

2.1. Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan suatu elemen yang digunakan untuk mengatur dan mengendalikan suatu proses dalam sistem dengan tujuan mengontrol keluaran agar tetap terjaga dari kesalahan. Aspek – aspek yang dikendalikan melibatkan stabilitas, akurasi, dan dinamika sistem (Husen, 2022). Berikut adalah blok diagram dari sistem kendali.

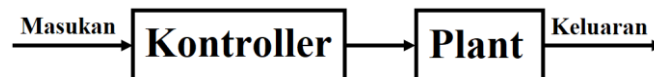


Gambar 2. 1. Sistem Kendali

Berdasarkan gambar 2.1 dapat disimpulkan bahwa *Input* dan *output* adalah *variable* atau besaran fisis. *Input* adalah *variable* yang diolah oleh sistem kendali, sedangkan *Output* adalah hasil pengontrolan *variable*. Dalam sistem kendali proses, sistem memproses *variable* yang akan diproses sesuai dengan proses sistem untuk menghasilkan *variable output* yang terukur. Secara umum, sistem kendali dibagi menjadi 2 yaitu:

A. Sistem Kendali *Loop* Terbuka (*Open Loop*)

Sistem kendali *loop* terbuka adalah sistem dimana keluaran tidak memengaruhi fungsi kontrol. Secara sederhana, dalam kendali *open loop*, keluaran tidak digunakan sebagai umpan balik terhadap masukan.



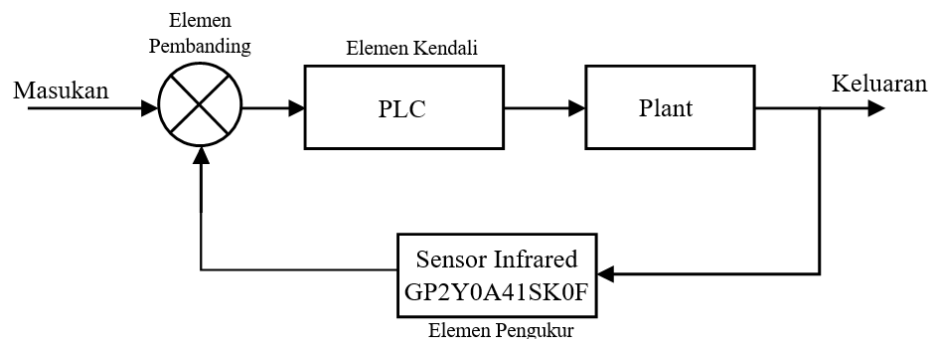
Gambar 2. 2. Sistem Kendali *Loop* Terbuka

Pada gambar 2.2 tentang sistem kendali *open loop*, keluaran tidak dapat disetarakan dengan *input* acuan. Dengan demikian, setiap *input* acuan sesuai dengan suatu fungsi, mengharuskan konfigurasi sistem bergantung pada kalibrasi. Kegagalan fungsi dapat menyebabkan sistem kendali terbuka tidak dapat

menjalankan tugasnya sesuai harapan. Sistem kendali terbuka hanya efektif ketika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak ada gangguan *internal* maupun *eksternal*.

B. Sistem Kendali *Loop* Tertutup (*Close Loop*)

Sistem kendali *loop* tertutup adalah suatu metode kontrol dimana sinyal keluarannya memiliki pengaruh langsung terhadap fungsi kontrol. Sinyal error yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (*Feedback*) kemudian dikirimkan ke pengontrol untuk mengurangi kesalahan sehingga nilai keluaran kontrol mendekati nilai yang diinginkan. Secara sederhana, konsep “*Close Loop*” mengacu pada penggunaan fungsi umpan balik untuk meminimalkan kesalahan dalam sistem.

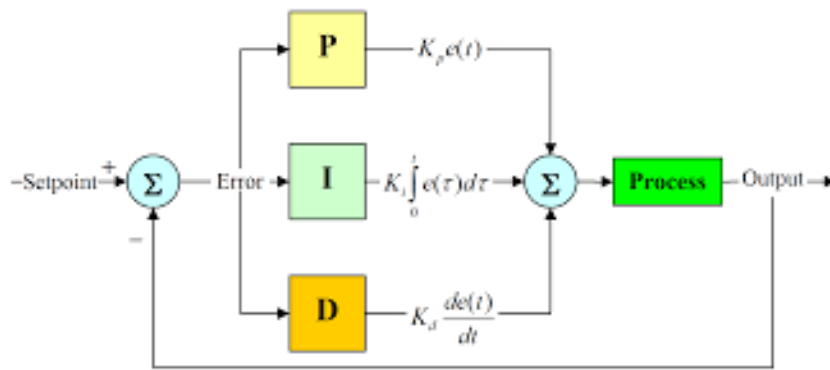


Gambar 2. 3. Sistem Kendali Lingkaran Tertutup

Gambar 2.3 menjelaskan hubungan antara *input*, proses, sinyal umpan balik (*Feedback*) dan *output* dari sistem kendali *loop* tertutup. Didalam sistem kendali *loop* tertutup dijelaskan apabila terjadi perubahan pada sistem, sistem tersebut akan melakukan langkah – langkah awal pengaturan awal sehingga sistem kembali bekerja pada keadaan yang diinginkan.

2.2. **Kontroller PID**

Kontroller PID merupakan pengontrol yang dapat digunakan untuk menetapkan akurasi sistem instrumen berdasarkan karakteristik umpan balik (*Feedback*) dari sistem tersebut (Khusniyah et al., 2021). Dalam perancangan kontrol PID, parameter P, I dan D harus diatur agar respon sinyal keluaran sistem sesuai dengan harapan. Berikut adalah representasi blok diagram sistem kendali PID.



Gambar 2. 4. Blok Diagram Sistem Kendali PID

Adapun persamaan pengontrol PID adalah :

$$mv(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

Dimana :

$mv(t)$ = *Manipulated Variable* (Output PID)

K_p = Nilai Konstan Proporsional

T_i = Nilai Konstan Integral

T_d = Nilai Konstan Derivatif

$e(t)$ = Selisih antara *set point* dan nilai aktual (*Error*)

Persamaan kontrol PID diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Dengan :

$$K_i = K_p \times \frac{1}{T_i} \text{ dan } K_d = K_p \times T_d \quad (3)$$

Agar kinerja pengontrol maksimal, untuk membatasi nilai *Manipulated Variable* maka dibutuhkan nilai batas minimum dan maksimum. Kontroller PID ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu Proporsional (P), Integral (I) dan Derivatif (D). Ketiga jenis ini dapat digunakan secara terpisah atau digabungkan tergantung respon yang diharapkan.

A. Kontrol Proporsional

Pengontrol Proporsional mempunyai keluaran sebanding dengan sinyal kesalahan (perbedaan antara titik setel dan nilai sebenarnya). Setiap perubahan nilai sinyal input menyebabkan sinyal keluaran sama dengan konstanta pengali (Wardhana et al., 2016). Berikut perumusan dari pengontrol proporsional.

$$u(t) = K_p e(t) \quad (4)$$

K_p merupakan *gain proporsional*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

Penggunaann kontroler P mempunyai beberapa keterbatasan dikarenakan sifat non-dinamis dari pengontrol P. namun, pada aplikasi kontrol sederhana pengontrol P meningkatkan respon transien secara signifikan terutama *settling time* dan *rise time*.

B. Kontrol Integratif

Pengontrol Integral memiliki fungsi menghilangkan error *steady-state* menjadi nol. Apabila sistem tidak memiliki elemen integrator (1/s) maka kontrol proporsional tidak dapat menjamin keluaran sistem akan tepat sesuai respon yang diharapkan sehingga dibutuhkan pengontrol integral. Persamaan kontrol integral dirumuskan sebagai berikut.

$$u(t) = K_I \int_0^t e(t) dt \quad (5)$$

K_I merupakan *gain integral*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

Output dari pengontrol integral memerlukan interval waktu tertentu sehingga respon biasanya lambat. Ketika kesalahan bukan nol, maka output akan menunjukkan peningkatan atau penurunan tergantung pada besarnya nilai K_I dan sinyal kesalahan. Namun ketika nilai kesalahan nol maka output kontrol tetap pada nilai sebelumnya.

C. Kontrol Derivatif

Besarnya output dari kontrol derivatif mempunyai karakteristik seperti operasi derivatif pada umumnya. Kontrol derivatif menggunakan laju perubahan sinyal kesalahan sebagai parameter pengontrol. Ketika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, *output* dari kontrol derivatif juga tidak akan mengalami perubahan. Berikut persamaan pengontrol derivatif.

$$u(t) = K_D \frac{d}{dt} e(t) \quad (6)$$

K_D merupakan *gain derivatif*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

Dengan menggabungkan tiga kontroler PID paralel, manfaat dan kekurangan masing masing kontroler Proporsional (P), Integral (I) dan Derivatif (D) dapat disatukan. Pengontrol P, I dan D bekerja bersamaan untuk mengelola seluruh proses agar meningkatkan respon sistem untuk mencapai *setpoint* dengan cepat dan mengurangi *overshoot*.

Sifat – sifat kontroler PID dipengaruhi oleh perbandingan yang tepat antara parameter P (proporsional), I (integral) dan D (derivatif). Penentuan nilai K_p

(proporsional), Ki (integral) dan Kd (derivatif) dapat mengakibatkan perubahan sifat masing – masin elemen. Salah satu atau dua dari tiga konstanta tersebut dapat diberikan penekanan lebih besar daripada yang lain. Konstanta dengan nilai yang lebih tinggi itulah yang secara keseluruhan mempengaruhi reaksi terhadap sistem.

2.3. Metode Ziegler – Nichols

Kontroller PID memiliki tiga parameter yaitu koefisien proporsional (KP), koefisien Integral (KI) dan koefisien Derivatif (KD). Penentuan nilai – nilai ini dilakukan melalui suatu proses yang disebut penyetelan, dimana salah satu metode yang umum digunakan adalah metode Ziegler Nichols. Eksperimen dilakukan dengan merespon sistem terhadap input unit-step, menghasilkan kurva S yang mencerminkan respon buka tutup. Kurva S memiliki dua konstanta, yaitu jeda waktu (L) dan konstanta waktu (T). Metode Ziegler Nichols sendiri terdiri dari dua metode. Metode pertama dengan memberikan input step pada sistem dan memastikan bahwa responnya membentuk kurva S, sementara metode kedua ditujukan untuk sistem yang mungkin memiliki respon step yang terisolasi secara kontinyu.

Langkah – langkah untuk mencapai respon yang optimal dari kontroller PID melibatkan proses penyetelan PID yang dikenal dengan Tuning Kontroller. Penyetelan PID melibatkan penyesuaian nilai – nilai optimal dari respon proporsional (KP), integral (KI) dan derivatif (KD). sifat kontroller PID sangat bergantung pada kontribusi dari ketiga parameter utamanya, yaitu P (proporsional), I (integral) dan D (derivatif). Penyetelan konstanta Kp (proporsional), Ti (integral) dan Td (derivatif) akan menyebabkan perubahan dalam karakteristik masing – masing elemen kontroller PID (P. M. Wibowo, 2009). Berikut adalah formula penentuan nilai PID dengan metode Ziegler Nichols.

Tipe Pengendali	Kp	Ki	Kd
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5 L$

Tabel 2. 1. Rumus PID Metode Ziegler Nichols

2.4. Fungsi Alih

Pada teori kontrol, terdapat istilah yang dikenal sebagai “fungsi alih” yang umumnya digunakan untuk menggambarkan hubungan antara *input* dan *output* dari sistem linier dengan parameter konstan (Dan et al., 2018). Konsep fungsi alih ini

terutama terfokus pada sistem linier parameter konstan, meskipun dapat diperluas untuk mencakup sistem kontrol nonlinier.

Fungsi alih dari sistem linier dengan parameter konstan didefinisikan sebagai rasio transformasi *Laplace* dari *output* (fungsi respon) dengan transformasi *Laplace* dari *input* (fungsi penggerak), dengan asumsi Nol sebagai kondisi awal.

Fungsi alih :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1-G(s)H(s)} \quad (7)$$

Fungsi alih merupakan ekspresi yang mencerminkan parameter konstan sesuai dengan karakteristik output dan input dari sistem linier. Ini adalah sifat intrinsik dari sistem, yang mewakili responnya terhadap terhadap input tertentu, meskipun tidak memberikan informasi rinci tentang struktur fisik sistem.

Dengan menerapkan konsep fungsi alih, dinamika sistem dapat diungkapkan dalam bentuk persamaan aljabar yang melibatkann parameter waktu(s). pangkat tertinggi dari s dalam penyebut fungsi alih menentukan orde sistem, yaitu jumlah tertinggi dari suku turunan dalam outpputnya. Sebagai contoh, jika pangkat tertinggi dari s adalah n, sistem tersebut dikenal sebagai sistem orde-n (Ogata, 1997).

2.5. Tanggapan Transien Orde Dua

Karakteristik kinerja sistem kontrol dinyatakan dalam skala waktu. Sistem yang dimasukkan elemen penyimpanan energi cenderung memiliki respon yang kurang cepat dan menunjukkan transien ketika *input* atau gangguan diterima (Nawawi, 2010).

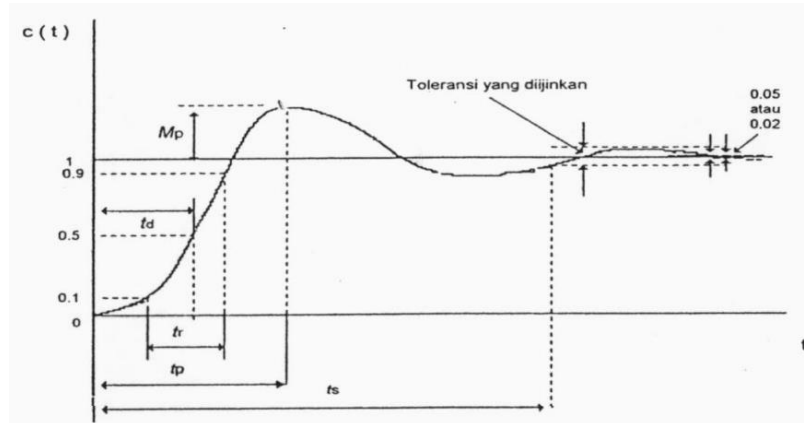
Secara umum, karakteristik kinerja sistem kontrol dinyatakan dalam tanggapan langkah aktual sebagai fungsi dari kondisi awal. Untuk membuatnya lebih mudah untuk membandingkan respon transien dari sistem yang berbeda menggunakan status output keadaan diam. Dengan demikian, hasil dari semua turunan adalah nol pada awal respon.

Respon sistem kendali sering menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai kondisi stabil. Saat mengevaluasi karakteristik transien sistem, *input step* menerima parameter sebagai berikut :

- a. Waktu tunda (t_d), waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai setengah dari amplitudo yang pertama terjadi.
- b. Waktu naik (t_r), waktu yang dibutuhkan tanggapan sistem untuk mencapai perubahan (biasanya digunakan kriteria 10% sampai 90%)
- c. Waktu puncak (t_p), waktu yang dibutuhkan respon sistem untuk menggapai nilai puncaknya.
- d. *Overshoot* Maksimum (M_p), lonjakan maksimum dari kurva tanggapan yang diukur (parameter ini biasa digunakan dengan persen maksimum)

- e. *Settling time* (t_s), waktu yang diperlukan supaya stabil disekitar nilai akhir yang ditentukan (biasanya 2% sampai 5%).

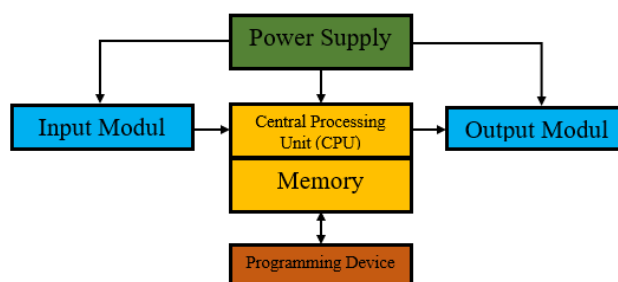
Berikut adalah gambar definisi parameter transien.



Gambar 2. 5. Tanggapan transien yang menunjukkan t_d , t_r , t_p , M_p dan t_s .

2.6. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah pengontrol yang dapat diprogram untuk mengelola proses atau operasi mesin. Kontrol program yang dijalankan oleh PLC melibatkan analisis sinyal masukan dan pengaturan kondisi keluaran sesuai keinginan pengguna. Selain dapat memprogram PLC sesuai dengan proses yang diinginkan, PLC juga dapat dikomunikasikan dengan HMI. Struktur dasar PLC terdiri dari tiga bagian utama yaitu *input*, proses dan *output*. Peralatan *input* biasanya berupa sensor atau perangkat elektronik lainnya yang dapat menghasilkan sinyal untuk diproses oleh PLC. Sedangkan *output* biasanya berupa saklar untuk menghidupkan detektor atau relay untuk menggerakkan motor dan peralatan alat elektronik lainnya yang dapat dikendalikan oleh sinyal keluaran dari sebuah PLC. Berikut adalah gambar umum sistem PLC.



Gambar 2. 6. Sistem kerja PLC

Sebuah PLC terdiri dari beberapa komponen, berikut adalah penjelasan dari komponen – komponen PLC :

1. Unit Pemrosesan Pusat (*Central Processing Unit / CPU*) berperan sebagai inti dari seluruh sistem yang berjalan yang berfungsi mengatur berbagai perintah dan memprosesnya sebelum akhirnya hasil perintah dikirimkan ke *output*.
2. Sumber tegangan berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan sebagai penjaga stabilitas listrik dan proteksi tegangan.
3. Perangkat pemrograman, dipergunakan memasukkan program kedalam memori prosesor. Perangkat lunak pertama-tama membuat program untuk dimasukkan dan kemudian ditransfer ke dalam memori PLC.
4. Memori, digunakan untuk menyimpan program yang dipergunakan mikroprosesor melakukan kontrol.
5. Masukan/keluaran bertindak sebagai sumber *input*. *Input* berupa sinyal diskrit maupun digital. Setelah itu, hasil akhir dicetak dan langsung dikirim ke tujuan untuk dilaksanakan.

2.6.1. Konsep PLC

Konsep PLC itu terdiri dari tiga bagian yaitu *Programmable*, *Logic*, dan *Controller*. Dimana *Programmable* menunjukkan kemampuan menyimpan program dalam memori yang dapat dengan mudah dimodifikasi sesuai kebutuhan, *Logic* menggambarkan kemampuan untuk memproses *input* menggunakan aritmatika dan logika (ALU) yakni membuat penjumlahan, perbandingan, pengurangan, dll. Sedangkan *Controller* menunjukkan kemampuan untuk mengatur dan mengendalikan proses untuk mencapai hasil yang diharapkan (Mugono & Musyaha, 2021).

2.6.2. Fungsi PLC

Fungsi PLC terbagi menjadi 2 kategori utama, yaitu kontrol sekuensial dan sistem pemantauan. Kontrol sekuensial bertugas mengolah sinyal biner masukan menjadi keluaran yang diinginkan, sambil memastikan bahwa semua langkah dalam proses sekuensial dilaksanakan secara urut, sedangkan sistem pemantauan untuk mengawasi berbagai parameter sistem seperti suhu dan tingkat ketinggian, serta menjalankan tindakan yang diperlukan sesuai dengan kendali proses atau memberikan informasi kepada pengguna.

2.7. PLC MITSUBISHI FX3U 24MR

PLC MITSUBISHI FX3U 24MR adalah jenis PLC berkecepatan tinggi dan dirancang untuk fungsi kontrol yang memerlukan beberapa unit I/O. Berikut adalah gambar PLC MITSUBISHI FX3U 24MR :



Gambar 2. 7. PLC Mitsubishi FX3U 24MR

Setiap tipe PLC pastinya mempunyai spesifikasi tersendiri sebagai acuan atau panduan dalam penerapannya. Dibawah ini adalah tabel spesifikasi dari PLC MITSUBISHI FX3U 24MR:

Nama	Type	Spesifikasi
<i>Power Supply Voltage</i>	MITSUBISHI FX3U 24MR	24VDC
<i>Daya</i>		120Watt
<i>IO Input</i>		14
<i>IO Output</i>		10
<i>Output Current</i>		5A
<i>Memory Capacity</i>		8000 Step
<i>Dimension</i>		125 x 90 x 43mm
<i>Weight</i>		300gram max.
<i>Programing Software</i>		GX Developer or GX Work2

Tabel 2. 2. Spesifikasi PLC Mitshubishi FX3U 24MR

2.8. *Human Machine Interface (HMI)*

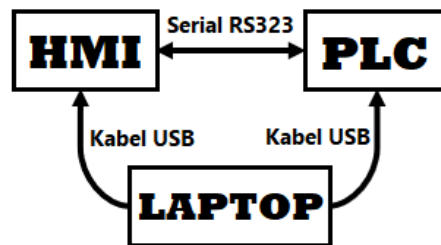
HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang berfungsi sebagai perantara antara pengguna dan teknologi mesin (Haryanto & Hidayat, 2016). Sistem otomatis tanpa dilengkapi HMI akan menyulitkan operator agar dapat mengetahui status sistem yang dikendalikan. Pada umumnya, HMI berupa layar komputer pada layar dimana kita dapat melihat sistem secara menyeluruh pada layar tersebut.

Seperti halnya computer, biasanya HMI mencakup *keyboard* dan *mouse* dan mungkin layar sentuh. HMI bertujuan untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan pengguna akan informasi tentang sistem operasi. HMI memberikan suatu gambaran status mesin dalam bentuk bagan, lampu dan lainnya. Pada titik ini

pengguna dapat melihat parameter sistem kerja. Beberapa fungsi lain dari HMI diijelaskan sebagai berikut :

1. Pemantauan, dengan menggunakan ruang kontrol kita dapat mengamati kondisi sistem secara langsung dan *real-time*.
2. Pengaturan, berdasarkan tingkat keamanan, kita memiliki kemampuan mengubah pengaturan (putar saklar ON menjadi OFF).
3. Alarm, sistem dilengkapi dengan fitur alarm memungkinkan kita untuk mendeteksi dan mengetahui penyebab dari alarm yang sedang aktif.
4. Visualisasi, Menampilkan diagram proses secara jelas.

HMI biasanya dipasang dengan PLC, tetapi kedua alat tersebut tidak harus selalu satu merek yang sama asalkan memiliki transmisi data yang sama. Komunikasi *standart* HMI untuk bekerja dengan PLC adalah komunikasi serial. Dibawah ini adalah gambar transfer data antara HMI dan PLC.



Gambar 2. 8. Komunikasi antara Laptop dengan HMI dan PLC

Pada gambar 2.8. diatas HMI diprogram pada laptop menggunakan USB dan melakukan komunikasi dengan PLC melalui serial RS232. Susunan komunikasi serial antara HMI dan PLC harus diperhatikan agar HMI bisa menggunakan bit-bit alamat didalam PLC sebagai tombola tau indikator. HMI juga dapat menggunakan penyimpanan data PLC untuk menampilkan informasi seperti grafik, pengukur level, dan lainnya.

HMI yang digunakan dalam perancangan ini adalah Aplikasi Haiwell Scada. Dalam penggunaannya, kita diharuskan membuat *design* sesuai dengan fungsi yang kita inginkan. Bentuk atau *design* dapat berupa gambar untuk ditampilkan, informasi untuk diverifikasi, dll.

2.9. Modul Relay 24V 8-Channel

Relay ialah komponen elektronik yang berfungsi memutus atau menghubungkan rangkaian elektronik dengan rangkaian lainnya. Relay merupakan saklar elektromagnetik yang beroperasi ketika kumparan diberikan arus sehingga menyebabkan inti besi menjadi magnet dan tertarik ke kontak relay. Kontak dapat ditarik jika garis magnet dapat mengatasi gaya pegas terhadapnya.

Modul relay 8-Channel adalah modul yang terdiri dari 8 relay, masing - masing dengan terminal umum (COM), *Normally Open* (NO), dan *Normally Close* (NC). Dapat digunakan untuk mengontrol motor, lampu, dll. Penggunaan modul ini dimaksudkan untuk mengontrol alat – alat kontrol yang membutuhkan arus dan tegangan yang tinggi. Modul ini dapat dihubungkan ke PLC. Status relay ditampilkan pada LED untuk memudahkan pengguna melihat status relay. Gambar dibawah ini menunjukkan modul relay 8-Channel.



Gambar 2. 9. Modul Relay 24V 8-Channel

2.10. Pompa Air

Pompa air berfungsi sebagai pemompa air dari satu titik asal ke titik lainnya. Pompa air memiliki 2 jenis yaitu pompa air AC dan DC. Pada perancangan ini menggunakan pompa air DC tipe ZYW680 24V. berikut adalah gambar pompa air ZYW680 24VDC.



Gambar 2. 10. Pompa Air ZYW680 24VDC

Berikut ini adalah spesifikasi dari pompa air ZYW680 24V DC :

Type	Pompa ZYW680
Rated Voltage	DC 24V
Power	22W
Flow Rate	800L/H
Water Lift	5m

Tabel 2. 3 Spesifikasi Pompa Air ZYW680 24VDC.

2.11. Motor DC

Motor DC adalah suatu perangkat yang mengkonversii energi listrik menjadi energi kinetik dengan memanfaatkan prinsip operasi elektromagnetik. Untuk menghasilkan listrik elektromagnetik, motor listrik memiliki kumparan kawat

penghantar yang kemudian menimbulkan energi magnet (elektromagnetik) ketika arus listrik mengalir, dan kemudian energi magnet yang dihasilkan inilah yang menggerakkan rotor (poros) dan menimbulkan gaya gerak/putaran.

Gulungan kawat penghantar pada motor listrik ini dirancang untuk menciptakan magnet yang disebut kutub magnet. Jumlah kutub magnet pada motor memiliki jumlah yang berbeda-beda pada setiap lilitannya. Jumlah kutub tersebut menentukan seberapa cepat rotor motor berputar dalam hitungan menit, yang disebut dengan RPM (*Rotation per Minute*).

Maka bisa disimpulkan juga semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi pula kecepatan yang dihasilkan. Sebaliknya semakin rendah frekuensinya maka semakin kecil pula kecepatan yang dihasilkan.

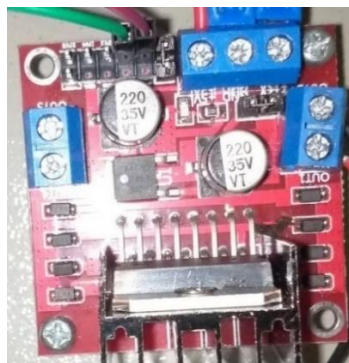
2.11.1. Prinsip Kerja Motor DC

Motor DC pada dasarnya terdapat dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam sedangkan rotor merupakan bagian yang dapat bergerak atau berputar. Pada dasarnya motor DC bergerak menggunakan fenomena elektromagnetik. Ketika kumparan dialiri arus listrik, sisi utara kumparan bergerak ke arah utara magnet.

Jadi ketika kutub selatan magnet bertemu kutub utara kumparan atau sebaliknya terjadi gaya saling menarik sehingga menyebabkan kumparan berhenti bergerak. Untuk memindahkannya kembali, setelah kutub kumparan sejajar dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Ini membuat kutub utara kumparan menjadi kutub selatan dan sebaliknya. Siklus ini diulang hingga kumparan selatan berubah menjadi magnet utara dan sebaliknya.

2.12. *Driver* Motor L298N

Driver Motor L298N adalah pengontrol motor yang berfungsi mengontrol arah dan kecepatan motor. Keuntungan pengontrol motor L298N yaitu mengendalikan motor dengan cukup akurat. Selain itu, keunggulan pengontrol motor L289N adalah mudah dikendalikan. Terdapat 4 pin kontrol dan 2 buah pin *enable* (Pin *enable* sebagai mengatur kecepatan motor). Pada dasarnya kontroller motor L298N dapat mengatur arus dan tegangan agar kecepatan motor dapat diatur. Berikut ini gambar dari pengontrol motor L298N.



Gambar 2. 11. Driver motor L298N

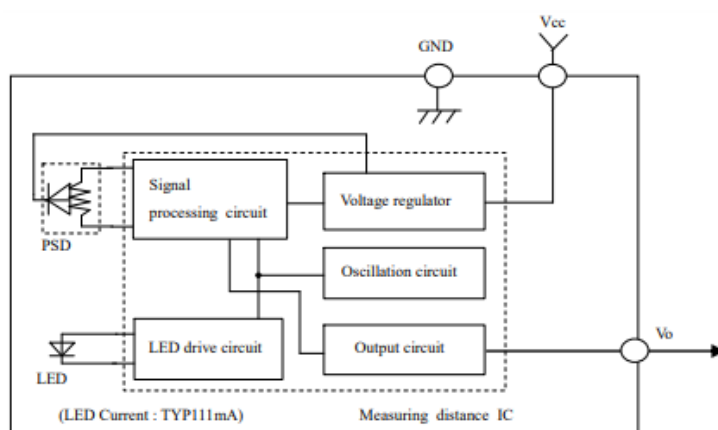
Berikut ini adalah spesifikasi dari driver motor L298N :

Catu daya	5v – 46v
Arus keluaran	2A
Daya keluaran Logic	+5v - +7v (tegangan +5v)
Arus Logic	0 – 36mA
Tegangan Kerja	5v – 35v
Daya Maksimum	25W (Suhu 75° C)

Tabel 2. 4. Spesifikasi Driver Motor L298N

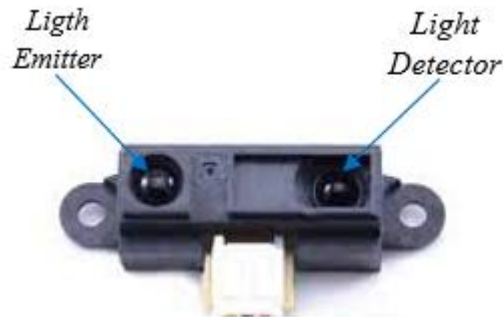
2.13. Sensor Jarak *Infrared* SHARP GP2Y0A41SK0F

Sensor jarak *Infrared* SHARP GP2Y0A41SK0F menggunakan sinar inframerah sebagai mediumnya untuk mendeteksi keberadaan objek. Sensor ini mendeteksi benda dari jarak 4cm hingga 30cm. Keluaran sensor ini adalah besaran *analog* yang berupa tegangan (bergantung pada deteksi jarak). GP2Y0A41SK0F bekerja pada tegangan 4,5v – 5,5v (Muid, 2015). Berikut penjelasan skema rangkaian sensor GP2Y0A41SK0F.



Gambar 2. 12. Skema Rangkaian Sensor GP2Y0A41SK0F

Sensor ini terdiri dari *transmitter* sebagai pemancar gelombang *infrared* dan *receiver* sebagai penerima. *Light Emitter Diode (LED)* digunakan sebagai *transmitter* pada sensor dengan mengubah besaran listrik menjadi gelombang cahaya. Ketika sinyal mengenai benda maka gelombang akan memantul dan diterima oleh *receiver*. Berikut adalah gambar dari sensor jarak infrared SHARP GP2Y0A41SK0F.



Gambar 2. 13. sensor jarak infrared SHARP GP2Y0A41SK0F

Dari pengukuran pertama hingga pengukuran kedua membutuhkan waktu sekitar 40ms untuk mendapatkan pengukuran yang baik.

2.14. Push Button

Push Button adalah jenis saklar yang diaktifkan dengan cara ditekan. *Push button* memiliki sebuah *knop* sebagai area penekan dan dibagian bawahnya terdapat terminal yang berupa kontak *Normally Open (NO)* dan *Normally Close (NC)*. Secara fungsional, *push button* dibagi menjadi dua jenis yaitu *NOPB (normally open push button)* dan *NCPB (normally close push button)* (Saputra et al., 2013). Berikut tampilan dari push button.



Gambar 2. 14. Push Button

2.15. Buzzer

Buzzer ialah komponen elektronik yang mengubah energi listrik menjadi gelombang suara. Secara umum, *buzzer* digunakan pada bel rumah, rangkaian anti maling dan peringatan bahaya lainnya. Berikut adalah tampilan dari *buzzer*.



Gambar 2. 15. Buzzer

2.16. *Software* GX-Works

Software GX-Works adalah *software* pemrograman PLC untuk membuat, memantau, dan mengedit berbagai program PLC Mitsubishi. GX-Works adalah *software* dari MELSOFT yang dapat digunakan di sistem windows. GX-Works adalah *software* PLC dengan fungsi yang sangat kompleks dan mendukung fungsi dari MELSEC (SFC). Program GX-Works memungkinkan pengguna untuk berpindah (mengubah) dari program IL (*Instuction List*) ke program LD (*Ladder Diagram*) atau sebaliknya (Rezaputra & Cahyono, 2021).

2.17. *Software* Haiwell Scada

Software Haiwell Scada adalah sebuah *software* simulasi dan desain HMI yang memvisualisasikan peristiwa ataupun proses nyata di *plant* sehingga HMI dapat membantu pengguna melakukan pekerjaannya dengan lebih mudah. Secara umum HMI digunakan untuk menampilkan kondisi mesin, kesalahan mesin, membantu pengguna mengontrol serta menghentikan operasi, dan untuk memantau beberapa bagian alat.

2.18. Parameter yang dihasilkan

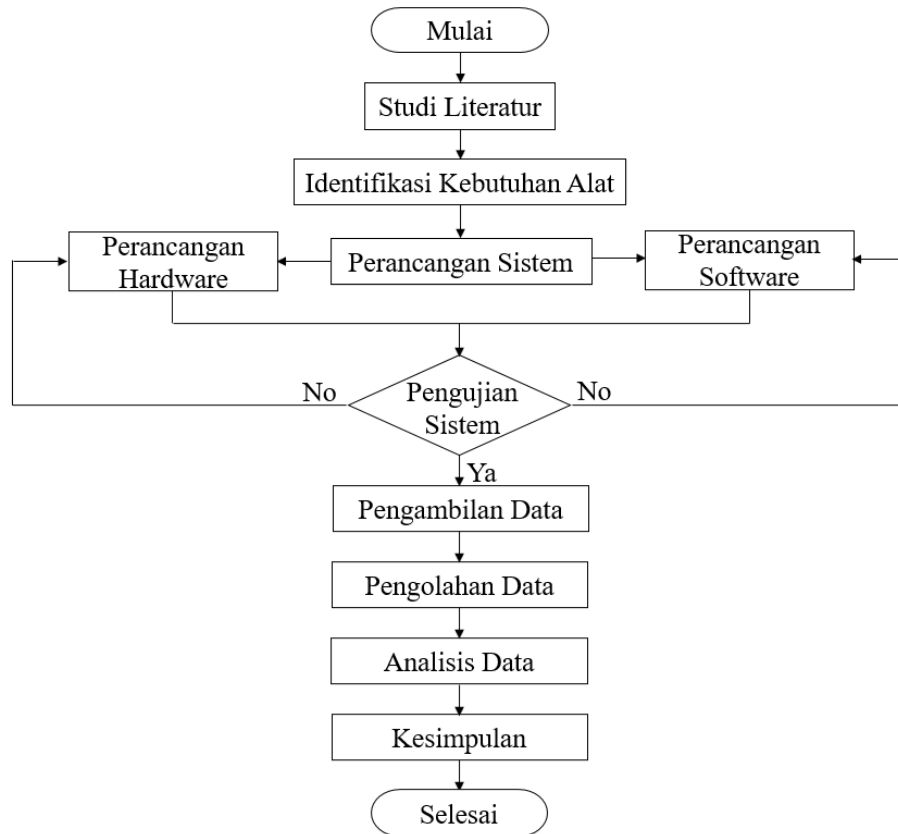
Berikut beberapa parameter yang akan diukur pada perancangan tugas akhir ini, yaitu :

1. Keberhasilan alat (kontrol PID, motor berfungsi, pompa berfungsi, dan *buzzer* berfungsi).
2. *Rise Time* (tr), yaitu waktu yang dibutuhkan tanggapan untuk naik (biasanya digunakan kriteria 10% sampai 90%).
3. *Steadystate*, adalah nilai ketika respon mencapai titik stabil.
4. *Time Steadystate* adalah waktu yang menyatakan respon sistem stabil.
5. *Error Steadystate* adalah nilai error terhadap setpoint (nilai output sebenarnya berbeda dengan nilai output yang diinginkan).
6. *Settling time* (ts), ialah waktu yang dibutuhkan untuk stabil di sekitar nilai akhir (biasanya 2% sampai 5%).
7. *Overshoot*, ialah lonjakan maksimal dari kurva tanggapan.

BAB III METODOLOGI

3.1. Alur Perancangan

Didalam alur perancangan menjelaskan bagaimana tahapan-tahapan pada proses perancangan alat yang akan dilakukan. Berikut ini adalah diagram alur perancangannya.



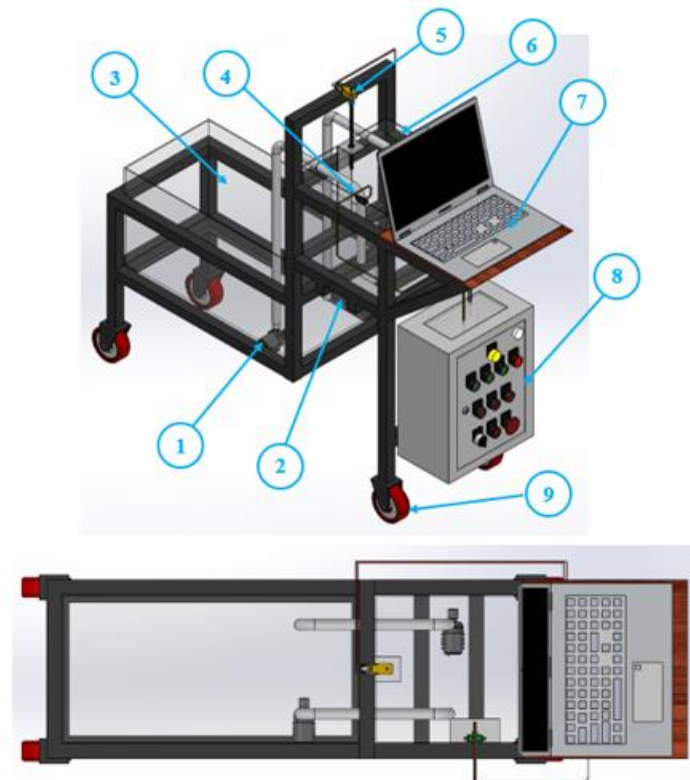
Gambar 3. 1. Diagram Alur Perancangan

Berdasarkan gambar 3.1. diatas perancangan alat dimulai dengan tahap studi literatur untuk mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan, selanjutnya masuk ke tahap identifikasi kebutuhan alat yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah proses perancangan *hardware* dan *software* yang kemudian jika perancangan berhasil maka akan dilanjutkan dengan pengujian sistem, namun apabila terjadi kesalahan pada tahap pengujian sistem maka akan diulang kembali ke tahap sebelumnya. Namun jika ditahap pengujian berhasil maka kami melanjutkan ke tahap pengambilan data dan pengolahan data, gunanya supaya data tersebut dapat di analisa hingga mendapatkan kesimpulan dan selesai.

3.2. Perancangan Mekanik dan Elektrik

3.2.1. Perancangan Mekanik

Pada pembuatan alat ini menggunakan besi *hollow* 20mm x 20mm sebagai kerangka, dengan perancangan desain menggunakan *software* Solidwork 2019 dengan hasil perancangan sebagai berikut :

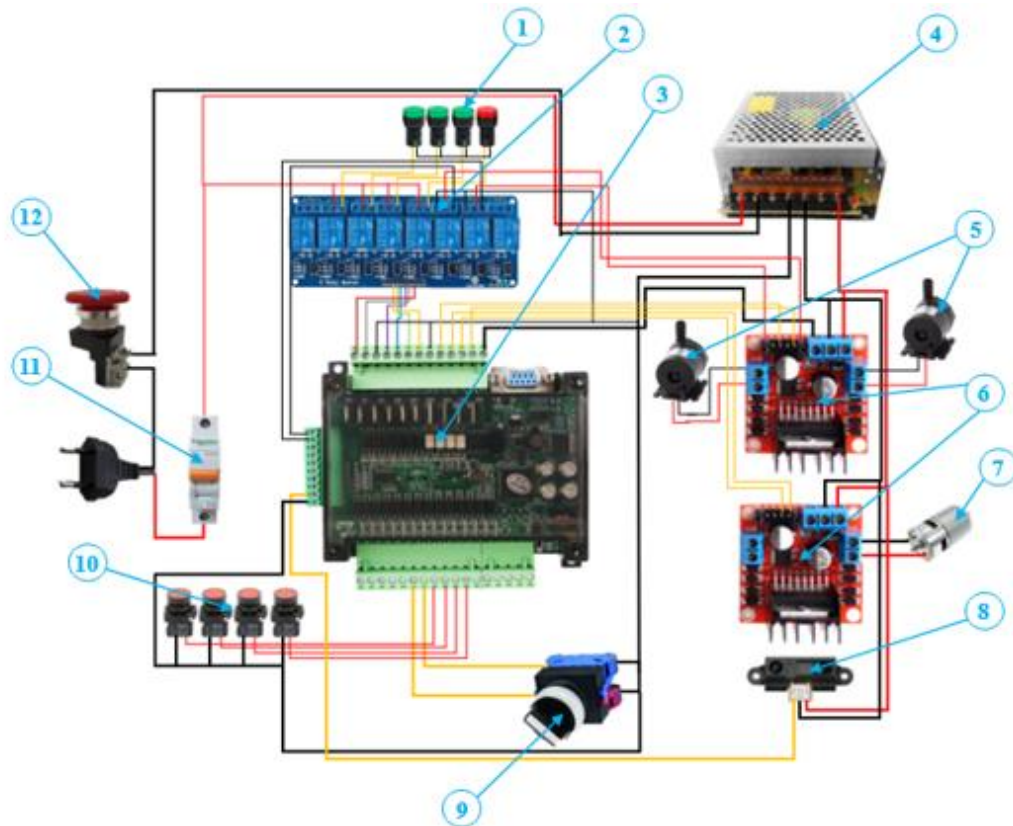


Gambar 3. 2. Desain Alat Pengendali Ketinggian Air

Berikut adalah keterangan gambar yang tertera pada gambar 3.2.

- 1) Pompa Pembuangan
- 2) Pompa Pengisian
- 3) Tangki Penampungan
- 4) Sensor Infrared SHARP GP2Y0A41SK0F
- 5) Motor DC, sebagai alat untuk membuka dan menutup pintu air
- 6) Tangki Utama
- 7) Laptop, berfungsi sebagai pengendali sistem atau sebagai pengganti HMI (Human Machine Interface).
- 8) Panel Control, tempat wiring komponen seperti PLC Mitsubishi FX3U 24MR, Driver Motor, Modul Relay, Power Supply, DLL.
- 9) Roda

3.2.2. Perancangan Elektrik



Keterangan :

- | | | |
|------------------------------|---|----------------------|
| 1. Lampu Indikator | 5. Pompa Air ZYW680 24VDC | 9. Tombol Selektor |
| 2. Modul Relay 24V DC | 6. Driver Motor L298N | 10. Push Button |
| 3. PLC Mitshubishi FX3U 24MR | 7. Motor DC | 11. MCB |
| 4. Power Supply 24V 5A | 8. Sensor Jarak Infrared SHARP GP2Y0A41SK0F | 12. Tombol Emergency |

Gambar 3. 3. Wiring Diagram Alat

Gambar 3.3 diatas adalah *wiring diagram* alat yang berisi komponen – komponen yang digunakan pada perancangan pengendali ketinggian air. Diantaranya yaitu PLC Mitsubishi FX3U 24MR, Modul *relay* 24VDC 8-Channel, Sensor jarak *infrared* SHARP GP2Y0A41SK0F, *Driver* motor L298N, Motor DC, Pompa Air ZYW680 24VDC, dan komponen pendukung diantaranya *Pilot Lamp* 220v, *Pilot Lamp* 24v, *MCB*, *Push Button*, Tombol selektor serta *Emergency Push Button*. Semua komponen tersebut saling terhubung menggunakan kabel NYAF dan dialiri listrik dari *power supply* 24VDC 5A.

Berikut adalah sambungan pin – pin yang terdapat pada alat perancangan :

Pin Relay	Pin PLC	Keterangan
IN2	Y04	Lampu indikator Pompa Pembuangan
IN3	Y05	Lampu indikator Motor <i>UP</i>
IN4	Y06	Lampu indikator Motor <i>DOWN</i>
IN5	Y07	Lampu indicator Alarm
IN6	Y10	<i>Output DA0, Input 5v ENA</i>
IN7	Y11	<i>Output DA1, Input 5v ENB</i>
GND	GND	Sumber tegangan negatif
VCC	VCC	Sumber tegangan positif

Tabel 3. 1. Koneksi antara PLC dan Modul Relay 8-Channel

Pin Driver	Pin PLC	Keterangan
IN1 (D1)	Y0	Kecepatan Pompa Pembuangan
IN2 (D1)	Y3	Kecepatan Pompa Sirkulasi
IN1(D2)	Y2	Motor <i>UP</i>
IN2(D2)	Y1	Motor <i>DOWN</i>

Tabel 3. 2. Koneksi antara PLC dan Driver Motor L298N

Pin Driver	Pin Relay	Keterangan
NO R6	ENA	Tegangan <i>Output M1</i>
NO R7	ENB	Tegangan <i>Output M2</i>

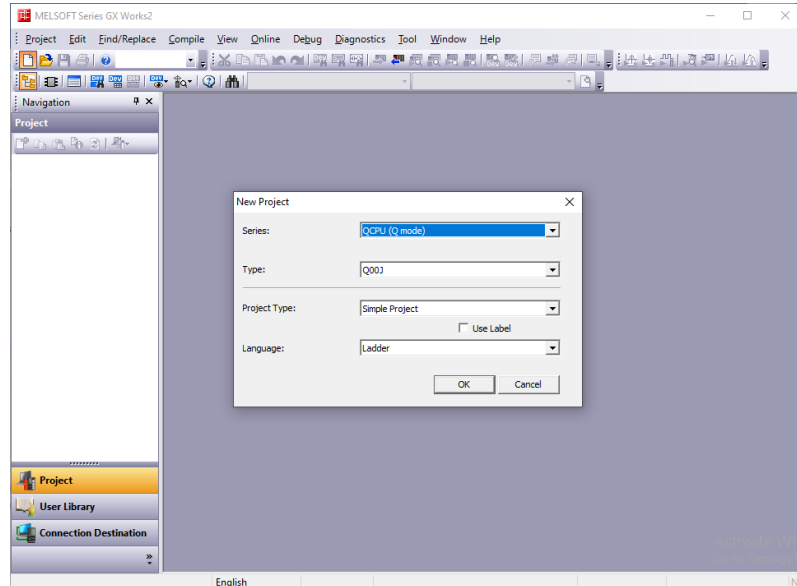
Tabel 3. 3. Koneksi antara Driver L298N dan Modul Relay 8-Channel

3.3. Perancangan *Software*

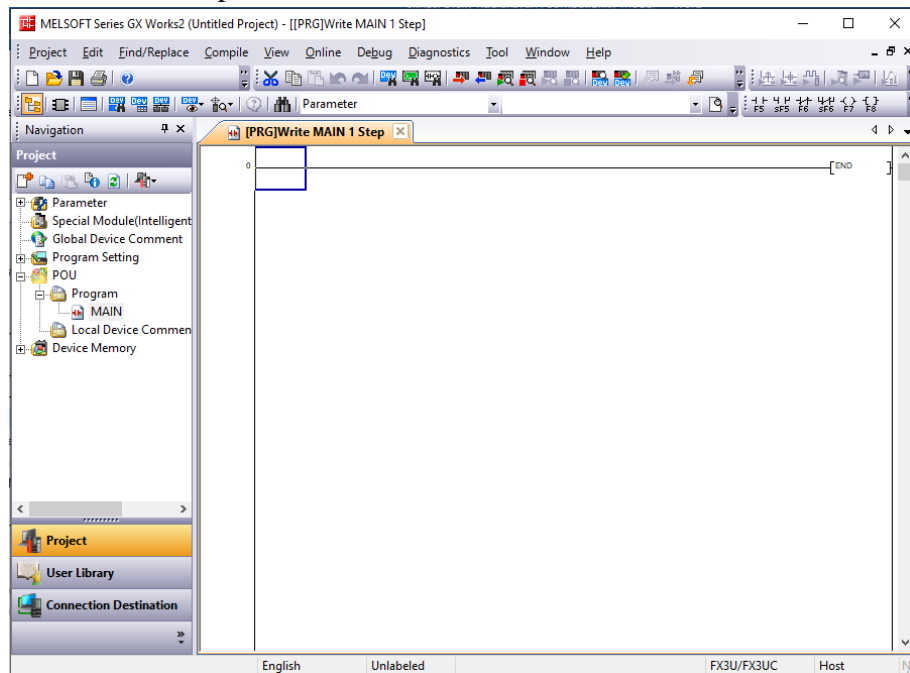
A. Cara menghubungkan GX-Works dengan PLC Mitsubishi FX3U 24MR.

Berikut adalah langkah untuk menghubungkan GX-Developer dengan PLC FX3U 24MR dengan kabel USB RS232.

1. Buka *software* GX-Developer, klik *project* dan pilih *New Project*, maka muncul layar yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

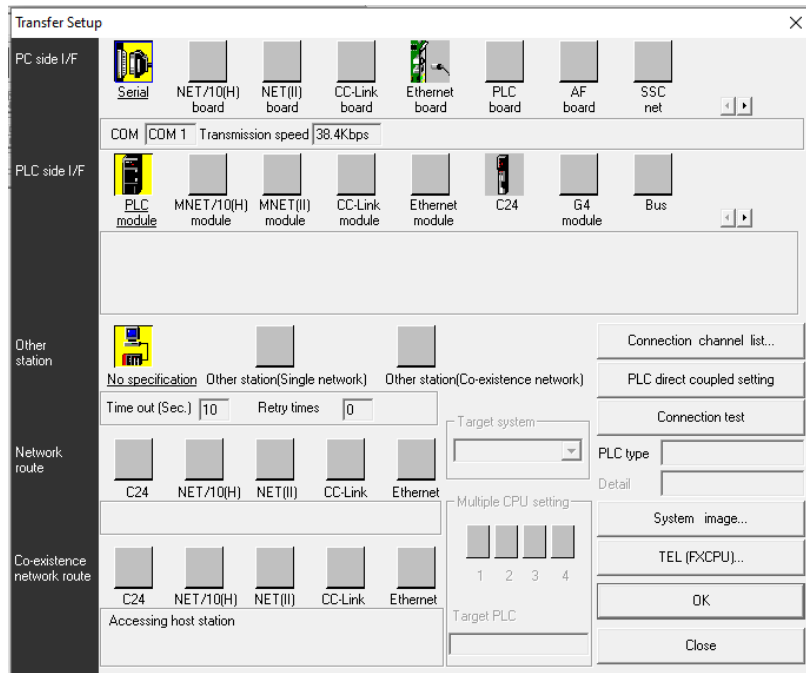


2. Atur *series*, *Type*, *Project Type* dan *Language* sesuai dengan PLC yang dipakai dan bahasa pemrograman yang kita pakai. Lalu klik OK. Jika sudah maka muncul seperti ini.

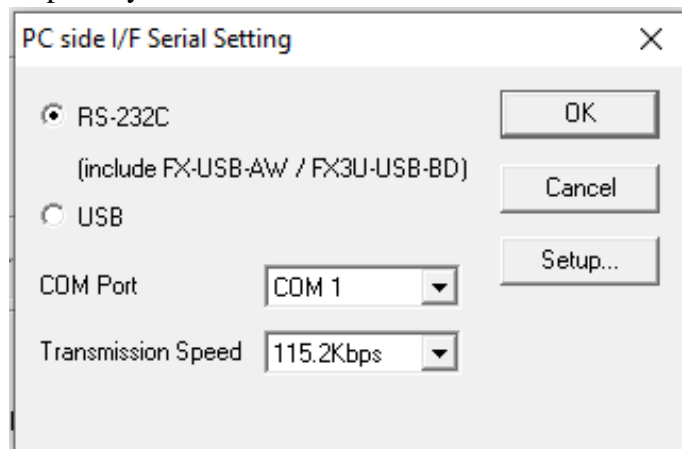


3. Ketika layar diatas muncul, langkah selanjutnya adalah mengatur koneksi antara GX-Works dan PLC FX3U dengan cara klik di menu *Connection*

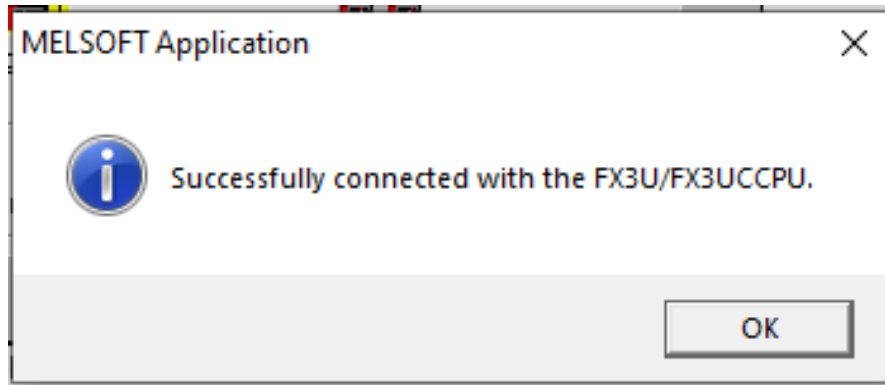
Destination lalu *double klik Connection1*. Kemudian muncul tampilan seperti ini



4. *Double klik* bagian Serial USB untuk mengatur *port* dan *transmission speed*, berikut tampilannya.

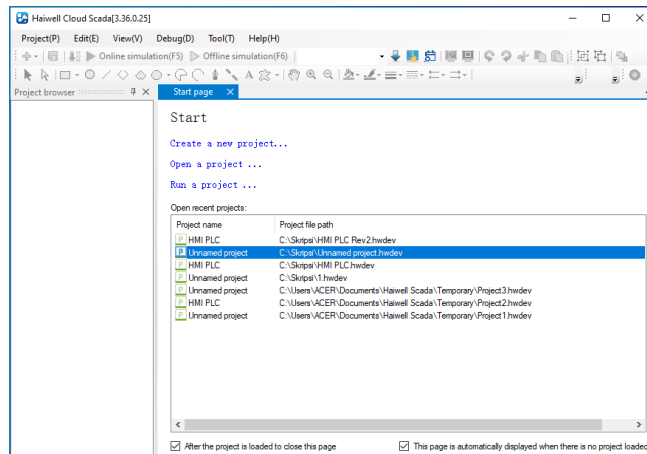


5. Saat layar diatas muncul, kita hanya perlu mengatur berapa COM yang terhubung pada kabel *serial RS232* dan mengatur *Transmission Speed* (tergantung dengan PLC yang kita gunakan). Cara mengetahui kabel tersebut tersambung di COM berapa bisa kita lihat pada *device manager*. Setelah semuanya selesai maka langsung klik OK, maka akan kembali ke tampilan sebelumnya.
6. Untuk mengecek terhubung atau tidaknya kabel RS232 kita hanya perlu mengklik *Connection test*. Apabila USB tersambung maka akan muncul pemberitahuan sebagai berikut.

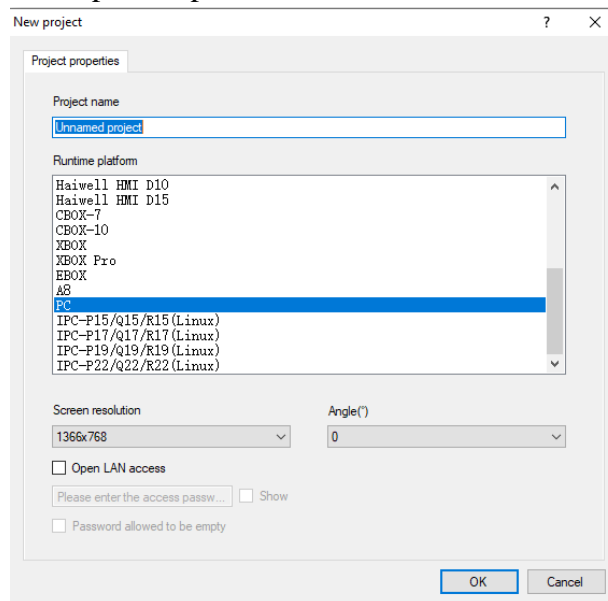


B. Cara mengkomunikasikan Software Haiwell Scada dengan PLC Mitsubishi FX3U 24MR.

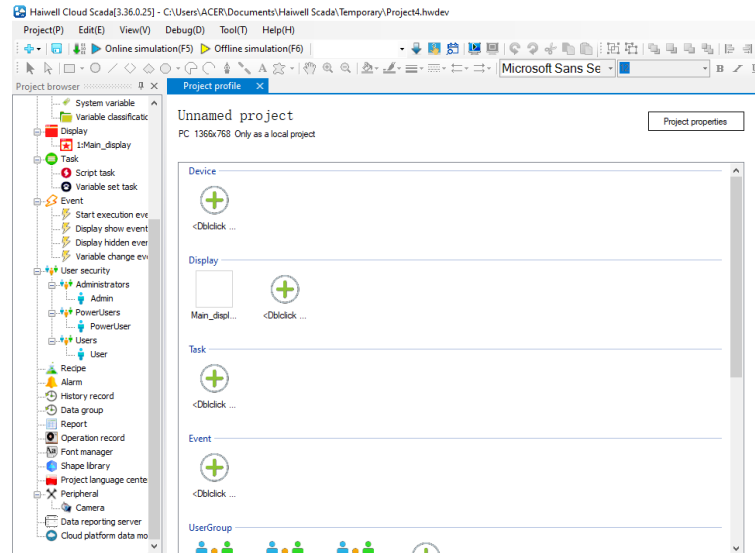
1. Langkah pertama dimulai dengan membuka *software* Haiwell Scada, tampilan berikut akan muncul.



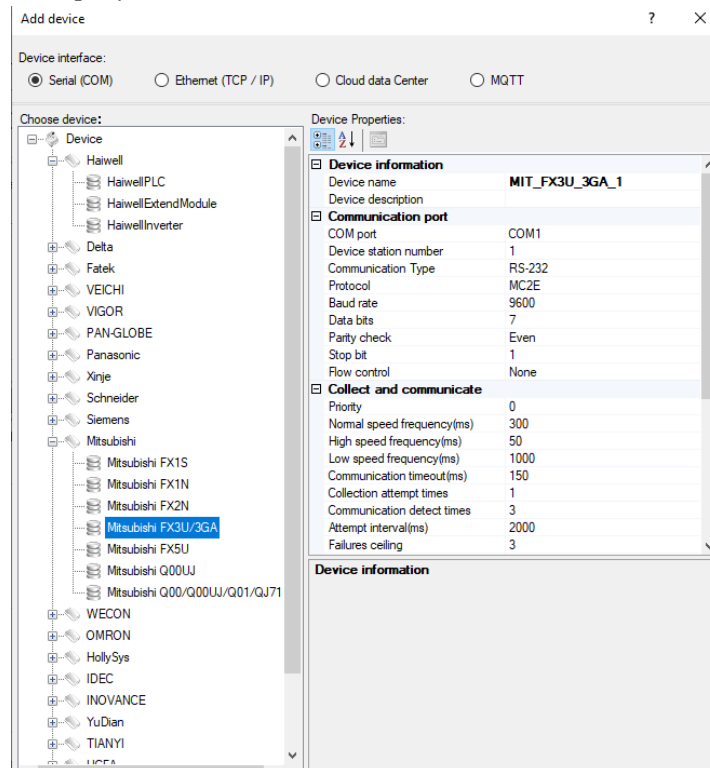
2. Saat layar diatas muncul, langkah selanjutnya pilih *Create a New Project* maka muncul tampilan seperti dibawah ini.



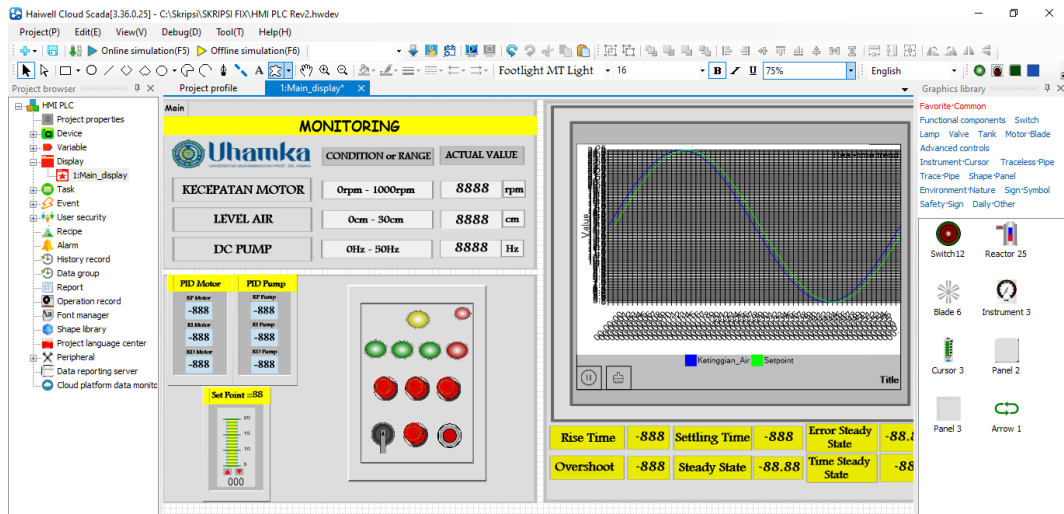
3. Ketika tampilan diatas muncul, kita diharuskan *project name*, *Runtime Platform*, *Screen Resolution*, dan juga *Angle*. Pada perancangan ini menggunakan laptop sebagai pengganti HMI, maka disini kita pilih *Runtime platform PC*, *Screen Resolution 1366x768*, dan *Angle 0°*. Lalu klik OK.



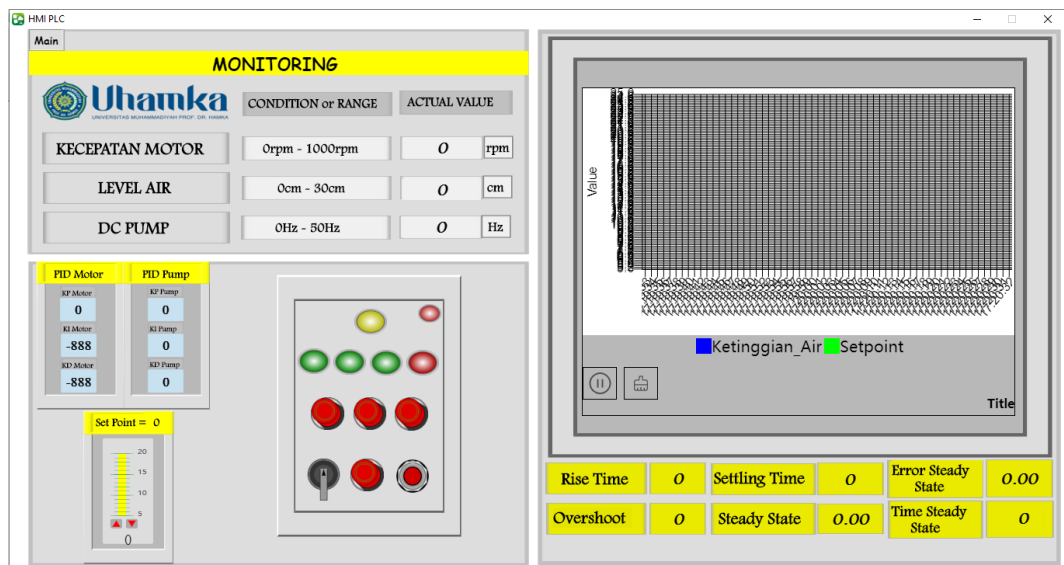
4. Setelah klik OK, akan muncul tampilan seperti diatas. Untuk mengkomunikasikan dengan PLC maka kita harus memasukkan *device* yang kita gunakan. Dan untuk membuat desain HMI bisa dengan cara *double klik* di bagian *display*.



- Setelah *device* terhubung langkah selanjutnya adalah membuat *desain* HMI nya. Berikut adalah desain HMI yang telah dibuat.

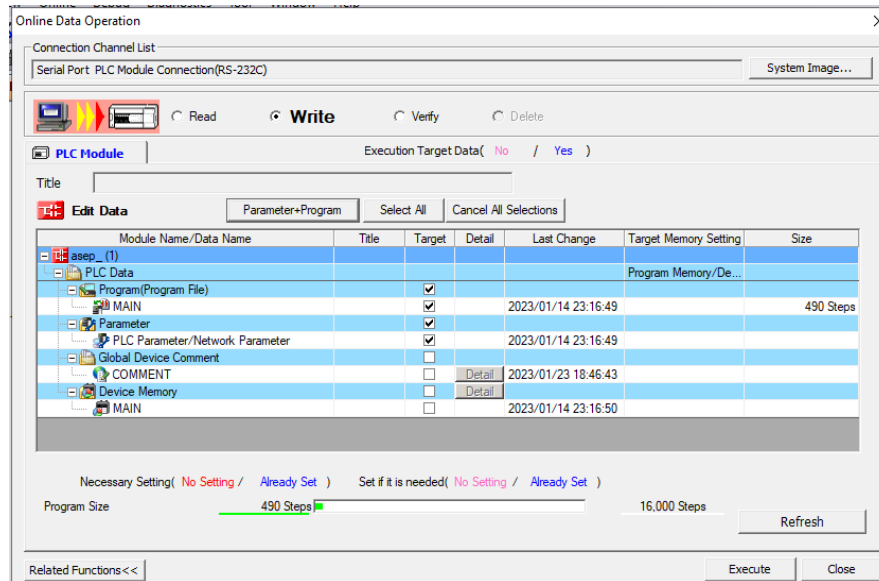


- Jalankan program dengan mengklik *Tool*, pilih *Online simulation*, dan setelah itu klik OK. Selanjutnya akan muncul tampilan yang ditunjukkan dibawah ini.

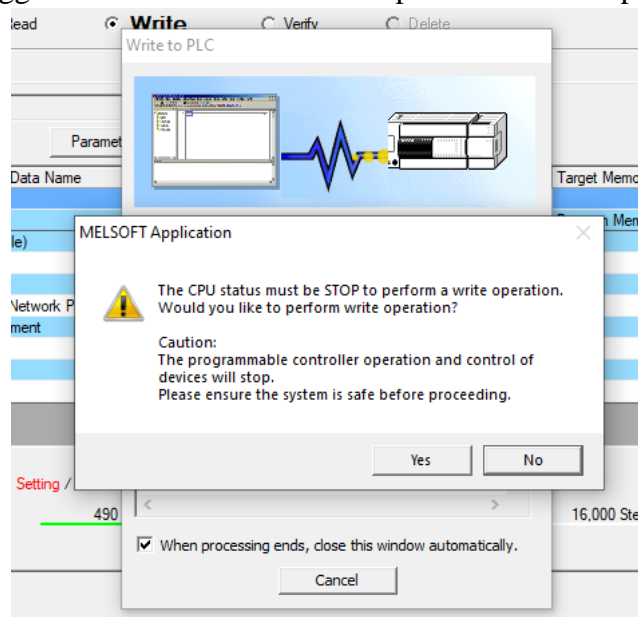


- Jika semuanya terhubung dan tidak ada masalah, maka desain HMI yang kita buat sudah terhubung dengan PLC dan siap digunakan.

- C. Cara mengupload program ke PLC Mitsubishi FX3U 24MR
- Langkah pertama adalah membuat program yang diinginkan atau membuka program yang telah dibuat.
 - Setelah program tersebut selesai, langkah selanjutnya yaitu mengupload program ke dalam PLC. Klik pada toolbar Online dan pilih menu *Write to PLC* dan akan muncul tampilan seperti dibawah ini.



- Sebelum memasukan program tersebut, kita harus mengklik *tool* Parameter + Program. Fungsinya adalah karena yang diupload ke PLC itu hanya parameter dan program. Setelah itu langsung saja klik *Execute* untuk *upload* program. Harap tunggu sebentar dan akan muncul pemberitahuan seperti dibawah ini.



- Ketika ada notifikasi seperti diatas, klik *yes* sampai proses *download* selesai. Setelah selesai, program tersebut sudah terupload ke dalam PLC yang kita gunakan.

3.4. Kebutuhan Perangkat Keras

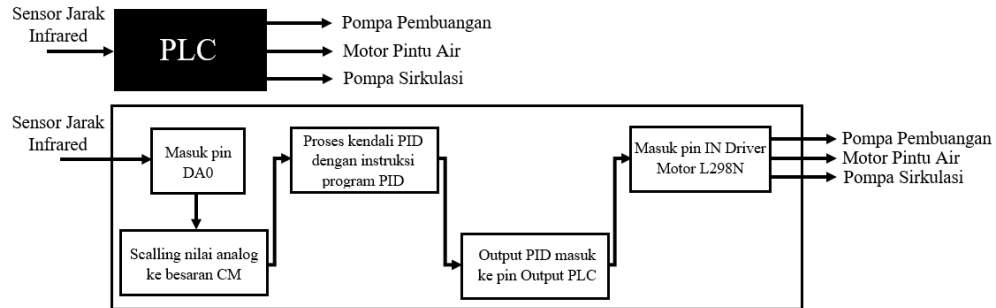
Berikut akan dipaparkan segala komponen yang dibutuhkan dalam perancangan alat.

No.	Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
1.	PLC Mitsubishi FX3U 24MR	1	Komponen utama sebagai pengendali sistem yang akan dibuat
2.	Kabel USB RS232	1	Sebagai penghubung antara PLC dan Laptop
3.	<i>Power Supply</i> 24VDC 5A	1	Sebagai catu daya (<i>power</i>)
4.	Pompa Air ZYW680 24VDC	2	Sebagai alat pembuangan air dan sirkulasi air
5.	Motor DC	1	Sebagai alat untuk membuka tutup pintu air
6.	Sensor Jarak <i>Infrared</i> SHARP GP2Y0A41SK0F	1	Sebagai sensor pendeteksi ketinggian air
7.	<i>Push Button</i>	3	Sebagai tombol perintah
8.	<i>Pilot Lamp</i> 220VAC	5	Sebagai lampu indikator
9.	<i>Pilot Lamp</i> 24VDC	1	Sebagai indikator <i>alarm</i>
9.	<i>Emergency Push Button</i>	1	Sebagai tombol stop saat terjadi <i>Error</i>
10.	MCB Schneider C10A	1	Sebagai saklar (pengaman) rangkaian
11.	<i>Driver Motor</i> L298N	2	Sebagai penguat arus dan pengatur kecepatan motor.
12.	Modul <i>Relay</i> 8 Channel	1	Sebagai <i>switching</i>
13.	Tombol Selektor	1	Sebagai tombol memilih <i>mode</i> .
13.	Skun Kabel	-	Sebagai penyambung kabel
14.	Kabel	-	Sebagai penyambung antar komponen

Tabel 3. 4. Kebutuhan Perangkat Keras

3.5. Blok Diagram Perancangan Program

Berikut adalah representasi blok diagram dari rancangan sistem perangkat penelitian.

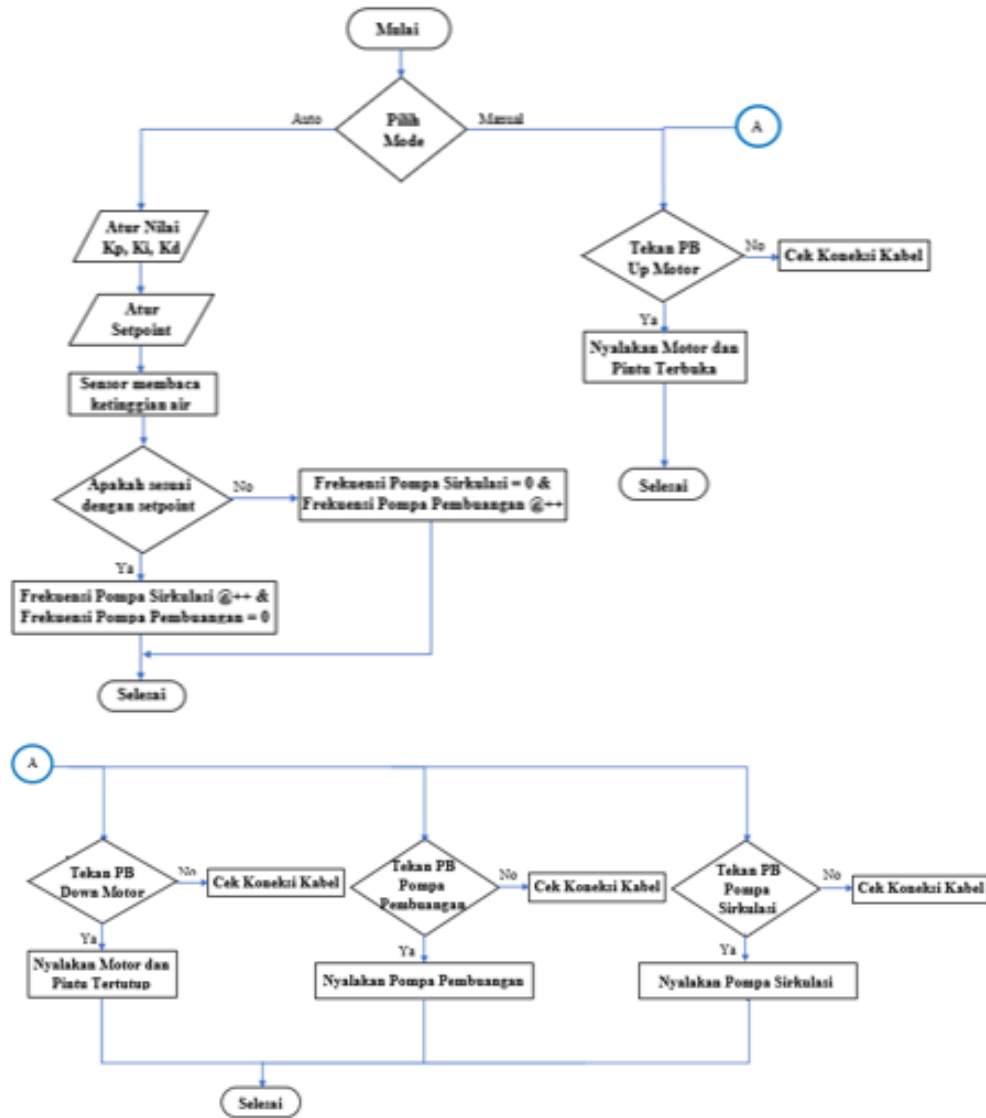


Gambar 3. 4. Blok Diagram Perancangan Sistem

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa perancangan program pada perancangan ini dirancang menggunakan sensor jarak inframerah SHARP GP2Y0A41SK0F sebagai masukan sistem, dengan pengontrol utama yaitu PLC yang berfungsi untuk mengontrol sensor ketinggian air, *buzzer* dan pompa air. Serta terdapat HMI yang berfungsi sebagai layar monitoring serta kendali sistem PID. Dan dapat memberikan perintah pada PLC untuk menghidupkan *output* sistem.

3.6. Diagram Alir Mekanisme Kerja Alat

Pada alat pengendali ketinggian air memiliki mekanisme kerja alat, berikut adalah mekanisme kerja alat yang diuraikan kedalam bentuk diagram alir.



Gambar 3. 5. Diagram Alir Mekanisme Kerja Alat

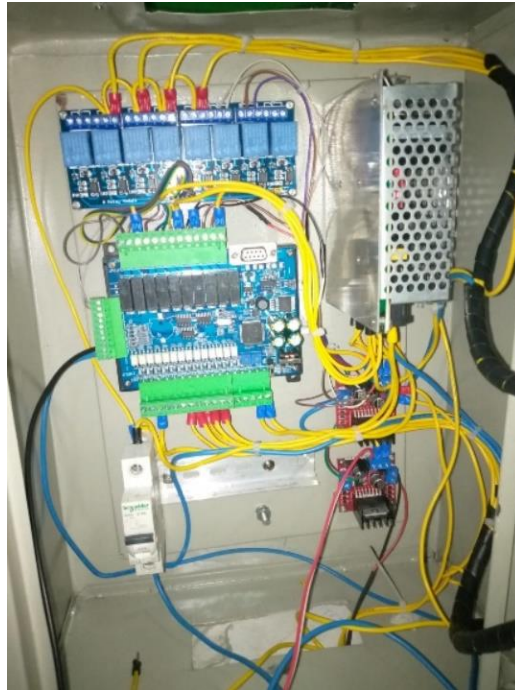
Diagram alir ini dimulai dengan memilih mode, jika memilih *mode auto* maka selanjutnya yaitu mengatur nilai – nilai KP, KI, dan KD kemudian mengatur *Setpoint* yang diinginkan (*range 5-20cm*). Langkah selanjutnya adalah sensor akan membaca ketinggian air, apakah sudah sesuai dengan *setpoint* atau belum. Apabila ketinggian air belum mencapai *setpoint* maka frekuensi pompa sirkulasi akan bertambah dan frekuensi pompa pembuangan = 0, namun apabila lebih maka frekuensi pompa sirkulasi = 0 dan frekuensi pompa pembuangan akan bertambah. Kemudian kendali PID akan berjalan untuk tetap mempertahankan *Setpoint* yang diinginkan. Program ini akan terus menerus berjalan sampai akhirnya mati dengan cara memindahkan *mode* ke manual. Untuk mode manual sistem dimulai dengan menekan *push button* (PB) sesuai dengan keinginan, jika perintah berjalan maka sistem tersebut berhasil. Namun, jika perintah tidak berjalan maka cek koneksi kabel dan selesai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Hasil dari perancangan perangkat keras (*Hardware*) pada alat pengendali ketinggian air ini meliputi pengkoneksian kabel pada tiap – tiap komponen serta PLC Mitsubishi FX3U 24MR dan juga hasil perancangan pada panel. Perancangan pada panel ini bertujuan supaya kelistrikan terlihat tidak berantakan.



Gambar 4. 1. Kelistrikan didalam panel

Pada bagian dalam panel berisi komponen utama diantaranya PLC Mitsubishi FX3U 24MR, Modul Relay 24VDC 8-Channel, Power Supply 24VDC 5A, Driver Motor L298N dan MCB. Semua komponen tersebut tersambung satu sama lainnya dan terdapat beberapa jalur yang menyambung ke komponen yang terletak dibagian pintu panel.



Gambar 4. 2. Kelistrikan dibagian pintu panel

Pada bagian pintu panel terdapat beberapa komponen pendukung diantaranya adalah *pilot lamp* 220VAC dan *pilot lamp* 24VDC yang berfungsi sebagai indikator, serta terdapat *push button* yang berfungsi sebagai kendali sistem, serta terdapat tombol selektor yang berfungsi sebagai tombol pilih *mode* dan *Emergency Push Button* untuk tombol *stop* saat terjadi *Error*.



Gambar 4. 3. Tampilan tampak depan panel

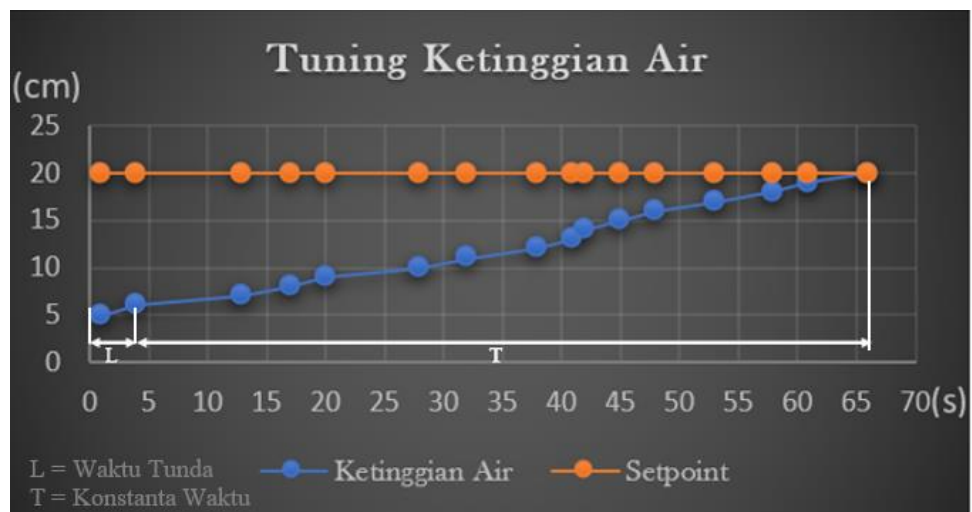
Gambar diatas merupakan tampilan panel yang telah dibuat, tujuan menempatkan lampu indikator dan tombol kontrol dibagian pintu yaitu supaya mudah untuk melakukan pengontrolan ataupun melihat status kerja alat.

4.2. Hasil Perancangan Perangkat Lunak (Software)

4.2.1. Perancangan Sistem Kendali tuning PID metode Ziegler Nichols

Perancangan controller menggunakan sistem kontrol PID dengan tiga parameter utama yaitu koefisien proporsional (KP), koefisien integral (KI) dan koefisien derivatif (KD). pengaturan parameter ini dilakukan melalui penalaran, khususnya dengan Metode Ziegler Nichols. Eksperimen dilakukan dengan merespon sistem terhadap masukan *unit-step* dan menghasilkan kurva S pada respon *Open Loop*. Karakteristik kurva bentuk S terdiri dari dua buah konstanta, yaitu waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T). Tahapan dalam memperoleh parameter *tuning* PID dengan Metode Ziegler Nichols adalah sebagai berikut:

1. Tentukan parameter waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T) dari hasil percobaan respon sistem terhadap masukan *unit step* melalui pengamatan respon *Open Loop*. Setelah diberikan sinyal *Input unit step*, hasil responnya adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 4. Grafik Tuning Ketinggian Air

2. Respon terhadap masukan *unit step* dari sensor Level menghasilkan parameter waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T) sebesar L= 4 dan T= 62, maka dari nilai tersebut kita bisa tentukan nilai KP, Ti, dan Td menggunakan rumus penalaan PID dengan menggunakan Metode tuning Ziegler Nichols. Nilai yang diperoleh sebagai berikut.

L	T
4	62

Hasil tabel diatas harus diolah dengan tabel Ziegler Nichols dibawah ini, sehingga menghasilkan nilai KP, KI, dan KD.

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td		Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	∞	0	P	15,5	Infinity	0
PI	$0,9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0	PI	13,95	13,33	0
PID	$1,2\frac{T}{L}$	2L	0,5L	PID	18,6	8	2

Sehingga mendapatkan nilai sebagai berikut :

	KP	KI = KP/TI	KD = KP*TD
P	15,5	Infinity	0
PI	13,95	1,04	0
PID	18,6	2,32	37,2

Tabel 4. 1. Nilai KP, KI, KD Setelah diproses menggunakan Tabel Ziegler Nichols

4.2.2. Pengolahan Sinyal Level

Pengolahan sinyal level dilakukan dengan memanfaatkan sinyal resolusi digital yang terbaca. Tabel 4.1. merupakan hasil data sinyal digital yang dihasilkan.

Nilai Aktual (cm)	Nilai Digital
5	226 – 245
6	246 – 263
7	264 – 274
8	275 – 282
9	283 – 296
10	297 – 313
11	314 – 337
12	338 – 361
13	362 – 394
14	395 – 416
15	417 – 448
16	449 – 500
17	505 – 553
18	566 – 623
19	627 – 706
20	710 – 821

Tabel 4. 2. Hasil Data Sinyal Digital

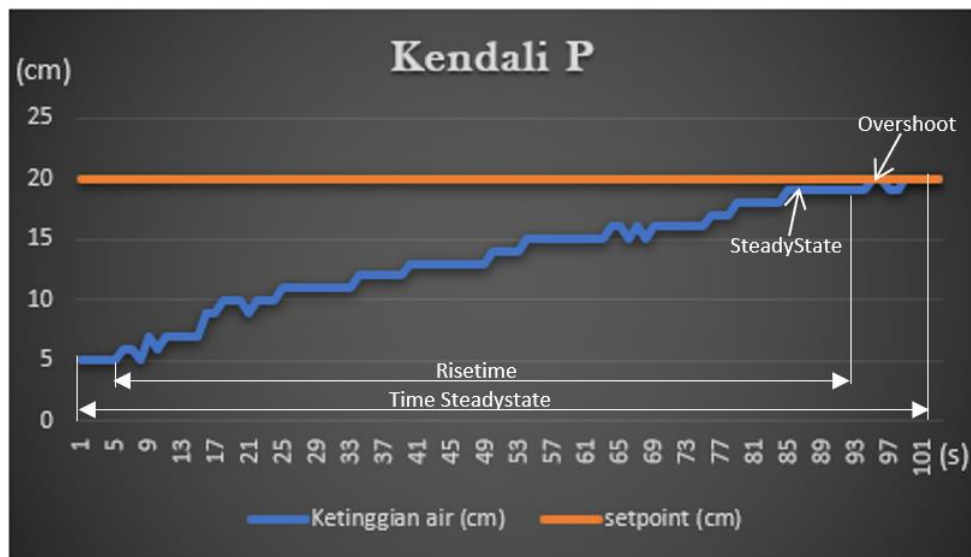
4.1.1. Pengujian Sistem Kendali *Level Air*

A. Perbandingan Kendali antara kendali P, PI, dan PID

Pada tahap pengujian sistem kendali PID pada sensor level terlebih dahulu membandingkan kendali terbaik antara kendali P, PI, PID yang sudah didapat dari hasil tuning PID menggunakan metode Ziegler Nichols.

1. Kendali P (*Proporsional*)

Pada percobaan kendali P menggunakan parameter nilai KP 15 dan *Setpoint* 20cm. berikut hasil percobaan yang dihasilkan.



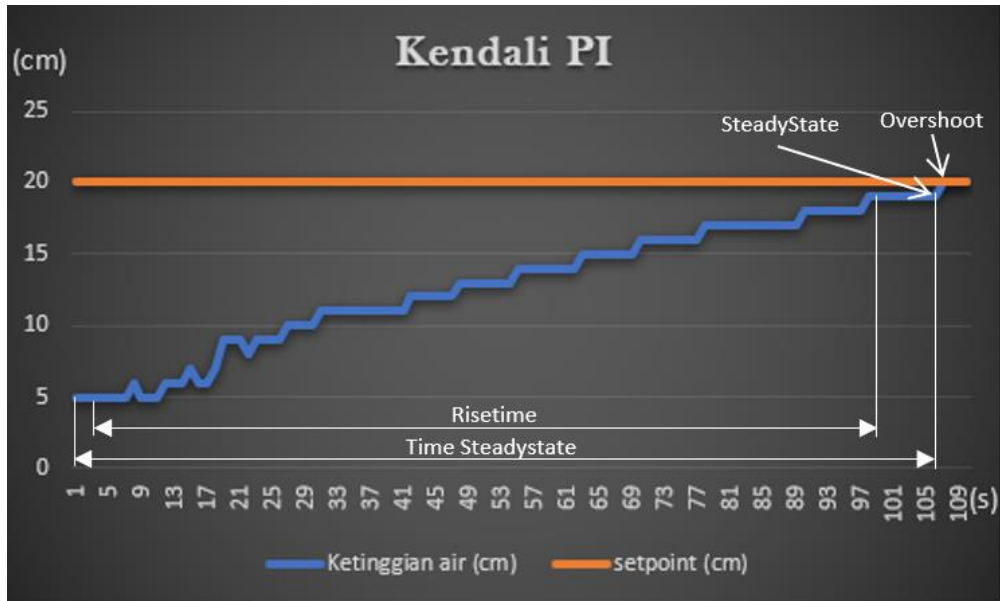
Gambar 4. 5. Grafik Kendali P

KP	KI	KD	Setpoint (cm)	Steady State(cm)	Time Steady State(s)	Error Steady State (%)	Rise time (s)
15	infinity	0	20	19	103	0%	87

Tabel 4. 3. Hasil Respon Sistem Kendali P

2. Kendali PI (*Proporsional Integral*)

Pada percobaan kendali PI menggunakan parameter nilai KP 14, KI 1, dan *Setpoint* 20cm. berikut hasil percobaan yang dihasilkan.



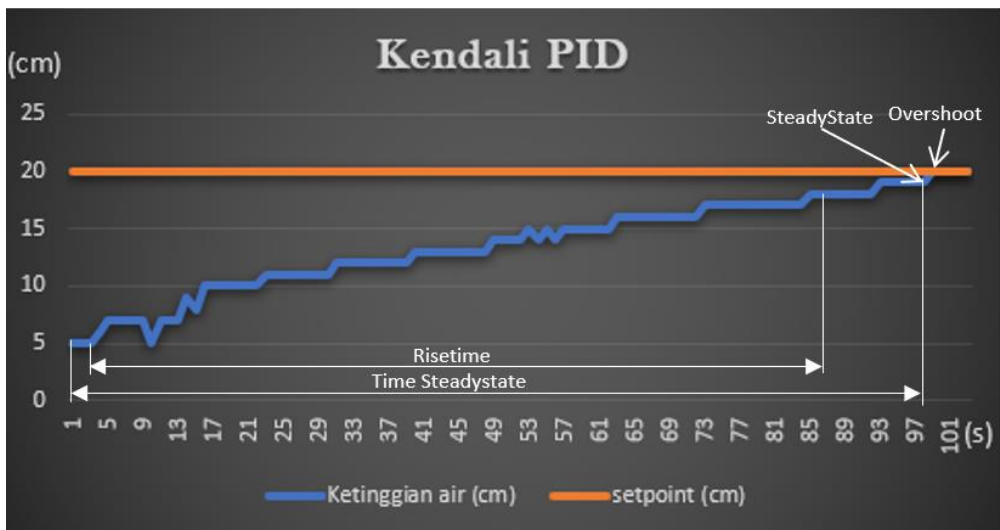
Gambar 4. 6. Grafik Kendali PI

KP	KI	KD	Setpoint (cm)	Steady State(cm)	Time Steady State(s)	Error Steady State (%)	Rise time (s)
14	1	0	20	19	107	0%	98

Tabel 4. 4. Hasil Respon Sistem Kendali PI

3. Kendali PID (*Proporsional Integral Derivative*)

Pada percobaan kendali PI menggunakan parameter nilai KP 19, KI 2, KD 37 dan *Setpoint* 20cm. berikut hasil percobaan yang dihasilkan.



Gambar 4. 7. Grafik Kendali PID

KP	KI	KD	Setpoint (cm)	Steady State(cm)	Time Steady State(s)	Error Steady State (%)	Rise time (s)
19	2	37	20	19	98	0%	87

Tabel 4. 5. Hasil Respon Sistem Kendali PID

Analisis :

Dari ketiga kendali diatas dari Kendali P, PI, PID disimpulkan bahwa kendali PID lebih baik dan sudah sesuai yang diinginkan daripada kendali P dan PI, karena waktu *Steady State* yang dihasilkan lebih cepat yaitu 98 detik, jadi untuk data yang diambil yaitu kendali PID.

B. Hasil Pengujian PID Sensor *Level Air*

Kp = 19, Ki = 2, Kd = 37							
No.	Setpoint (cm)	Overshoot (cm)	Steady State (cm)	Time Steady State (s)	Error Steady State (%)	Settling Time (s)	Rise Time (s)
1.	5cm	5cm	5cm	0	0%	0	0
2.	6cm	6cm	6cm	3	0%	9	1
3.	7cm	8cm	6cm	10	0.14%	12	6
4.	8cm	8cm	7cm	17	0%	19	13
5.	9cm	9cm	8cm	23	0%	25	17
6.	10cm	10cm	9cm	26	0%	29	20
7.	11cm	12cm	11cm	37	0.09%	39	31
8.	12cm	12cm	11cm	39	0%	41	43
9.	13cm	13cm	12cm	45	0%	48	40
10.	14cm	14cm	13cm	57	0%	63	51
11.	15cm	17cm	15cm	65	0.13%	67	59
12.	16cm	16cm	15cm	71	0%	74	64
13.	17cm	17cm	16cm	80	0%	85	71
14.	18cm	20cm	18cm	94	0.11%	96	84
15.	19cm	20cm	18cm	97	0.052%	101	85
16.	20cm	20cm	19cm	98	0%	103	87

Tabel 4. 6. Hasil Pengujian PID Sensor Level Air

Setelah melakukan pengujian hasil respon, dapat disimpulkan respon memiliki nilai *Error* rata rata sebesar 0,032%, hasil respon sistem yang dihasilkan sudah seperti yang diinginkan. Mungkin untuk respon bisa lebih baik apabila sudah mendekati *Setpoint* bisa langsung ke *Setpoint*, hal ini diperoleh dari tuning PID yang sebelumnya dilakukan dan untuk hasil pengukurannya bisa lebih presisi lagi apabila pengolahan dari nilai aktual ke nilai desimalnya mendapatkan nilai akurasi yang baik.

Penjelasan :

Tujuan alat ini dirancang bertujuan untuk membuat simulasi pembukaan pintu air dan pengontrolan ketinggian air dibendungan dengan menggunakan sistem otomatisasi *Human Machine Interface* (HMI) yang dikontrol menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC). Nilai – nilai diatas digunakan untuk menunjukkan respon sistem dan rata-rata kesalahan dalam pengendalian ketinggian air berbasis PID. Dimana penulis menggunakan metode penalaran metode Ziegler Nichols dengan menggunakan *tunning* sensor untuk mendapatkan nilai PID.

4.3. Pin – Pin HMI Haiwell Scada

No.	Alamat PIN	Keterangan
1	M0	Tombol Pompa Pembuangan
2	M1	Tombol Motor DC UP (buka pintu air)
3	M2	Tombol Motor DC DOWN (tutup pintu air)
4	M3	Tombol Pompa Sirkulasi
5	M4	Tombol Selektor Auto Manual
6	M5	Tombol Emergency
7	Y3	Indikator Lampu Pompa Sirkulasi
8	Y4	Indikator Lampu Pompa Pembuangan
9	Y5	Indikator Lampu Motor DC UP (buka pintu air)
10	Y6	Indikator Lampu Motor DC DOWN (tutup pintu air)
11	Y7	Indikator Buzzer
12	D3	Atur Nilai P
13	D4	Atur Nilai I
14	D5	Atur Nilai D
15	D10	Nilai RPM Motor
16	D30	Nilai Ketinggian Air
17	D50	Atur Setpoint
18	D730	Nilai Kecepatan Pompa

Tabel 4. 7. Pin – Pin HMI Haiwell Scada

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan pengendalian ketinggian air berbasis *Human Machine Interface* (HMI) dan *Programmable Logic Controller* (PLC) penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penentuan nilai PID dilakukan melalui tuning sensor dengan penalaran metode Ziegler Nichols.
2. Metode tuning PID Ziegler Nichols dapat diimplementasikan pada sistem ini, terutama sensor ketinggian air menghasilkan respon dengan nilai waktu tunda (L) sebesar 4 detik dan nilai konstanta waktu (T) sebesar 62 detik.
3. Kendali yang digunakan untuk pengambilan data yaitu kendali PID karena mendapatkan time steadystate 98 detik (lebih kecil dari kendali P dan kendali PI) dengan nilai KP 19, KI 2, dan KD 37.
4. Pembacaan nilai aktual sensor sangat berubah – ubah dan sulit didapatkan nilai akuratnya apabila air bergelombang.
5. Pengujian kendali PID dalam perancangan pengendali ketinggian air berbasis HMI *system* dan PLC ini telah berhasil dibuat dan dapat difungsikan dengan menghasilkan nilai rata – rata *Error* sebesar 0,032%.

5.2. Saran

Dalam konteks penelitian ini, penulis mengusulkan beberapa saran lebih lanjut untuk pengembangan alat. Antara lain :

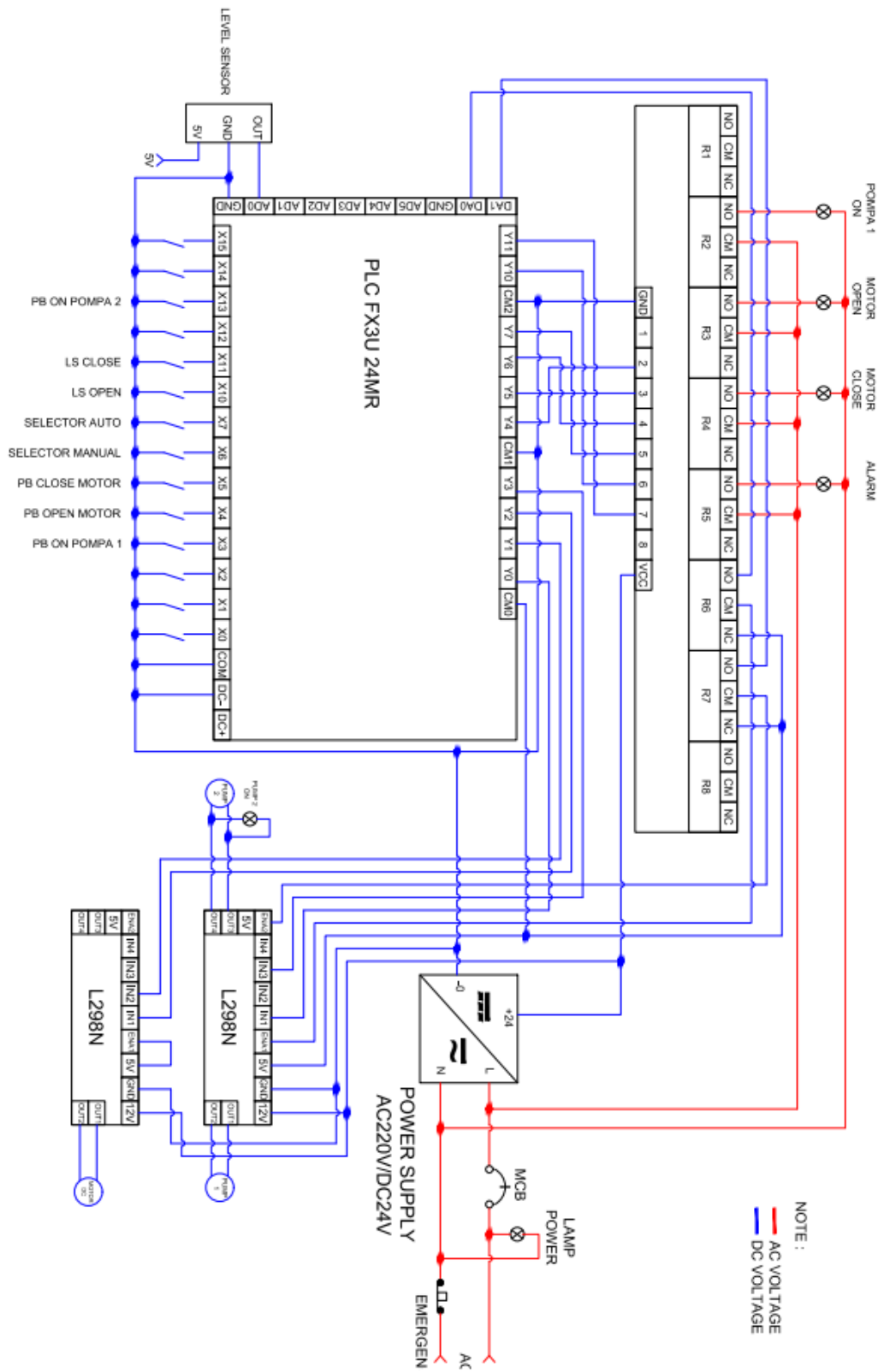
1. Supaya data yang dihasilkan lebih lengkap disarankan untuk menambahkan alat pengukur debit air agar air yang dikeluarkan dapat diukur.
2. Agar pembacaan nilai aktual sensor lebih akurat, disarankan untuk menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang tinggi seperti *sensor throw-In type Liquid Level Sensor* atau menggunakan sensor ketinggian lainnya.
3. Dibuatkan program otomatis pintu air supaya ketika air melebihi kapasitas, pintu air langsung membuka.

DAFTAR PUSTAKA

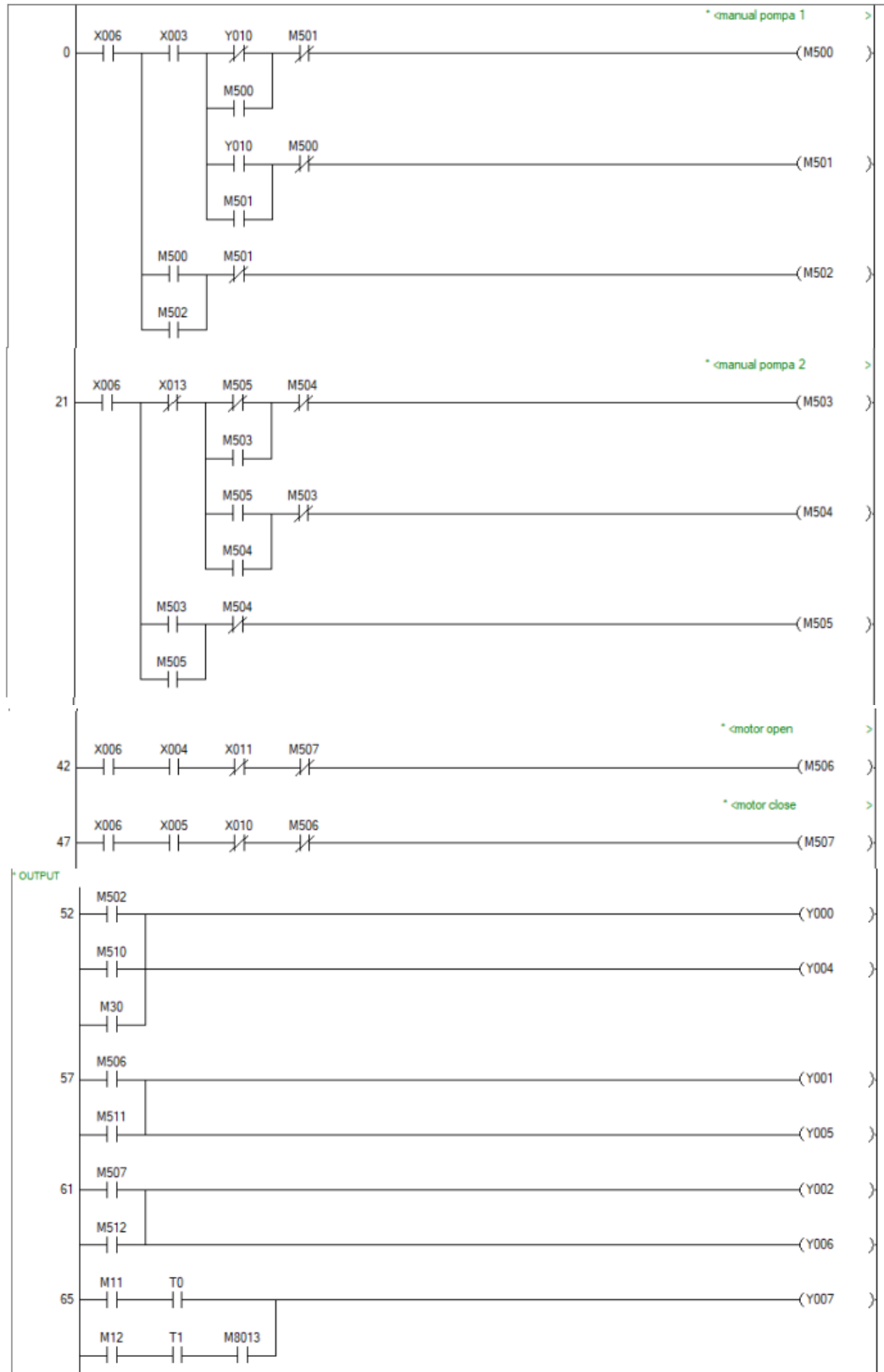
- Dan, P., Penerapan, S., Pid, P., Sistem, P., Tegangan, K., Generator, K., Elektro, T., Teknik, K., Brawijaya, U., & Teknik, F. (2018). *Perancangan dan simulasi penerapan pengendali pid pada sistem kendali tegangan keluaran generator pesawat n219 di pt. dirgantara indonesia.*
- Haryanto, H., & Hidayat, S. (2016). Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(2), 58. <https://doi.org/10.36055/setrum.v1i2.476>
- Husen, A. (2022). *RANCANG BANGUN TEACHING AIDS PENGATURAN LEVEL DAN PRESSURE AIR DENGAN KENDALI PID MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1H LEVEL DAN PRESSURE AIR DENGAN KENDALI PID MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1H.*
- Khusniyah, M., Budi, E. S., & Safitri, H. K. (2021). Sistem Kendali Pid Menggunakan Plc Cp1H Dan Hmi Pada Aplikasi Miniplant Tekanan Udara. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(3), 229. <https://doi.org/10.33795/elk.v8i3.266>
- Mugono, S., & Musyaha, G. (2021). Rancang Bangun Trainer Kendali Berbasis Plc Mitsubishi Fx3U 24 Mr Di Watussalam Textile. *Jurnal Cahaya Bagaskara*, 6(1), 10–19.
- Muid, A. (2015). *Prosiding Semirata2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak Hal 230-238 PENGEMBANGAN SENSOR JARAK GP2Y0A02YK0F UNTUK MEMBUAT ALAT PENGUKUR KETINGGIAN PASANG SURUT (PASUT) AIR LAUT DEVELOPMENT OF THE DISTANCE SENSOR GP2Y0A02YK0F Pr. 230–238.*
- Nawawi, I. (2010). *Menentukan Fungsi Alih Motor Dc Dengan Program Matlab* (Vol. 33, Issue 1, pp. 99–111).
- P. M. Wibowo. (2009). Kontrol PID untuk Mengatur Lebih dari Satu Variabel pada Pemodelan Heater. *Repository.Usd.Ac.Id.* https://repository.usd.ac.id/29175/2/045114058_Full.pdf
- Rezaputra, M. D. D., & Cahyono, M. R. A. (2021). Perancangan Sistem Kontrol Otomatis Press Roll Berbasis PLC Mitsubishi Type-Q Pada Building Tire Machine. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 3(2), 92–101. <https://doi.org/10.26740/inajet.v3n2.p92-101>
- Saputra, I., Hakim, L., & S, S. R. (2013). *106-Article Text-139-1-10-20140704 (1).*
- Wardhana, D. W., Wahyudi, A., & Nurhadi, H. (2016). Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-Gun Kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 512–516. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18110>

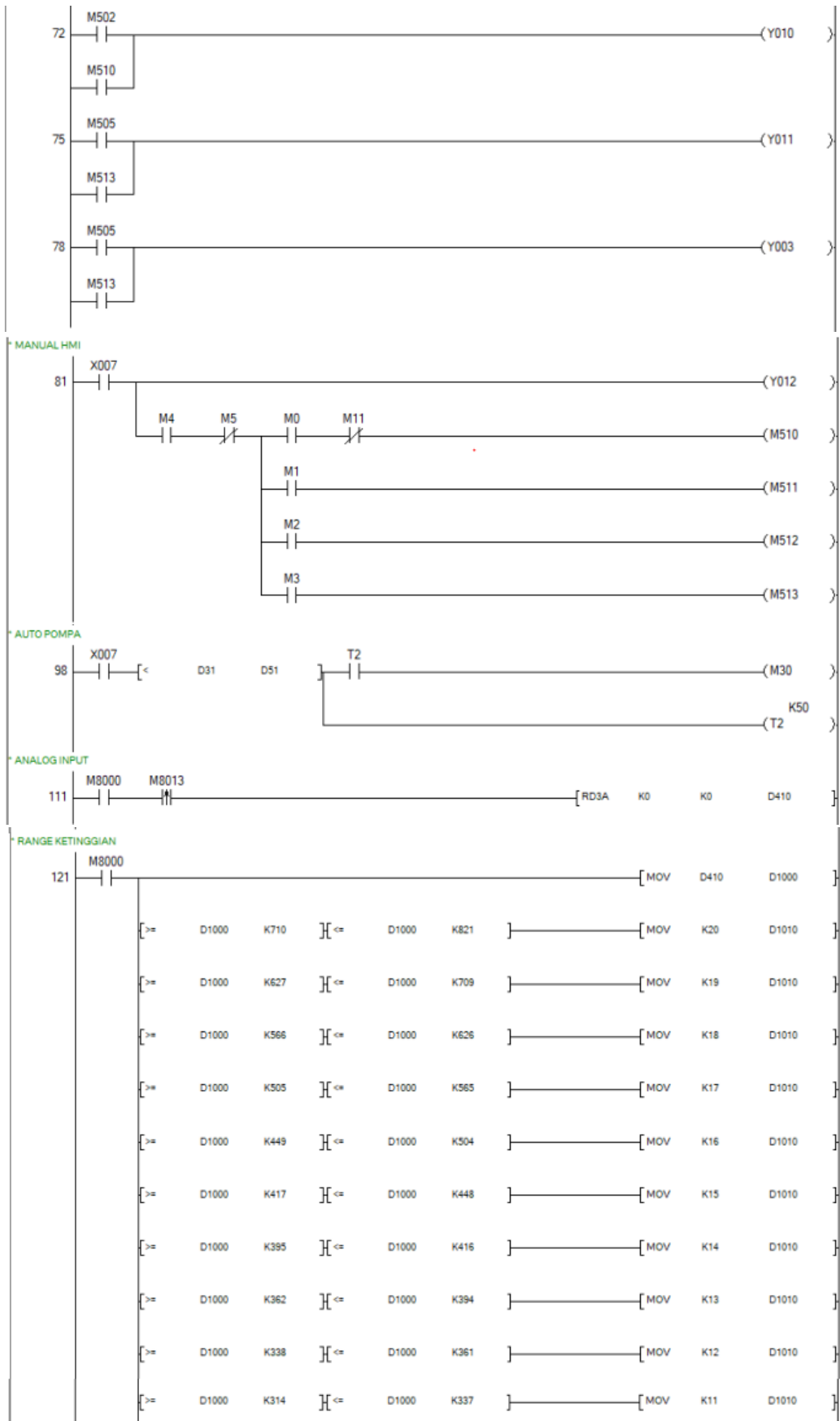
LAMPIRAN

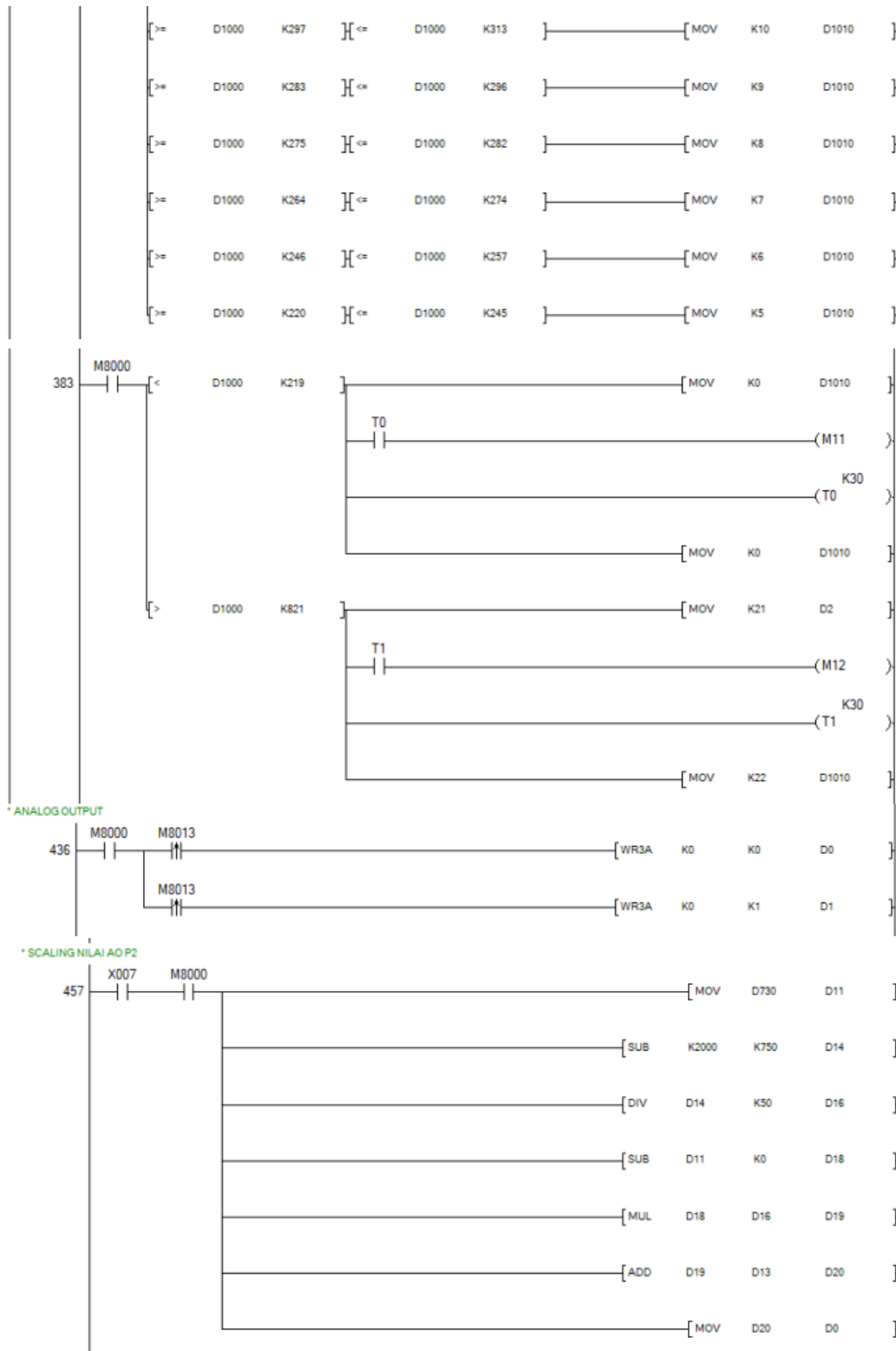
Lampiran 1. Drawing kelistrikan alat

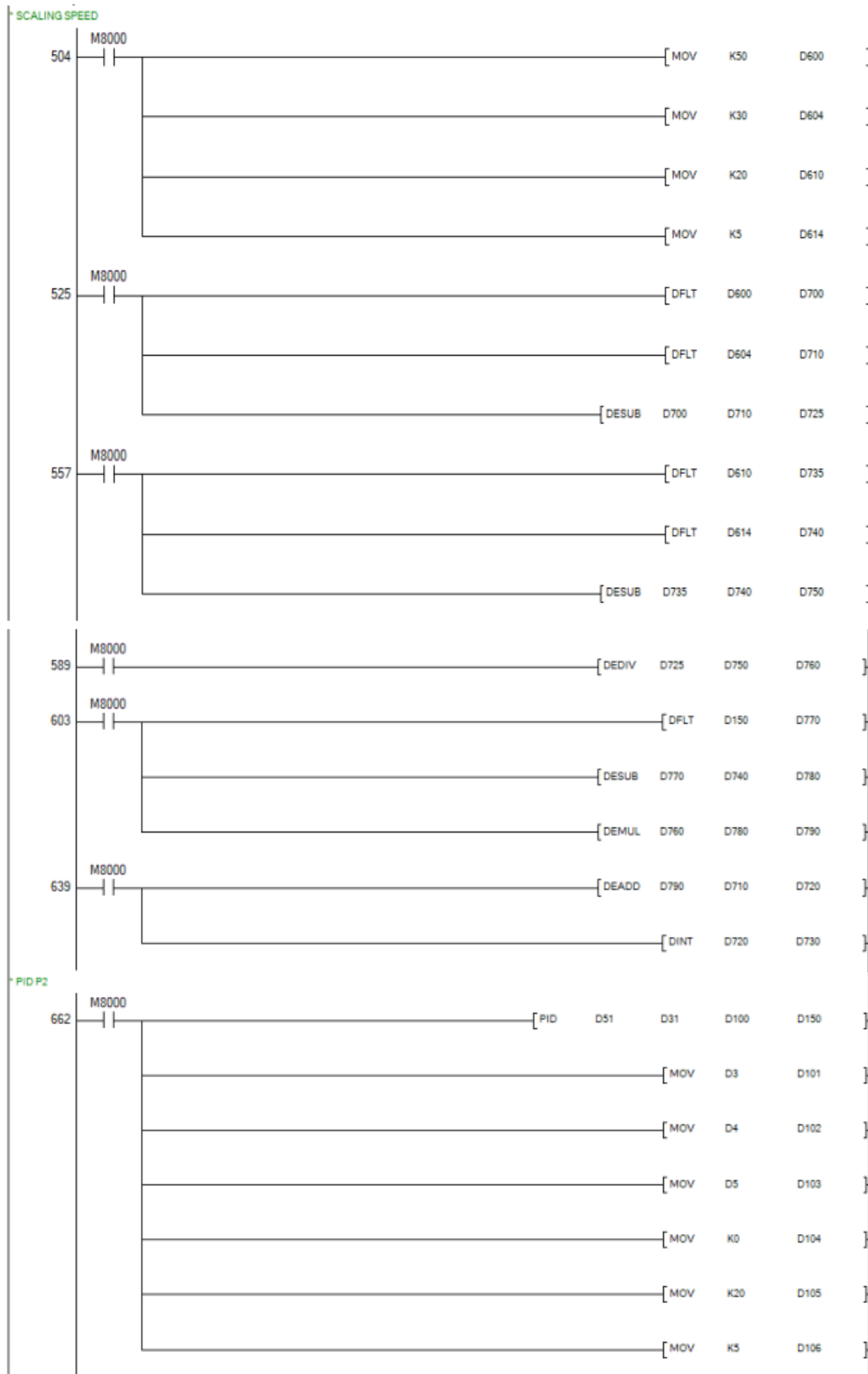


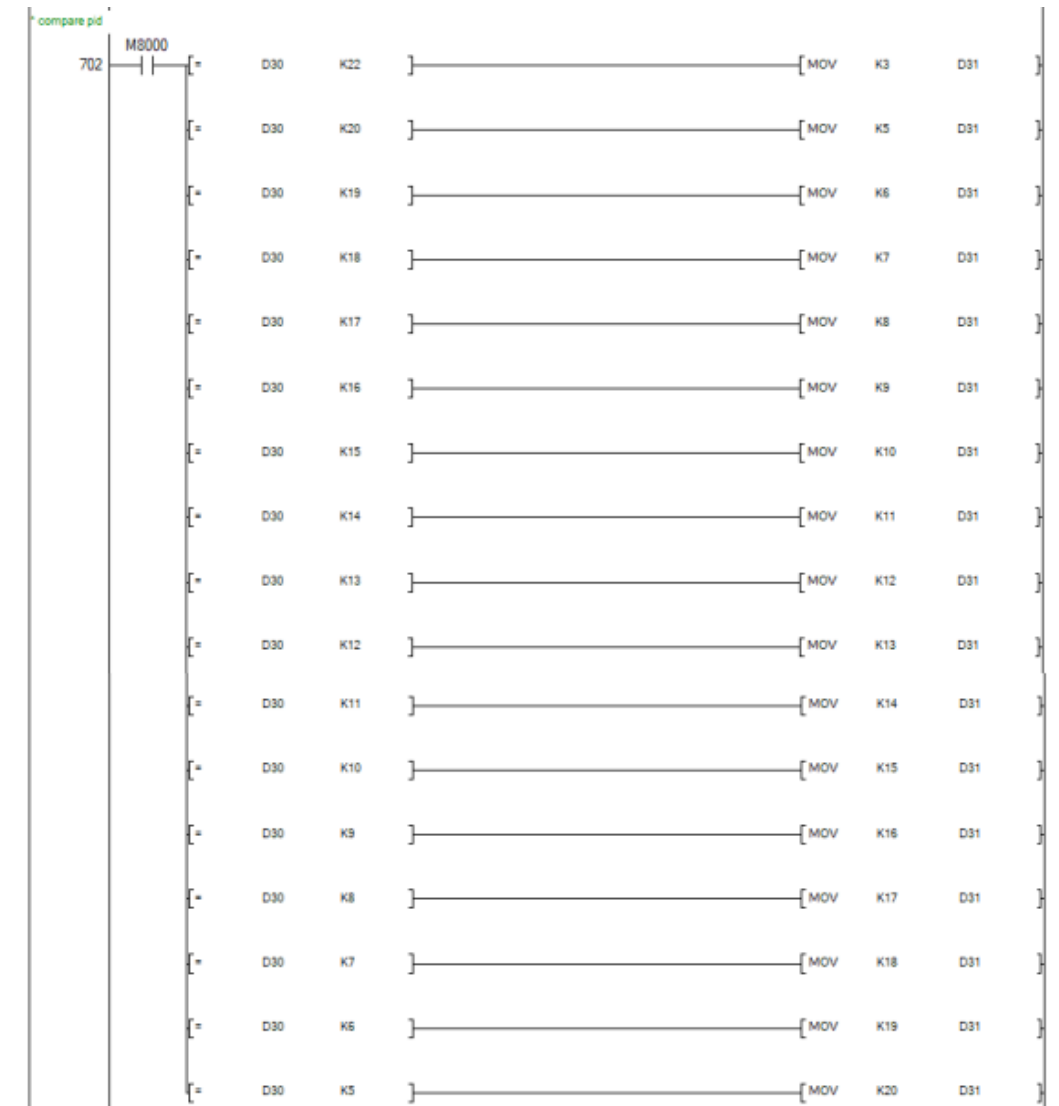
Lampiran 2. Lampiran Program PLC FX3U 24MR



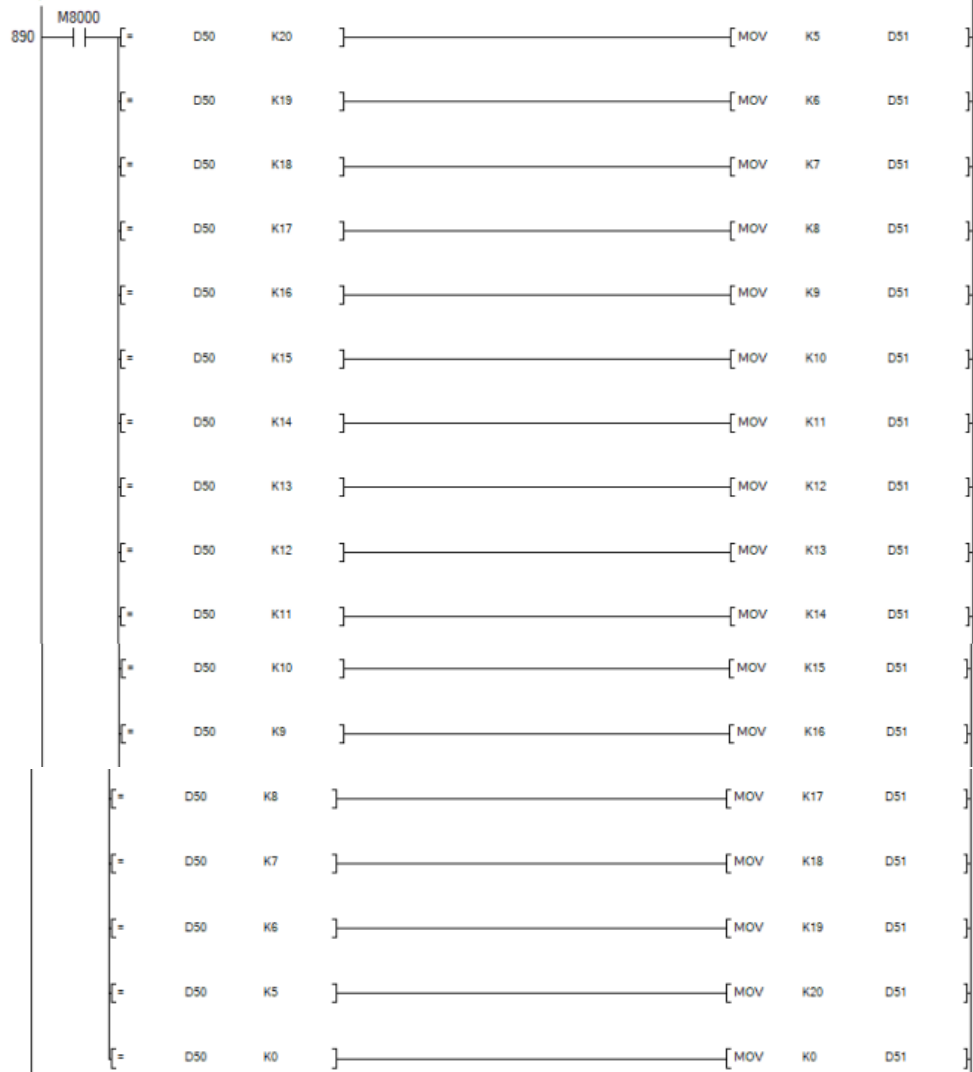




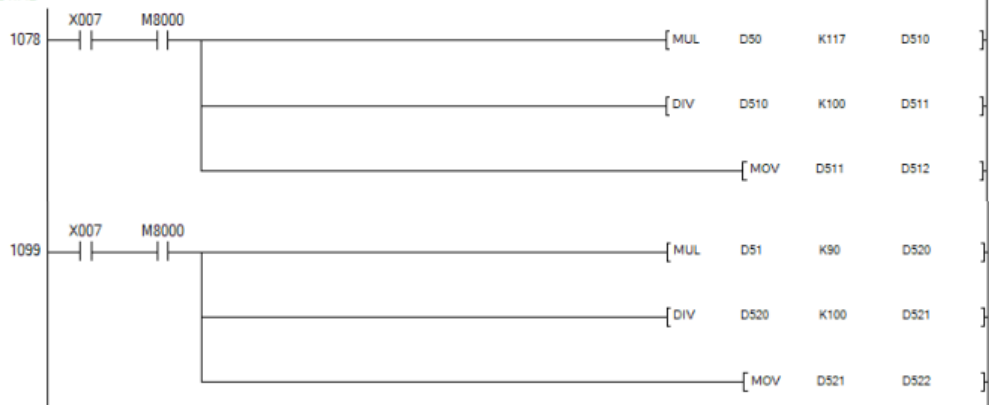


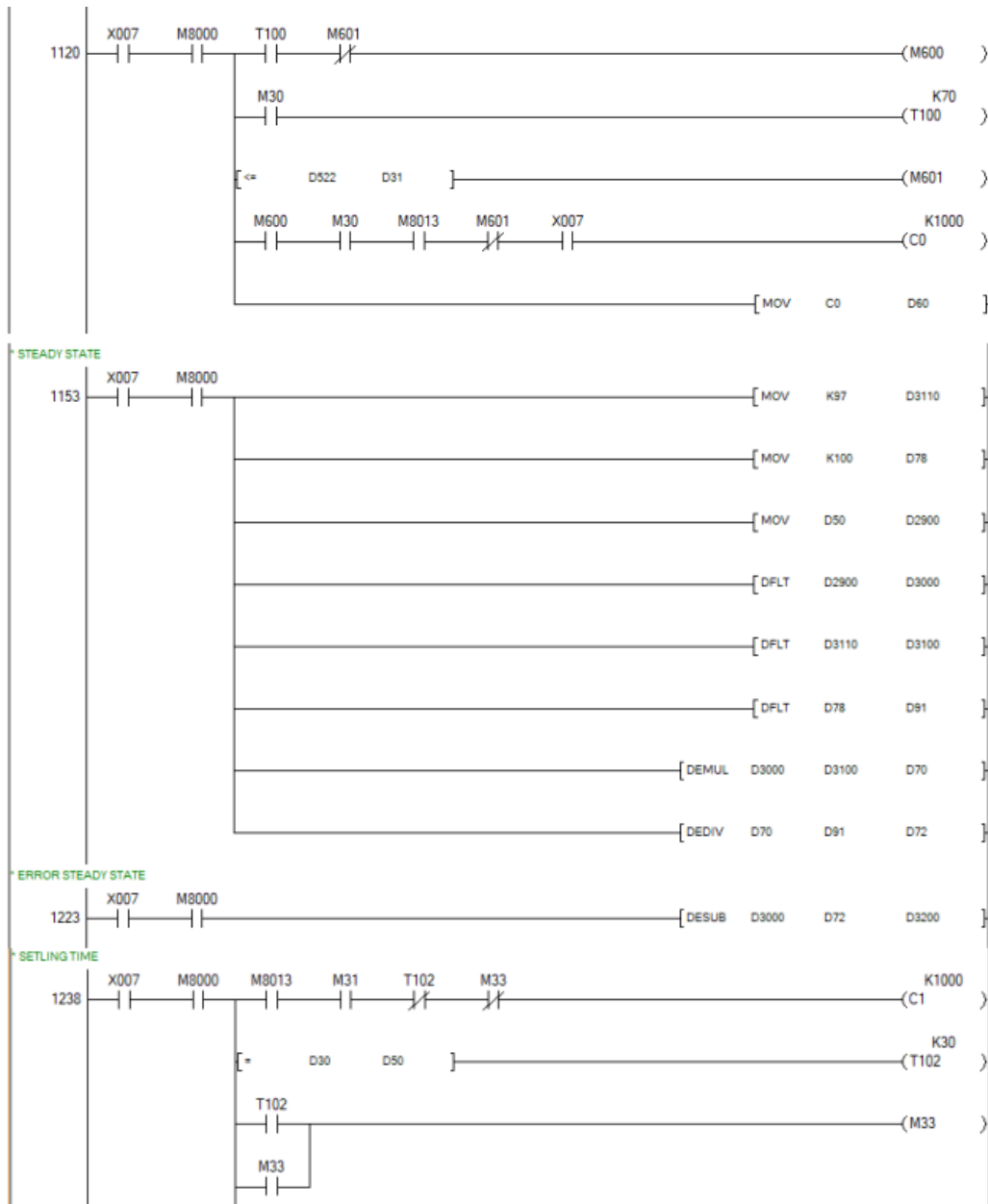


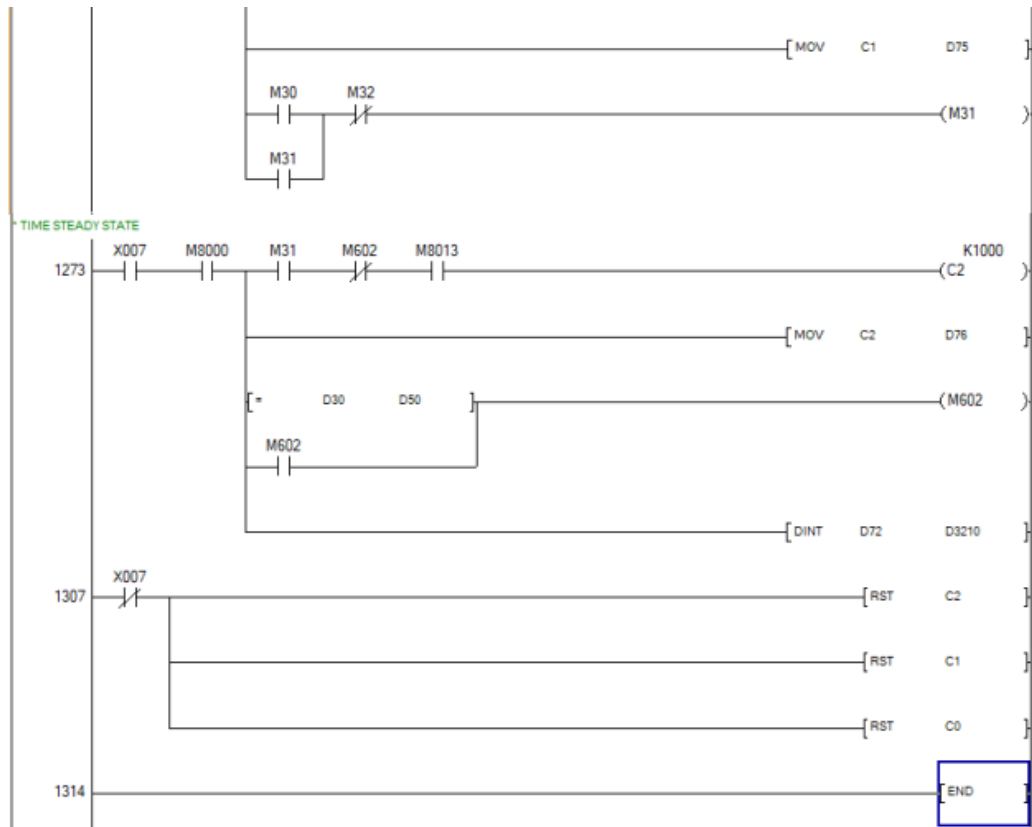
* compare set point



RISE TIME







Lampiran 3. Hasil Turnitin

Dicky Rudiansyah - Perancangan Pengendali Ketinggian Air Berbasis HMI (Human Machine Interface) System dan PLC (Programmable Logic Controller)

ORIGINALITY REPORT

20%	19%	6%	7%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.ub.ac.id Internet Source	3%
2	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	1%
3	ejurnal.its.ac.id Internet Source	1%
4	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%
5	repository.usd.ac.id Internet Source	1%
6	repository.pnj.ac.id Internet Source	1%
7	www.researchgate.net Internet Source	1%
8	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	1%

gemawiralodra.unwir.ac.id

9	Internet Source	<1 %
10	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
11	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1 %
12	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
13	123dok.com Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
15	eprints.umk.ac.id Internet Source	<1 %
16	elkolind.polinema.ac.id Internet Source	<1 %
17	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
18	repository.uhamka.ac.id Internet Source	<1 %
19	repository.telkomuniversity.ac.id Internet Source	<1 %
20	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %

21	idoc.pub Internet Source	<1 %
22	Submitted to Durban University of Technology Student Paper	<1 %
23	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
24	ejournal.unuja.ac.id Internet Source	<1 %
25	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
26	electrician.unila.ac.id Internet Source	<1 %
27	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
28	adoc.pub Internet Source	<1 %
29	media.neliti.com Internet Source	<1 %
30	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
31	siddix.blogspot.com Internet Source	<1 %
32	tridohardaniputra.blogspot.com	

	Internet Source	<1 %
33	www.hcpackingmachine.com Internet Source	<1 %
34	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
35	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
36	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
37	Submitted to Universitas Negeri Semarang Student Paper	<1 %
38	Submitted to University of Edinburgh Student Paper	<1 %
39	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
40	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
41	anisnursanti009.blogspot.com Internet Source	<1 %
42	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
43	spada.uns.ac.id Internet Source	<1 %

44	perkembanganpltu.blogspot.com Internet Source	<1 %
45	docplayer.info Internet Source	<1 %
46	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
47	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
48	pdfs.semanticscholar.org Internet Source	<1 %
49	repository.upbatam.ac.id Internet Source	<1 %
50	chepdyarina.blogspot.com Internet Source	<1 %
51	editorarealize.com.br Internet Source	<1 %
52	ejournal.unp.ac.id Internet Source	<1 %
53	jurnal.polinema.ac.id Internet Source	<1 %
54	otomasi.untidar.ac.id Internet Source	<1 %
55	www.neliti.com Internet Source	<1 %

56 Heru Dibyo Laksono, Fina Retno Ningsih, Fitrilina. "Simulasi dan Analisa Sistem Kendali Frekuensi Tenaga Listrik Dengan Pilot Servo dan Kombinasi Pengendali Model Standar (Model Hidraulik)", JURNAL AMPLIFIER : JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER, 2023 <1%
Publication

57 repository.its.ac.id <1%
Internet Source

58 vinozashalsabila183027.blogspot.com <1%
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Lampiran 4. Hasil Revisi Sidang

**LEMBAR REVISI SIDANG SKRIPSI ONLINE
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA UHAMKA**

Report Status Kekhusan Mahasiswa Sidang

Name : DIOKY RUDIANSYAH
 Mahasiswa :
 NIM : 1803025014
 Prodi : Teknik Elektro
 Tanggal Sidang : 2023-11-25 10:30:00
 Nama Pembimbing : Harry Ramza, Ph.D.
 Judul Skripsi : Perancangan Pengendali Ketinggian Air Berbasis HMI (Human Machine Interface) System dan PLC (Programmable Logic Controller)

No	Catatan		
Validasi Revisi	Nama Dosen	Tanggal Revisi	Paraf
Ketua Sidang	Dr. Dwi Astuti Cahyasiwi, ST., MT.	30 November 2023	<i>[Signature]</i>
Pembimbing-1	Harry Ramza, Ph.D.	30 November 2023	<i>[Signature]</i>
Pembimbing-2	Rosalina, ST., MT.	30 November 2023	<i>[Signature]</i>
Penguji-1	Dr. Dwi Astuti Cahyasiwi, ST., MT.	30 November 2023	<i>[Signature]</i>
Penguji-2	Kun Fayakun, ST., MT.	30 November 2023	<i>[Signature]</i>

Selanjutnya, yang bersangkutan harus segera menyelesaikan permasalahan sehubungan dengan skripsi ini, selambat-lambatnya 7 (tujuh) hari setelah tanggal pelaksanaan sidang.

Apabila revisi telah selesai dan mendapatkan approval (penguji, pembimbing, Kaprodi dan Dekan), maka tuliskan (Skripsi, Jurnal) dan Program dikumpulkan dalam bentuk CD diberi label sebanyak 3 buah (lengkap) dan hardcover (Fakultas/Perpustakaan, Pembimbing dan Program Studi)

Berkas disusun sesuai petunjuk dan tanda tangan setiap berkas Asli, untuk softcopy dilampirkan hasil pemindaian / scanning.

Batas Akhir Revisi (hh/bb/tttt)

Batas Akhir Pengumpulan Berkas dan CD (Skripsi, Jurnal)..... (hh/bb/tttt)

Wassalamu'alaikum wa Rohmatullahi wa Barokaatuh,