



TUGAS AKHIR – TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM SAFETY LEVEL
PADA PROSES CONTROL PLANT BERBASIS PLC**

**TRIA NAILUL MUNA
NRP. 2413031038**

**DOSEN PEMBIMBING
HERRY JOESTIONO, S.T, M.T
NIP. 19531116 198003 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



FINAL PROJECT – TF145565

**LEVEL SAFETY SYSTEM DESIGN PROCESS
CONTROL PLANT BASED ON PLC**

**TRIA NAILUL MUNA
NRP. 2413031038**

**ADVISOR
HERRY JOESTIONO, S.T, M.T
NIP. 19531116 198003 1 001**

**STUDY PROGRAM D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**



TUGAS AKHIR – TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM SAFETY LEVEL
PADA PROSES CONTROL PLANT BERBASIS PLC**

**TRIA NAILUL MUNA
NRP. 2413031038**

**DOSEN PEMBIMBING
HERRY JOESTIONO, S.T, M.T
NIP. 19531116 198003 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM SAFETY LEVEL PADA PROSES CONTROL PLANT BERBASIS PLC

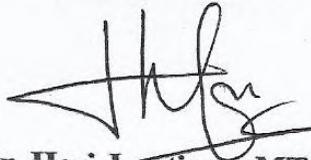
TUGAS AKHIR

Oleh :

TRIA NAILUL MUNA
NRP. 2413 031 038

Surabaya, 13 Juni 2016
Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Heri Joestiono, MT
NIP. 19531116 198003 1 001

Ketua Jurusan

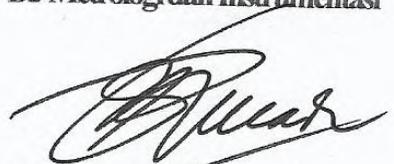
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hary, ST, MSi, Ph.D
NIP. 197309022003121002

Ketua Program Studi

D3 Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

RANCANG BANGUN SISTEM SAFETY LEVEL PADA PROSES CONTROL PLANT BERBASIS PLC

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
TRIA NAILUL MUNA
NRP. 2413 031 038

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Heri Joestiono, MT  (Pembimbing)
2. Dr.Ir. Purwadi AD, M.Sc.  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Yaumar, MT (Penguji I)
4. Hendra Cordova, ST.MT  (Penguji II)
5. Ir. Tutug Danardono, MT  (Penguji III)
6. Murry Raditya, ST.MT  (Penguji IV)

SURABAYA 13 JUNI, 2016

RANCANG BANGUN SISTEM SAFETY LEVEL PADA PROSES CONTROL PLANT BERBASIS PLC

Nama : Tria Nailul Muna
NRP : 2413031038
Program Studi : D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI - ITS
Pembimbing : Ir. Heri Joestiono, MT

ABSTRAK

Perkembangan teknologi khususnya bidang *building automation system* atau sistem yang dikendalikan secara otomatis sudah cukup pesat. Sebagai contoh pada pembuatan plan ini yang digunakan sebagai modul belajar PLC adalah pengendalian *level*. Untuk mempermudah proses controlling dalam sebuah *plant* dibutuhkan sensor atau alat yang berguna untuk mempermudah pekerjaan sebagai *indicator* atau sebagai *controller* pada plan tersebut. Seperti pada *plant* pengendalian *level* ini digunakan salah satu macam dari sensor *level* yaitu sensor *float switch*. Sensor *float switch* ini bekerja secara on atau off. Dalam proses controlling level ini digunakan PLC yang bekerja sebagai controller. PLC adalah latelektronik yang digunakan untuk menggantikan relay yang digunakan pada kendali konvensional. Karakteristik sensor *Float switch* yang didapatkan pada eksperimen adalah Range 50 Psi-150 Psi, Span 100 Psi, Resolusi 0,01, Sensitivitas 0,995.

Kata Kunci : *Controller, float switch, PLC*

LEVEL SAFETY SYSTEM DESIGN PROCESS CONTROL PLANT BASED ON PLC

Nama : TriaNailulMuna
NRP : 2413031038
Program Studi : D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI - ITS
Pembimbing : Ir. HeriJoestiono, MT

ABSTRACT

Technological developments especially in the field of building automation system or a system that is controlled automatically already quite rapidly. For example in the manufacture of this plan is used as a learning module PLC is the control level. To simplify the process of controlling the plan required a sensor or a useful tool to facilitate the work as an indicator or as a controller on the plan. As at this level of control plan to use one kind of sensor that level float switch sensor. The float switch sensors work on or off. In the process of controlling these levels is used PLC that works as a controller. PLC is an electronic device used to replace relays are used in conventional control. Float switch sensor characteristics obtained in the experiment is Range50-150 Psi PsiPsi Span100, Resolution 0.01, 0.995 Sensitivity.

Keywords : *Controller, Float switch, PLC*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi khususnya bidang *building automation system* atau suatu sistem yang dikendalikan secara otomatis sudah cukup pesat. Sebagai contoh, suatu sistem pengendalian suhu, tekanan, aliran dan *level* masih dikendalikan secara manual yaitu menggunakan tenaga manusia dan berpacu pada indera manusia itu sendiri kemudian berkembang menjadi otomatis dan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai kontrollernya. Seiring berkembangnya teknologi, sistem pengendalian suhu, tekanan, aliran dan level secara otomatis berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) mulai diminati oleh industri-industri besar dalam proses produksinya. Industri di Indonesia telah banyak menggunakan plc untuk mempermudah kerjasebagai contoh, penerapannya meliputi berbagai jenis industri mulai dari industri rokok, otomotif, petrokimia, kertas, bahkan sampai pada industri tambang, misalnya padapengendalian turbin gas dan unit industri lanjutan hasil pertambangan. Kemudahan transisi dari sistem kontrol sebelumnya (misalnya dari sistem kontrol berbasis relay mekanis) dan kemudahan trouble-shooting dalam konfigurasi sistem merupakan dua faktor utama yang mendorong populernya PLC ini.

Pada program studi d3 metrologi dan instrumentasi terdapat mata kuliah PLC. Dalam mata kuliah PLC ini membahas tentang penggunaan PLC untuk pengendalian sistem dan bagaimana cara pengoperasiannya. Dalam mata kuliah ini terdapat praktikum dan masih sedikit modul-modul praktikum yang telah dibuat dan juga harganya yang terbilang mahal. Menindaklanjuti dari keadaan ini dengan merancang dan

membangun sebuah modul praktikum PLC yaitu berupa sistem pengendalian suhu berbasis PLC. Maka dari itu tugas akhir ini diberikan judul “ Rancang Bangun safety level Pada Process Control Plant Berbasis PLC”.

1.2 Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini permasalahan yang diangkat adalah

- Bagaimana membuat sistem *safety level* pada process *control plant* pada software cublock?
- Bagaimana membuat sistem elektrik pada sistem control level ?

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah

- Fokus tugas akhir ini membahas tentang Sistem pengendalian *Level* Pada *Process Control Plant* berbasis PLC Sebagai Modul Praktikum di Jurusan Teknik Fisika.
- Menggunakan sensor float switch untuk mengetahui nilai high dan low untuk aliran

1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah

1. Dapat membuat sistem pengendalian *Level* Pada *Process Control Plant* berbasis PLC Sebagai Modul Praktikum di Jurusan Teknik Fisika.
2. Dapat membuat sistem control dengan menggunakan *software cublock*.

1.5 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan penyelesaian tugas akhir yang direncanakan, maka perlu dilakukan suatu langkah-langkah dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur, dalam merealisasikan tugas akhir ini tentu dibutuhkan referensi yang meliputi pengetahuan dasar tentang sistem perancangan dan pembuatan Rancang Bangun Pengendalian *Level* Pada *Process Control Plant* berbasis *PLC* Sebagai Modul Praktikum di Jurusan Teknik Fisika.
- Membuat pemrograman untuk pengendalian level menggunakan software yang ada.
- Pembuatan sistem dari Rancang Bangun Pengendalian Level Pada *Process Control Plant* berbasis *PLC* Sebagai Modul Praktikum di Jurusan Teknik Fisika:
 - Membuat mekanik dari perancangan *hardware*.
 - Membuat rangkaian pembentuk sistem keseluruhan dari perancangan penulis.
 - Membuat sistem pengendalian level pada *process control plant* berbasis *PLC*.
 - Mengintegrasikan rangkaian dari alat ke *PLC* .
- Pengujian sistem dan analisa alat, pengujian dan analisis alat dilakukan untuk mengetahui cara kerja dan hasil dari proses monitoring serta pengambilan data.
- Penyusunan Laporan.
- Menyusun hasil teori dari pembuatan *hardware* dan *software*, analisa data dan kesimpulan dari data dan sistem yang ada.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika laporan.

Bab II TEORI PENUNJANG

Berisi tentang teori-teori dari sensor, teori, dan aplikasi yang digunakan dalam sistem monitoring.

Bab III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berisi tentang desain sistem pengendalian level yang meliputi sensor, kontroler, dan aplikasi.

Bab IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisa hasil desain sistem pengendalian Level Pada Process Control Plant berbasis PLC Sebagai Modul Praktikum di Jurusan Teknik Fisika.

Bab V PENUTUP

Berisi tentang hasil yang diperoleh dari analisis sistem, analisa data dan saran. Lampiran beserta daftar pustaka.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Sensor *Float Switch*

Prinsip di balik magnet, mekanik, kabel dan sensor tingkat melambung lainnya sering melibatkan pembukaan atau penutupan saklar mekanik, baik melalui kontak langsung dengan switch, atau operasi magnetic dari buluh. Dalam kasus lain, seperti sensor magnetostrictive, atau pemantauan terus menerus mungkin menggunakan prinsip float.

Dengan sensor mengambang magnetis ditekan, beralih terjadi ketika magnet permanen disegel di dalam pelampung naik atau turun ke tingkat aktuasi. Dengan pelampung mekanis digerakkan, beralih terjadi sebagai akibat dari gerakan pelampung terhadap miniature (miko) *switch*. Untuk kedua tingkat sensor magnetic mengambang dan mekanik, kompatibilitas kimia suhu berat jenis (*density*) daya apung, dan viskositas mempengaruhi pemilihan batang dan mengapung. Misalnya mengapung lebih besar dapat digunakan dengan caitan dengan berat jenis serendah 0,5 tetap mempertahankan daya apung. Pilihan bahan pelampung juga dipengaruhi oleh perubahan suhu yang disebabkan gravitasi dan viskositas spesifik-. Perubahan yang secara langsung mempengaruhi daya apung.

Float jenis sensor dapat dirancang sehingga perisai melindungi pelampung diri dari turbulensi dan gerakan gelombang. Sensor mengambang beroperasi dengan baik di berbagai cairan, termasuk korosif. Ketika digunakan untuk pelarut organik, bagaimanapun, satu akan perlu untuk memverifikasi bahwa cairan, lumpur

atau cairan yang mematuhi batang atau mengapung , atau bahan yang mengandung kontaminan seperti chip logam; teknologi penginderaan lainnya lebih cocok untuk aplikasi ini.



Gambar 2.1 Sensor *Floatswitch*

2.2 Perancangan PCB (*printed circuit board*)

Menurut Prihono (2009 H 3). PCB adalah tempat komponen dimana komponen –komponen tersebut diletakkan seperti diode, resistor dan komponen lainnya. PCB harus di proses menjadi jalur jalur yang dapat menghubungkan komponen-komponen agar membentuk rangkaian yang diinginkan. Proses pembuatan PCB dibagi menjadi tiga tahap

2.2.1 Pembuatan *Layout* PCB

Menurut Prihono (2009 H 4). Proses ini adalah langkah pertama didalam pembuatan PCB, dimana tata letak komponen harus dirancang terlebih dahulu agar nantinya komponen dapat dipasang teratur dan rapi.

2.2.2 Pembuatan Jalur PCB

Menurut Prihono (2009 H5). Perencanaan jalur-jalur pada software aplikasi proteus dalam pembuatan jalur PCB sesuai dengan tata letak komponen, hubungan dibuat sesingkat mungkin dan sedapat mungkin dihindari penggunaan kabel penghubung. Jika perencanaan jalur-jalur sudah jadi maka rangkaian itu di print pada kertas foto.

2.2.3 Proses Pembuatan

Menurut Prihono (2009 H 6). Dalam proses pembuatan PCB ada beberapa langkah yang dapat dilakukan, hal pertama yang dilakukan adalah lapisan tembaga dibersihkan dengan menggunakan bahan pembersih sehingga permukaan bebas dari debu dan bahan lemak yang melekat. Pola yang telah dibuat pada kertas dipindahkan ke permukaan PCB.

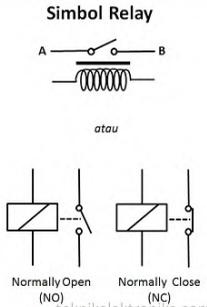
2.2.4 Pelapisan dan Pemasangan Komponen

Menurut Prihono (2009 H 7). Dalam pelapisan dan pemasangan komponen yang pertama sisi jalur tersebut benar - benar bersih, kemudian jalur PCB dipoleskan lotfet. Jalur yang telah dipoles lalu dilapisi dengan timah tipis secara merata kemudian pemasangan komponen dapat dilakukan.

2.3 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian *pendriver* atau pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Relay terbagi atas 2 bagian utama yaitu electromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak aklar atau switch). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar

sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan electromagnet 5v dan 50mA mampu menggerakkan armature relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220v 2A.



Gambar 2.2 Simbol Relay

2.4 Resistor

Sebuah resistor disebut dengan werstan, tahanan atau penghambat, adalah suatu komponen elektronik yang dapat menghambat gerak lajunya arus listrik. Resistor disingkat dengan huruf “R” (huruf R besar). Satuan resistor adalah ohm, yang menemukan adalah George Ohm (1787-1854), seorang ahli fisika bangsa Jerman. Tahanan bagian dalam ini dinamai konduktansi. Satuan konduktansi ditulis dengan kebalikan dari ohm yaitu mho. Kemampuan resistor untuk menghambat disebut juga resistansi atau hambatan listrik. Besarnya diekspresikan dalam satuan Ohm. Suatu resistor dikatakan memiliki hambatan 1 Ohm apabila resistor tersebut menjembatani beda tegangan sebesar 1 volt dan arus listrik yang timbul akibat tegangan tersebut adalah sebesar 1 ampere, atau sama dengan sebanyak 6.241506×10^{18} elektron per 1 detik mengalir menghadap arah yang berlawanan dari arus. Gelang warna pada resistor biasanya memiliki 4

gemang warna, gelang pertama dan kedua menunjukkan angka, gelang ketiga dan ke empat menunjukkan toleransi hambatan. Pertengahan tahun 2006, perkembangan pada komponen resistor terjadi pada jumlah gelang warna dengan komposisi : gelang pertama (angka pertama), gelang kedua (angka kedua), gelang ketiga (angka ketiga), gelang keempat (multiplier) dan gelang kelima (toleransi). Berikut gelang warna dimulai dari warna hitam, coklat, merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu (violet), abu-abu sedangkan untuk gelang toleransi hambatan adalah coklat 1% merah 2% hijau 0,5% Biru 0,25% Ungu 0,1 % dan perak 0%.

Warna	Nilai	faktor pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	
Kuning	4	10.000	
Hijau	5	100.000	
Biru	6	10^6	
Violet	7	10^7	
Abu-abu	8	10^8	
Putih	9	10^9	
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

Gambar 2.3 Gambar Tabel Gelang Warna Resistor

2.5 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, pemotong, (swicthing), stabilisasi tegangan , modulasi sinyal atau fngsi lain nya.

Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET) memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sir



Gambar 2.4 Transistor

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal. Tegangan atau arus yang dipasang di satu terminalnya mengontrol arus yang lebih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog meliputi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya. Transistor yang digunakan dalam rangkaian ini adalah MOSFET yang termasuk transistor unipolar. MOSFET memiliki impedansi masukan (gate) yang sangat tinggi (hampir tak terhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka

dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar. kuit sumber listriknya.

2.6 Programmable Logic Controller (PLC)

2.6.1 Pengertian Programmable Logic Controller (PLC)

Pada masa ini perusahaan industri berharap bisa menghasilkan jumlah produksi yang maksimal dengan penekanan jumlah pekerja supaya lebih efisien. Maka perusahaan industry memerlukan sistem kontrol otomatis yang akan membantu untuk meningkatkan jumlah produksi mereka tanpa harus mempekerjakan lebih banyak pegawai sehingga proses produksi akan menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu peralatan otomatis yang saat ini banyak diganakan adalah PLC. PLC merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan *relay* yang digunakan pada kendali konvensional. PLC bekerja dengan cara mendeteksi masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai dengan yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (*logic*, 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program yang kemudian program tersebut akan dijalankan oleh PLC .



Gambar 2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

Dengan kata lain, PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati dan sesuai dengan perintah yang telah disimpan dalam memori. Beda PLC dan *relay* yaitu nomor kontak *relay* (NC atau NO) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua instruksi dasar selain instruksi *output*. Jadi dalam suatu pemrograman PLC tidak diijinkan menggunakan *output* dengan nomor kontak yang sama. Keistimewaan PLC dibandingkan dengan sistem kendali konvensional adalah seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

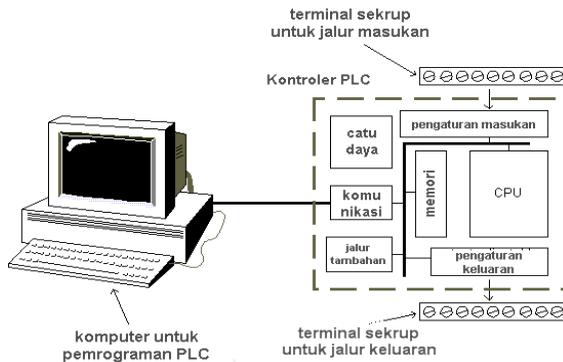
Sistem <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC)	Sistem kendali konvensional
1) <i>Wiring</i> relatif sedikit	1) <i>Wiring</i> relatif kompleks
2) <i>Maintenance</i> relatif mudah	2) <i>Maintenance</i> membutuhkan waktu yang lebih lama
3) Pelacakan kesalahan sistem lebih sederhana	3) Pelacakan kesalahan sistem sangat kompleks
4) Konsumsi daya relatif rendah	4) Konsumsi daya relatif tinggi
5) Dokumentasi gambar sistem lebih sederhana dan mudah dimengerti	5) Dokumentasi gambar lebih banyak
6) Modifikasi sistem lebih sederhana	6) Modifikasi sistem lebih kompleks

Gambar 2.5 Tabel perbedaan PLC dengan Sistem Kendali Konvensional.

2.6.2. Komponen *Programmable Logic Controller*

PLC sesungguhnya merupakan system mikrokontroler khusus untuk industri, artinya seperangkat perangkat lunak dan keras yang diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia

industri. Elemen-elemen dasar sebuah PLC ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.5 Komponen Dasar PLC

➤ *Central Processing Unit (CPU)*

Unit pengolahan pusat atau CPU merupakan otak dari sebuah kontroler PLC . CPU itu sendiri merupakan sebuah mikrokontroler (versi mini mikrokomputer lengkap). Pada awalnya merupakan sebuah mikrokontroler 8-bit, namun saat ini bisa merupakan mikrokontroler 16 atau 32-bit. CPU ini juga menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkoneksi antar bagianbagian internal PLC , eksekusi program, manajemen memori, mengawasi atau mengamati masukan dan memberikan sinyal kekeluaran (sesuai dengan proses atau program yang dijalankan). Kontroler PLC memiliki suatu rutin kompleks yang digunakan

untuk memeriksa memori agar dapat dipastikan memori PLC tidak rusak, hal ini dilakukan karena alasan keamanan. Hal ini bisa dijumpai dengan adanya indikator lampu pada bagian badan PLC sebagai indikator terjadinya kesalahan atau kerusakan.

➤ **Memori**

Memori sistem digunakan oleh PLC untuk sistem kontrol proses. Selain berfungsi untuk menyimpan sistem operasi, juga digunakan untuk menyimpan program yang harus dijalankan, dalam bentuk biner, hasil terjemahan diagram tangga yang dibuat oleh pengguna atau pemrogram. Isi dari memori *flash* tersebut dapat berubah bahkan dapat juga dikosongkan atau dihapus, jika memang dikehendaki seperti itu. Tetapi yang jelas, dengan penggunaan teknologi *flash*, proses penghapusan dan pengisian kembali memori dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Pemrograman PLC biasanya dilakukan melalui kanal sebuah komputer yang bersangkutan. 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 dan keluaran disimpan sebagai logika atau bilangan '0' dan '1' (dalam lokasi bit tertentu). Masingmasing masukan dan keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori. Sedangkan bagian lain dari memori digunakan dalam program yang dituliskan. Misalnya, nilai pewaktu atau pencacah bisa disimpan dalam bagian memori.

➤ **Pemrograman PLC**

Kontroler PLC dapat diprogram melalui komputer, tetapi juga bias diprogram melalui program manual, yang biasa disebut dengan konsol (*console*). Untuk keperluan ini dibutuhkan perangkat lunak, yang biasanya tergantung pada produk PLC -nya. Dengan kata lain, masing-masing produk PLC membutuhkan perangkat lunak sendiri-sendiri. Hampir semua produk perangkat lunak untuk memprogram PLC memberikan kebebasan berbagai macam pilihan seperti memaksa saklar (masukan atau keluaran) bernilai ON atau OFF, melakukan pengawasan program secara *real-time*, termasuk pembuatan dokumentasi diagram tangga yang bersangkutan. Dokumentasi diagram tangga ini diperlukan untuk memahami program sekaligus dapat digunakan untuk pelacakan kesalahan. Pemrograman dapat memberikan nama pada piranti masukan maupun keluaran, komentar-komentar pada blok diagram dan lain sebagainya. Dengan pemberian dokumentasi maupun komentar pada program, maka akan mudah nantinya dilakukan pembenahan (perbaikan atau modifikasi) program dan pemahaman terhadap kerja program diagram tangga tersebut.

➤ **Catu Daya PLC**

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya keseluruhan bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 V DC atau 220 V AC. Beberapa PLC catu dayanya terpisah (sebagai modul tersendiri). Yang demikian biasanya merupakan PLC besar, sedangkan untuk PLC medium dan kecil, catu dayanya sudah menyatu. Pengguna harus menentukan berapa besar arus yang diambil dari modul keluaran/masukan untuk memastikan catu daya yang bersangkutan menyediakan

sejumlah arus yang memang dibutuhkan. Tipe modul yang berbeda menyediakan sejumlah besar arus listrik yang berbeda. Catu daya listrik ini biasanya tidak digunakan untuk memberikan catu daya langsung ke masukan maupun keluaran, artinya masukan dan keluaran murni. merupakan saklar (baik murni maupun *optoisolator*). Pengguna harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC . Cara seperti ini akan menyelamatkan PLC dari kerusakan yang diakibatkan oleh lingkungan industri dimana PLC digunakan karena adanya catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

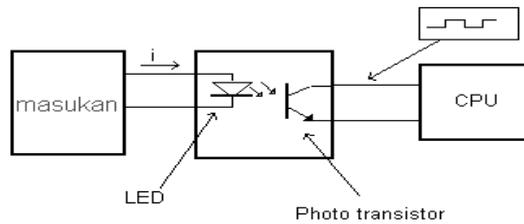
➤ **Masukan-masukan PLC**

Kecanggihan sistem otomasi sangat bergantung pada kemampuan sebuah PLC untuk membaca sinyal dari berbagai jenis sensor dan piranti-piranti lainnya. Untuk mendeteksi proses atau kondisi atau status suatu keadaan atau proses yang sedang terjadi. Misalnya, berapa cacah barang yang sudah diproduksi, ketinggian permukaan air, tekanan udara dan lain sebagainya, maka dibutuhkan sensor-sensor yang tepat untuk masing-masing kondisi atau keadaan yang akan dideteksi tersebut. Dengan kata lain, sinyal-sinyal masukan tersebut dapat berupa *logic* (ON atau OFF) maupun analog. PLC kecil biasanya hanya memiliki jalur masukan digital saja sedangkan yang besar mampu menerima masukan analog melalui unit khusus yang terpadu dengan PLC -nya. Salah satu analog yang sering dijumpai adalah sinyal arus 4 hingga 20 mA (atau mV) yang diperoleh dari berbagai macam sensor.

➤ **Pengaturan atau Antarmuka Masukan**

Antar muka masukan berada diantara jalur masukan yang sesungguhnya dengan unit CPU. Tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-

sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU itu sendiri. Modul antar muka masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar kesinyal-sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU yang bersangkutan (misalnya, masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24 V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5 V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU). Hal ini dengan mudah bisa dilakukan menggunakan rangkaian *optoisolator*.



Gambar 2.6 Rangkaian antarmuka masukan PLC

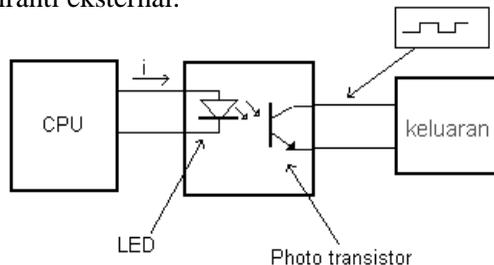
- Penggunaan optoisolator artinya tidak ada hubungan kabel sama sekali antara dunia luar dengan unit CPU. Secara ‘optik’ dipisahkan, atau dengan kata lain, sinyal ditransmisikan melalui cahaya. Kerjanya sederhana, piranti eksternal akan memberikan sinyal untuk menghidupkan LED (dalam optoisolator), akibatnya *phototransistor* akan menerima cahaya akan menghantarkan arus (ON), CPU akan melihatnya sebagai logika nol (catu antara kolektor dan emitor drop dibawah 1 volt). Begitu juga sebaliknya, saat sinyal masukan tidak ada lagi, maka LED akan mati dan *phototransistor* akan berhenti menghantar (OFF), CPU akan melihatnya sebagai logika satu

➤ **Keluaran - keluaran PLC**

Sistem otomatisasi tidak akan lengkap jika tidak ada fasilitas keluaran untuk menghubungkan dengan alat-alat *eksternal* (yang dikendalikan). Beberapa alat atau piranti yang sering digunakan adalah motor, solenoid relai, lampu indikator dan lain sebagainya. Keluaran ini dapat berupa analog maupun digital. Keluaran analog bertingkah seperti sebuah saklar, menghubungkan dan memutuskan jalur. Keluaran analog digunakan untuk menghasilkan keluaran analog (misalnya, perubahan tegangan untuk pengendalian motor secara regulasi linier sehingga diperoleh kecepatan putar tertentu).

➤ **Pengaturan atau Antarmuka Keluaran**

Sebagaimana pada antar muka masukan, keluaran juga membutuhkan antar muka yang sama yang digunakan untuk memberikan perlindungan antara CPU dengan peralatan eksternal. Cara kerjanya juga sama, yang menyalakan LED didalam optoisolator sekarang adalah CPU, sedangkan yang membaca status *photo transistor*, apakah menghantarkan arus atau tidak, adalah peralatan atau piranti eksternal.



Gambar 2.7 Rangkaian antarmuka keluaran PLC

2.7 CUBLOC *Hybrid* PLC

CUBLOC berbeda dari PLC konvensional yang akrab dengan banyak pengguna. PLC biasanya hanya memiliki logika penulisan dan koneksi tertentu, tapi CUBLOC adalah PLC / *Embedded Computer "On-Chip"*, berarti Anda memiliki lebih banyak kebebasan dan fleksibilitas untuk ukuran produk akhir dan desain. Modul CUBLOC mirip dengan PLC konvensional dalam *ladder logic* dapat digunakan tetapi ukurannya yang kecil memungkinkan pengembang untuk merancang PCB kustom seperti mikrokontroler. Keuntungan lebih CUBLOC PLC lain adalah bahwa ia mendukung kelemahan *ladder logic* dengan bahasa *Basic*. *ladder logic* cukup baik untuk menggantikan diagram urutan tetapi untuk mengumpulkan data, grafis cetak, dan melakukan tugas-tugas yang lebih kompleks meminta terlalu banyak. Itulah sebabnya cubloc menambahkan bahasa *Basic* untuk mempermudah dalam pemrograman.

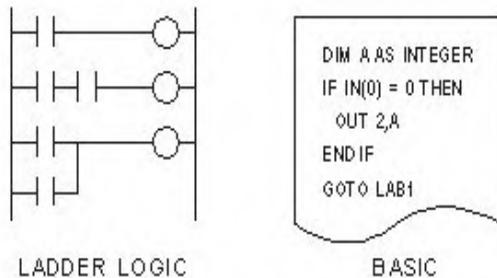


Gambar 2.8 CUBLOC PLC MSB764T

Cubloc PLC yang digunakan yaitu MSB764T dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *BASIC with Ladder-Logic CUBLOC controller modul*

- 32 Opto-isolated DC Inputs (22V~26VDC / Min10mA)
- 32 Opto-isolated Open Collector Transistor Outputs (30V Max @ 250mA)
- 2 x 1kHz Counters
- Real-Time Clock and Built-in Battery (Lifetime up to 10 years)
- Flash memory : 200KB
- Data memory : 6KB
- 2 x RS232 communication port
- LCD and keypad Connectors
- Modbus Master or Slave support
- FREE Development tools
- DIN Rail Mount
- Dimensions 90mm x 70mm x 43mm
- 24V DC Power



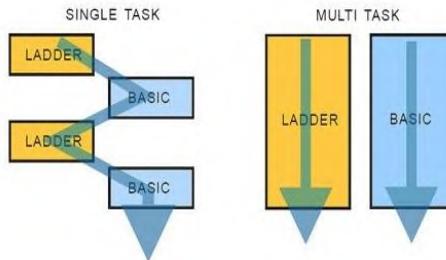
Gambar 2.9 Ladder diagram dan Basic

Keuntungan lain lebih prosesor Basic lainnya adalah bahwa CUBLOC mampu memisahkan jumlah pekerjaan dan pemrograman antara *ladder logic* dan *Basic* jika keinginan pengguna. Ada PLC di pasar yang mendukung kedua *ladder logic* dan *Basic*, tetapi PLC ini tidak multi-task dan menjalankan "*Single-task*." Produk

task dan menjalankan "Single-task." Produk saat ini pada penggunaan pasar *Basic* sebagai bagian dari *ladder logic* Bagian program *Basic* dapat mempengaruhi kali *ladder scan*, dan juga sering

ada pembatasan pada bagian *Basic* program karena kendala *ladder logic*.

CUBLOC mampu menutupi kelemahan tersebut melalui fitur *multi-tasking* nya, menjamin akurasi dan ketepatan waktu. CUBLOC memiliki struktur *multi-tasking* yang berjalan *Basic* dan *ladder logic* secara bersamaan yang memungkinkan *ladder* akurat pemindaian waktu sementara masih memproses *Basic*. Bahkan memiliki pilihan hanya menggunakan *Basic* atau *ladder* dengan sendirinya.



Gambar2.10 *Single-task* dan *Multi-tas*

1.8 Pengukuran dan Teori Ketidakpastian

1.8.1 Pengukuran

Pada dasarnya pengukuran bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat – sifat fisik, kimia dan biologi dari suatu benda atau keadaan atau proses, dan untuk mengatur sesuai dengan informasi yang diinginkan. Pengukuran merupakan serangkaian kegiatan yang

bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif). Secara umum mengukur berarti membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui nilainya. Klasifikasi komponen ketidakpastian dibagi ke dalam tipe A dan tipe B. Ketidakpastian tipe A dapat dievaluasi dengan analisis statistik dari serangkaian pengamatan. Ketidakpastian tipe B dapat dievaluasi dengan cara selain analisis statistik dari serangkaian pengukuran. Namun dari kedua tipe tersebut tidak selalu mempunyai hubungan langsung dengan klasifikasi komponen ketidakpastian sebagai ketidakpastian acak dan sistematis.

Instrumen adalah alat ukur yang mempunyai sifat kompleks, dimana tersusun atas beberapa komponen yang terdiri dari transduser atau sensor, pengkondisi sinyal (amplifier, peredam, dan penyaring), dan unit keluaran (analog atau digital). Sensor dipakai untuk menangkap adanya perubahan sinyal. Pengkondisi sinyal untuk merubah nilai kekuatan sinyal yang ditangkap. Monitor sebagai penunjuk pengukuran atau sinyal yang diperoleh.

Instrumen ukur mempunyai 2 karakteristik, yaitu karakteristik statistik dan karakteristik dinamik. Karakteristik statistik merupakan karakteristik alat ukur dengan input konstan yang diberikan dan diamati setelah dicapai keadaan *steady state* (tunak). Karakteristik dinamik merupakan karakteristik alat yang berkaitan dengan input yang selalu berubah, atau input konstan tetapi diamati pada saat transiennya.

A. Karakteristik Statistik

Karakteristik statistik merupakan karakteristik yang menggambarkan parameter instrumen dalam keadaan *steady*. Karakteristik statistik terdiri dari

- Akurasi

Akurasi yaitu kemampuan dari alat ukur untuk memeberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari obyek yang diukur. Secara umum akurasi sebuah alat ukur ditentukan dengan cara kalibrasi pada kondisi operasi tertentu dan dapat diekspresikan dalam bentuk plus – minus atau prosentase dalam skala tertentu atau pada titik pengukuran yang spesifik.

- Ketepatan (presisi)

Kedekatan nilai – nilai pengukuran individual yang didistribusikan sekitar nilai rata – ratanya atau penyebaran nilai pengukuran indivisual dari nilai rata – ratanya. Presisi juga dapat diartikan sebagai tingkat kesamaan nilai pada sekelompok pengukuran atau sejumlah nilai di mana pengukuran dilakukan secara berulang – ulang dengan instrumen yang sama.

- Sensitivitas

Sensitifitas merupakan perbandingan antara sinyal keluaran terhadap perubahan variabel masukan yang diukur. Sensitivitas atau kepekaan juga diartikan perubahan selisih output dari setiap perubahan selisih input.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (2.1)$$

- Repeatabilitas

Repeatabilitas meupakan kemampuan alat ukur untuk menunjukkan hasil yang sama dari proses pengukuran yang dilakukan berulang dan identik.

- Resolusi

Resolusi adalah besar pernyataan dari kemampuan peralatan untuk membedakan arti dari

dua tanda harga atau skala yang paling berdekatan dari besaran yang ditunjukkan. Resolusi juga dapat diartikan sebagai perubahan terkecil pada nilai yang diukur dari respon suatu instrumen.

- *Error* (Kesalahan)

Error diartikan sebagai beda aljabar antara nilai yang terbaca dengan nilai sebenarnya dari obyek yang diukur. Perubahan pada reaksi alat ukur dibagi oleh hubungan perubahan aksinya.

- Koreksi

Koreksi atau *correction* merupakan suatu harga yang ditambahkan secara aljabar pada hasil dari alat ukur untuk mengkompensasi penambahan kesalahan sistematis.

- Range

Range atau jangkauan ukur merupakan besar daerah ukur antara batas ukur bawah dan batas ukur atas (Rentang : $I/O_{min} - I/O_{maks}$).

- Span

Rentang variasi maksimum dari *input* ataupun *output* (Rentang *input* = $I_{max} - I_{min}$ sedangkan Rentang *output* = $O_{max} - I_{min}$).

- Linieritas

Suatu elemen dikatakan linier ketika hubungan nilai *input* dan *output* menampilkan garis lurus. Dimana dalam garis lurus tersebut dihubungkan dari 2 titik, yaitu titik minimum dari selisih *input* minimum dan *output* minimum ($I_{min} - O_{min}$) serta titik maksimum dari selisih *input* maksimum dan

output maksimum ($I_{maks} - O_{maks}$). Berikut ini persamaan linieritas :

$$O - O_{min} = \left[\frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \quad (2.2)$$

$$O_{ideal} = KI + a \quad (2.3)$$

Dimana :

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

$$a = \text{Koofisien garis lurus ideal} \\ = O_{min} - KI_{min}$$

- *Non-linieritas*

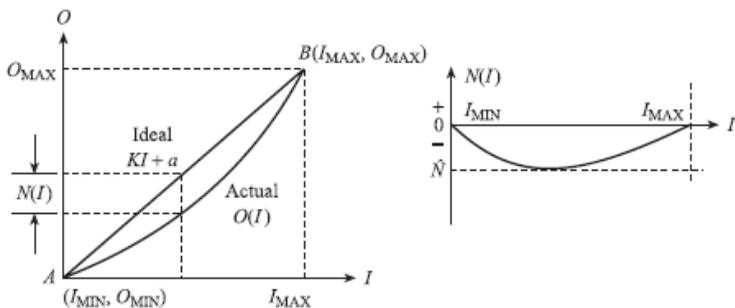
Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad (2.4)$$

$$O(I) = KI + a + N(I) \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk persamaan dalam bentuk prosentase dari defleksi skala penuh, sebagai berikut:

$$\% \text{Non Linearitas} = \frac{\tilde{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\% \quad (2.6)$$



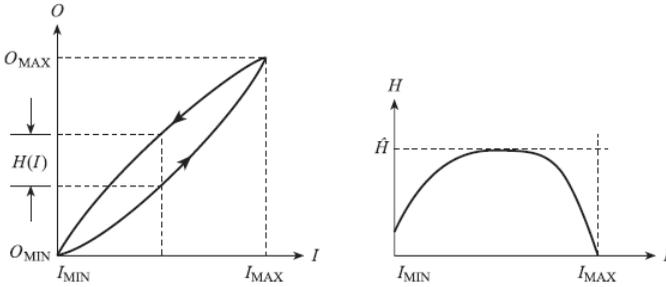
Gambar 2.11 Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)

- *Hysteresis* :

Histerisis merupakan perbedaan tertinggi antara 2 nilai *output* dari pengukuran naik dan turun.

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad (2.7)$$

$$\% \text{ Maksimum Hysteresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (2.8)$$

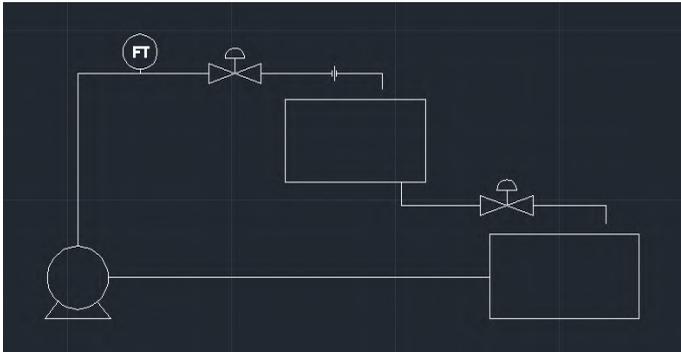


Gambar 2.12 Grafik histeresis (Bentley, 2005)

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Sistem yang Dirancang

Sistem yang dirancang untuk tugas akhir ini yaitu pembuatan modul praktikum mata kuliah PLC dengan membuat *process control system plant*. Pada *process control system plant* ini, terdapat 3 variabel yang dikendalikan yaitu aliran (*flow*), ketinggian (*level*) dan suhu (*temperature*). Dimana cara kerjanya saling mempengaruhi satu sama lain.



Gambar 3.1 *Process control system plant*

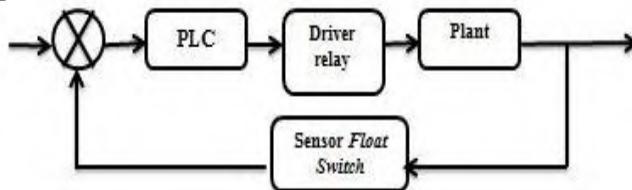
Cara kerja *process control system plant* ini yaitu sebagai berikut :

- a) *Plant* akan aktif setelah tombol *START* diaktifkan. Setelah itu *sensor level low* (LL) pada tangki 1 akan aktif dikarenakan tangki masih kosong.
- b) Saat *sensor level low* (LL) aktif, maka akan menyalakan pompa air yang akan menyedot air dari tangki 2 yang berisi air dan mengaktifkan MOV agar mulai bekerja.
- c) MOV akan aktif dan terbuka secara presisi hingga mencapai *set point* yang diharapkan . saat hasil

- d.) pengukuran flowmeter sudah sesuai dengan *set point*, maka MOV akan berhenti bergerak dan mempertahankan posisinya.
- e.) Pompa akan aktif dan MOV akan mempertahankan posisi bukaanya selama *level high* (LH) belum tercapai. Saat *level high* (LH) tercapai, maka pompa akan mati dan MOV akan bergerak untuk menutup.
- f.) Pada saat *level high* (LH) aktif, maka *heater* akan menyala hingga *setpoint* dari suhu tercapai.
- g.) Setelah suhu tercapai, maka *solenoid valve* akan aktif dan menguras tangki 1 dan membuang air ke tangki 2 lagi. \

3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir

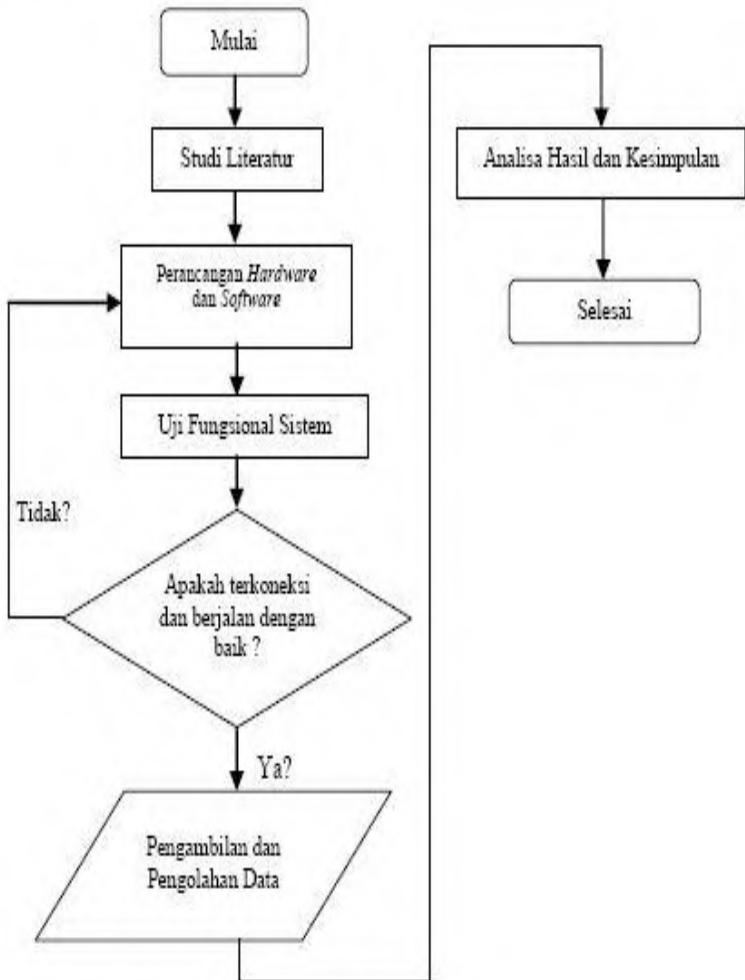
Pada tugas akhir kali ini akan dirancang, Rancang Bangun Sistem pengendalian *level* dengan *float switch* berbasis PLC. Pada perancangan sistem pengendalian level terintegrasi dengan pengendalian *flow* dan *temperature*. Diagram blok perancangan alat ukur dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem Controlling

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri dari float switch sebagai sensor level dan PLC cubloc sebagai pengolah inputan dari sensor yang akan digunakan sebagai monitoring alat. Untuk memudahkan dalam perancangan dan pembuatan, sehingga memperkecil

kesalahan maka dibuat diagram bloknya seperti dibawah ini



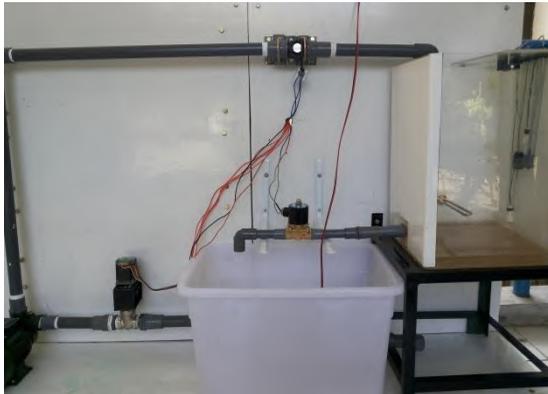
Gambar 3.3 Flowchart Penelitian Tugas Akhir

3.3 Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian tugas akhir perlu adanya pengetahuan terhadap dasar-dasar elektronika dan pemrograman untuk interfacing serta informasi mengenai kapal perang. Sehingga dilakukan studi literatur untuk mendukung pengetahuan dan referensi.

3.4 Perancangan

Perancangan hardware dilakukan untuk mendesain prototype dari plant agar sesuai dengan kondisi real, serta merancang sistem yang nantinya akan bekerja sebagai sensor, control, actuator dan juga komponen-komponen pendukung dari sistem maupun plant tersebut. Sedangkan perancangan software dilakukan sebagai sistem penampil akuisisi data dari sensor sensor yang telah sebagai *slave*.



Gambar 3.4 Rancang bangun plant sebagai modul praktikum

Gambar di atas merupakan gambar plant yang dibuat terdiri dari pengendalian flow temperature dan level.



Gambar 3.5 Sensor *Float Switch high* dan *low*

Diatas adalah gambar dari peletakkan sensor float switch high dan low pada bak penampung.

3.4.1 Perancangan Hardware

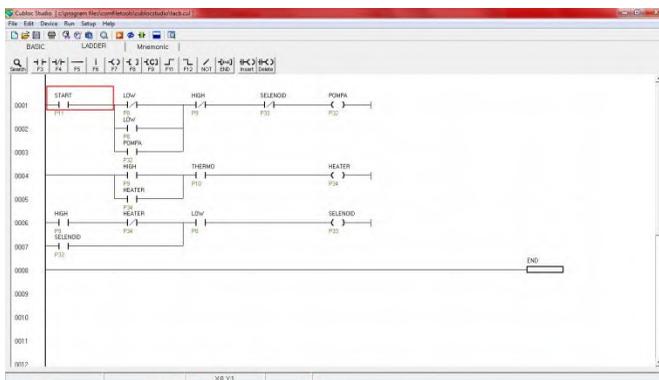
Pada perancangan hardware ini meliputi perancangan sensor level, temperature, dan flow serta modul input dan output yang meliputi koneksi antar hardware , cara erja, dan karakteristik sensor dalam mengindra besraan fisis. Perancangan hardware ini Menggunakan PLC dengan tipe CUBLOC PLC.



Gambar 3.6 Rangkaian elektrik sensor *Float Switch*

3.4.2 Perancangan *software*

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan pada bagian perangkat keras, maka perlu dilakukan perancangan perangkat lunak yang terdiri dari dua tahap. Tahap pertama merupakan perancangan perngakat lunak dari program controller agar pembacaan sensor dapat melakukan pembacaan atau sensing. Perancangan program ini dilakukan pada software cubloc studio seperti pada gambar dibawah ini. Software ini digunakan



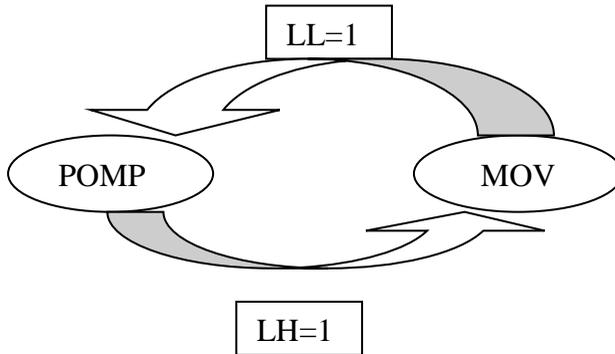
Gambar 3.7 Software CUBLOC PLC

untuk memprogram PLC yang berfungsi untuk memproses data dari sensor sensor. Dalam melakukan pemrograman CUBLOC PLC diperlukan penginisialisasian dari variabel-variabel yang akan digunakan.

3.5 Perancangan Finite State Machine

FSM adalah model yang memperlihatkan perilaku dari sistem dengan keadaan keadaan. Model ini mmebrikan keadaan yang mungkin dijalani oleh sistem, apa yang harus dilakukan sistem pada keadaann-keadaan tersebut, serta jika diberikan suatu input maka sistem akan melakukan atau menghasilkan sesuatu.

FSM terdiri dari dua jenis yaitu FSM beroutput dan FSM tidak beroutput. FSM tidak beroutput (biasanya disebut automata hingga) digunakan untuk pengenalan bahasa dalam komputer, dengan input- input yang dimasukkan akan diperoleh apakah input tersebut dikenal oleh bahasa komputer atau tidak.



Gambar 3.8 Diagram Perancangan Finite State Machine

Dari diagram diatas bisa diketahui cara kerja dari plan yang dibuat. Pompa akan menyala apabila sensor low level menyala dan MOV akan menyala apabila high level menyala.

3.6 Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memeriksa masing masing dari sensor yang terpasang pada plan yaitu sensor *float switch*, sensor temperature dan sensor untuk flow selain itu juga menguji jalannya MOV untuk *float switch*. Selain itu juga diuji tentang software yaitu berupa ladder untuk mengontrol jalannya masing masing dari sensor dan controller yang telah terpasang pada plan.

3.7 Pengambilan dan pengolahan Data

Pada bagian ini dilakukan untuk memperoleh data dari sensor-sensor yang telah terintegrasi. Selain itu juga dilakukan

pengolahan data untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing sensor.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisa dan pembahasan dari pengujian data tiap variable yang diukur. Analisa dan pembahasan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sensor *float switch* yang telah terpasang pada plan. Data tersebut menunjukkan keinerja dan respon dari sensor *float switch* , hasilnya berapa lama waktu yang diperlukan sensor *float switch* untuk mencapai set point yang telah ditentukan.

4.1. Pengkajian Prinsip Kerja Pengendalian Level

Pada tugas akhir sistem pengendalian *level* yang dirancang merupakan sebuah rangkaian untuk mengontrol ketinggian air yang ada di tabung selain itu pengendalian level ini akan bersinergi dengan pengendalian temperature dan pengendalian *flow*.

Pada umumnya dalam kehidupan sehari-hari pengendalian level ini digunakan di dalam dunia industri seperti pada separator atau boiler untuk mengetahui level yang ada di dalamnya. Pengendalian level pada plan ini adalah prinsip dasarnya terjadi level switch yaitu salah satunya menggunakan *float switch* yang sifatnya sebagai saklar otomatis. Cara kerjanya float switch itu sendiri adalah *on/off* dilakukan uji komponen sistem dan dilakukan pengambilan data sensor *float switch* dan serta pengendalian *plant* secara menyeluruh.

4.1.1 Driver relay float switch

Untuk mengaktifkan sensor *float switch* dengan PLC, maka diperlukan driver relay 220 VAC. Rangkaian ini bertujuan sebagai pengaman (*safety*) PLC dari rangkaian *output*. Cara kerja driver relay ini yaitu saat PLC memberikan logika *high* (1) pada *output*nya, maka akan ada tegangan yang mengalir pada

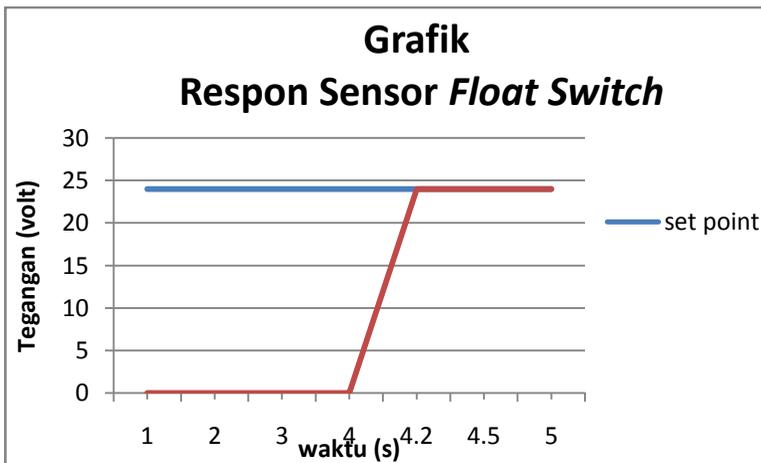
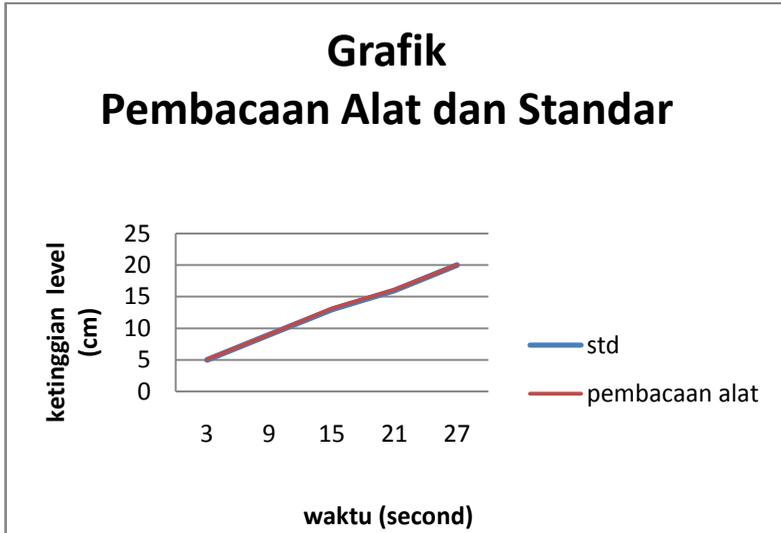
rangkaian *driver* relay. Adanya optocoupler digunakan agar PLC terisolasi dari rangkaian luar dan sebagai *safety*. Saat optocoupler

yaitu saat PLC memberikan logika *high* (1) pada *Output* nya, maka akan ada tegangan yang mengalir pada rangkaian *driver relay*.

1. Dibuatlah sambungan sensor *flow switch* yang merupakan analog input yang akan disambungkan ke PLC nantinya. Terdapat dua sensor *flow switch* yang akan digunakan, yang satu untuk sensor *high level* sedangkan yang satunya untuk sensor *low*. Sebelum menjalankan proses pada plant ini maka dibuatlah program pada software PLC yaitu *cubloc studio* untuk memberikan logika pada PLC agar bisa menjalankan plant yang ada.
2. Program yang sudah dibuat nantinya akan memberikan logika pada sensor *float switch* dimana pada saat *float switch* berada pada *low level* maka pompa akan memompa air yang terdapat di bak penampung dan mulai mengisi tabung nya, sebelumnya diberikan set point untuk *low* dan *high level* nya. Setelah terisi dan sudah mencapai set point untuk *high level* maka pompa akan menyedot kembali air yang ada di tabung sehingga tabung akan kembali pada *low level*.

4.2 Pengujian Sensor *Float Switch* (Kalibraasi)

Berikut merupakan pengujian alat yaitu sensor *float switch* yang terhubung dengan PLC. Dalam pengujian yang dilakukan menggunakan indikator penggaris untuk mengukur ketepatan ketinggian anatar *float switch* dan penggaris serta waktu yang dibutuhkan sensor *float switch* untuk mencapai *set point* yang diinginkan. Berikut ini didapatkan grafik pembacaan anatar pembacaan standart dengan pembacaan alat dan grafik respon dari sensor *float switch*.



Pengujian temperatur pada sensor *Float switth* dilakukan pada range 5 cm- 20 cm dengan menggunakan pembanding alat ukur standart Penggaris dimana dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali pengulangan, pada kenaikan

tiap 4 cm. Berdasarkan tabel pada lampiran 7 terdapat Tabel 4.1.

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.1.

- Nilai Ketidakpastian Tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (4.1)$$

Dengan rumus 4.1 maka dapat diperoleh nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,60. Maka nilai U_{a1} dapat dihitung dengan rumus 4.2 berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.2)$$

$$U_{a1} = \frac{0,054}{\sqrt{5}}$$

$$U_{a1} = 0,024$$

Selanjutnya dicari nilai ketidakpastian regresi U_{a2} dengan mencari nilai a, b, dan SSR.

$$b = \frac{n\sum x_i y_i + \sum x_i \sum y_i}{n(\sum x_i^2) + (\sum x_i)^2} \quad (4.3)$$

$$b = \frac{(5 \times (-2,81)) + ((63) \times (-0,24))}{5 \times (931) + (63)^2}$$

$$b = -0,0034$$

$$a = Y - bx \quad (4.4)$$

$$a = -0,24 - ((-0,0034) \times (63,24))$$

$$a = -0,025$$

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

- Range : 50 Psi-150 Psi
- Span : 100 Psi
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas

$$\text{Sensitivitas (K)} = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

$$(4.10)$$

$$K = \frac{19,98 - 5,05}{20 - 5} = 0,995$$

- Non- Linearitas

$$\text{Non- Linearitas (N(I))} = O(I) - (KI+a)$$

*(berdasarkan data naik)

Non – Linearitas maksimum per unit

$$= \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Di mana:

$$a \text{ (zero bias)} = O_{min} - KI_{min}$$

$$a \text{ (zero bias)} = 5,05 - (0,995 \times 5)$$

$$a \text{ (zero bias)} = 0,075$$

Sehingga non- linearitas maksimum per unit

$$\text{non – linearitas} = \frac{0,075}{20 - 5} \times 100\%$$

$$\text{non – linearitas} = 0,5\%$$

Sehingga diperoleh nilai U_{a2} sebagai berikut:

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n}}$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{0,1134621}{4}}$$

$$U_{a2} = 0,16$$

- Akurasi

$$\text{Akurasi} = 1 - \frac{\text{Rata –rata pembacaan standar –alat}}{\text{Rata –rata pembacaan standar}} \quad (4.11)$$

$$\text{Akurasi} = 1 - \frac{5 - 5,05}{5} = 0,01$$

$$\% \text{Akurasi} = 100 - (\text{Akurasi} \times 100\%) = 99 \%$$

- O Ideal

$$O \text{ ideal} = KI + a \quad (4.12)$$

$$O \text{ ideal} = KI + (O_{\min} - KI_{\min})$$
 Dimana: $O_{\min} = 29,91$
 $O_{\max} = 91,81$
 $I_{\min} = 30$

- Nilai Ketidakpastian Tipe B
 Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (Ub_1) dan ketidakpastian alat standar tachometer (Ub_1). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$Ub_1 = \frac{0,5 \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$Ub_1 = \frac{0,5 (0,01)}{\sqrt{3}}$$

$$Ub_1 = 0,00289$$

dikarenakan pada alat standar tidak terdapat sertifikat kalibrasinya maka untuk perhitungan Ub_2 seperti dibawah ini :

$$Ub_2 = \frac{2\% \times \text{max pembacaan standar}}{2}$$

$$Ub_2 = \frac{2\% \times 20}{2}$$

$$Ub_2 = 0,2$$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{[\sum_{i=1}^N c_i u(x_i)]^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,024^2 + 0,16^2 + 0,028^2 + 0,2^2}$$

$$U_c = 0,25876$$

- Derajat Kebebasan

Dengan nilai $v_i = n - 1$ maka $v_1 = 7$; $v_2 = 7$; $v_3 = \infty$; $v_4 = 60$ (dari tabel T- Student). Sehingga nilai derajat kebebasan dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum_1^n \frac{U_i^4(y)}{v_i}}$$

$$V_{eff} = \frac{0,25876^4}{\sum_1^{13} \left[\frac{0,024^4}{4} + \frac{0,16^4}{4} + \frac{0,028^4}{\infty} + \frac{0,2^4}{60} \right]}$$

$$V_{eff} = 7,950022$$

- Faktor Cakupan (k)

Faktor Cakupan (k) dapat dicari melalui table *T-student*. Dengan nilai V_{eff} sebesar 15 maka dapat langsung ditentukan dengan menggunakan tabel *T-student* dengan hasil sebagai berikut :

$$k = 0,995$$

- Ketidakpastian Diperluas

$$U_{exp} = U_c \times k$$

$$U_{exp} = 0,25876 \times 0,995$$

$$U_{exp} = 0,2574662$$

$$\% U_{exp} = 0,00025\%$$

Valve yang digunakan yaitu tipe *gate valve* dimana kondisi dari pembukaan 0% hingga pembukaan 100% yaitu 5 kali putaran 360° . Spesifikasi *motor stepper* yaitu $1,8^\circ /$

step. Maka, *step* yang diperlukan untuk membuka valve 100% adalah sebagai berikut :

- **Pembukaan 100% valve**

$$\begin{aligned} \text{Pembukaan 100\% valve} &= 5 \times 360^\circ \\ &= 1800^\circ \end{aligned}$$

- ***Step* yang diperlukan untuk pembukaan 100% valve**

$$\begin{aligned} \text{Step} &= 1800^\circ : 1,8^\circ \\ \text{Step} &= 1000 \text{ step pulsa} \end{aligned}$$

- **Kecepatan setiap step**

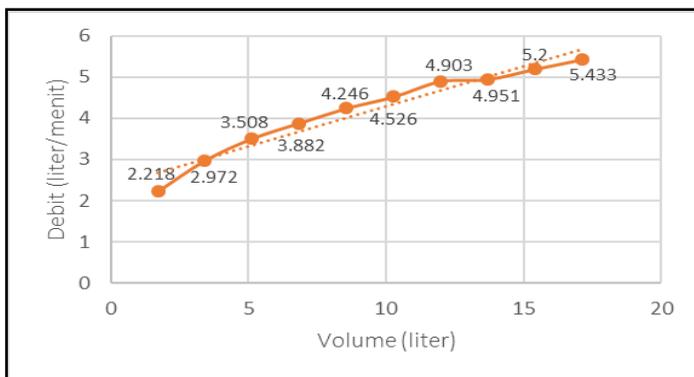
$$\text{Kecepatan step} = 0,3 \text{ detik/step}$$

satuan waktu. Pengambilan data dilakukan pada 10 titik dengan rentang yang sama, dimana setiap titik diukur sebanyak 5 kali data pembacaan naik dan 5 kali data pembacaan turun. Data pembacaan berulang dan perhitungan tidak pasti hasil pengujian sensor *water flow* dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah 10 titik rentang *volume* dan laju aliran yang digunakan, yang selanjutnya nilai debit atau laju aliran tersebut digunakan sebagai nilai pembacaan standar untuk pembandingan laju aliran yang dibaca oleh sensor *water flow*.

Tabel 4.1 Data Pengukuran pada Tangki Ukur

No.	Alas Tangki (cm ²)	Tinggi C airan (cm)	Volume (liter)	Debit STD (liter/menit)
1	18,5 x 18,5 = 342,25	5	1.711	2.218
2		10	3.423	2.972
3		15	5.134	3.508
4		20	6.845	3.882
5		25	8.556	4.246
6		30	10.27	4.526
7		35	11.979	4.903
8		40	13.69	4.951
9		45	15.401	5.2
10		50	17.112	5.433

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.5 di atas, diperoleh hubungan antara volume dengan laju aliran tersebut.

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Volume dan Laju Aliran

4.3 Pembahasan

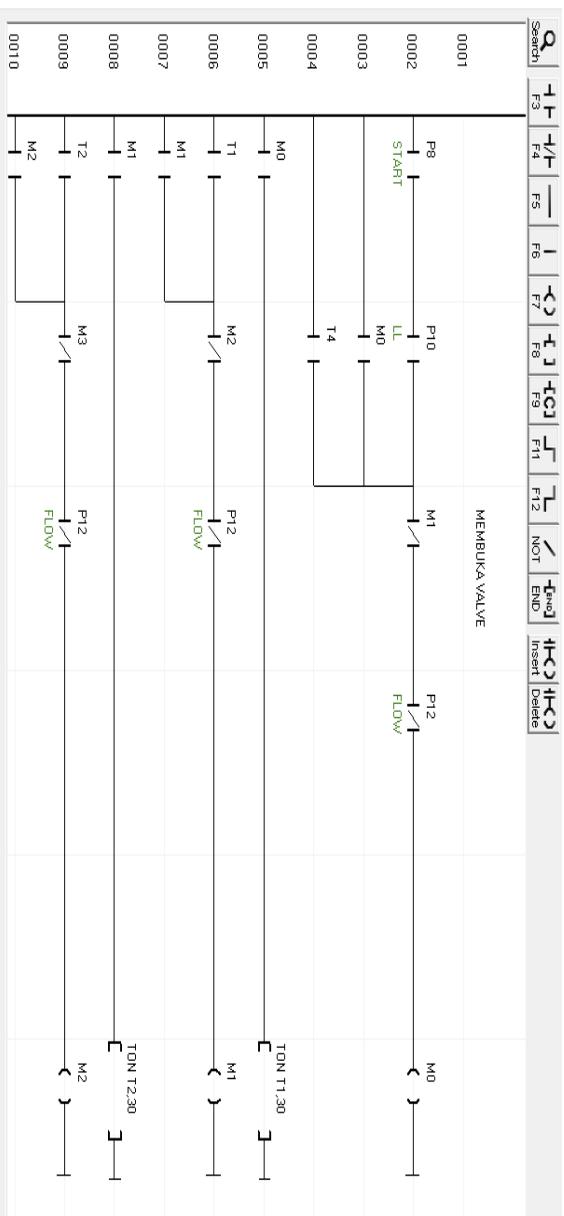
Pada tugas akhir pengendalian level menggunakan PLC didapatkan data mengenai pembacaan dan respon waktu dari *float switch*. Sensor *float switch* mempunyai keluaran berupa *output digital* dimana *outputnya* akan bernilai 1 (*high*) dan bernilai 0 (*low*). Dimana pada rangkaian *float switch* ini diberikan juga rangkaian *driver relay* yang berfungsi sebagai pengaman atau *safety PLC* dari rangkaian *output*. Cara kerja dari *driver relay* itu sendiri yaitu saat PLC memberikan logika *high* (1) pada *outputnya*, maka akan ada tegangan yang mengalir pada rangkaian *driver relay*. Di dalam *driver relay* yang di gunakan terdapat mosfet yang berfungsi sebagai pengendali beban dengan arus yang tinggi dan baiaya nya lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar Pada *plan* ini terdapat dua buah sensor *float switch* yang digunakan pada *low level* dan *high level*. Dimana masing masing dari sensor tersebut berfungsi sebagai indicator pompa untuk berkerja dengan memompa cairan yang akan masuk kedalam bak penampung ataupun memompa cairan keluar dari bak penampung. Pada pengujian sensor *float switch* dibandingkan antara ketinggian dengan waktu, dimana lama nya waktu yang dibutuhkan sensor *float switch* tersebut untuk mencapai *set point* . *Set point* yang diberikan merupakan *set point* berupa ketinggian. Didapatkan perhitungan dalam waktu 60 detik dapat mengisi setinggi 20 cm yang merupakan ketinggian maksimum yang ada pada tabung. Setelah diuji didapatkan hasil bahwa ketepatan sensor dalam mencapai ketinggian yang diinginkan dalam waktu per 3 detik adalah tidak tepat terdapat selisih beberapa cm dari acuan nya yait penggaris. Waktu yang dibutuhkan tergantung pada berapa banyak air atau cairan yang ada dalam bak penampung selain waktu, ketinggian juga menjadi patokan apakah sensor *float switch* tepat pada level yang sudah diatur pada level low ataupun level high.

Dari hasil penghitungan dapat dilihat bahwa Akurasi pada sensor ini hamper mendekatisempurna. Dimana

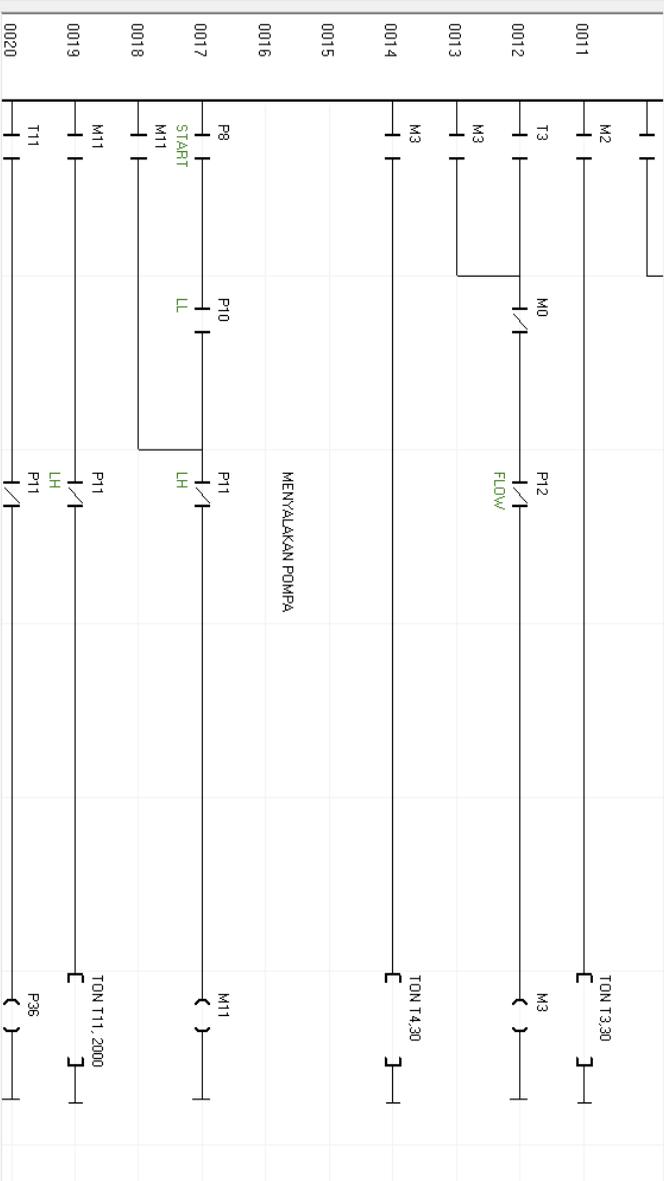
pembacaan alat dengan pembacaan standar didapatkanselisih yang
sedikit. Dalam pembacaan grafik respon

LAMPIRAN A

Berikut ini adalah program Cubloc PLCadder



Search
 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F11 F12 NOT END Insert Delete

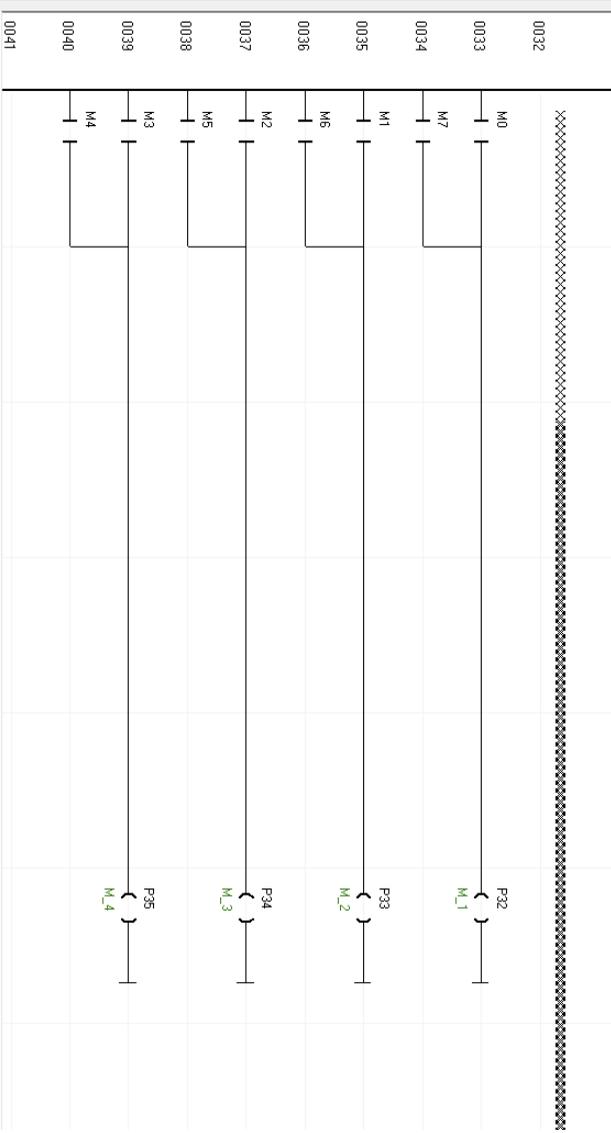


FAW ID: 5572806

X14 Y:15

Modified

Search
 F3
 F4
 F5
 F6
 F7
 F8
 F9
 F11
 F12
 NOT
 END
 Insert
 Delete

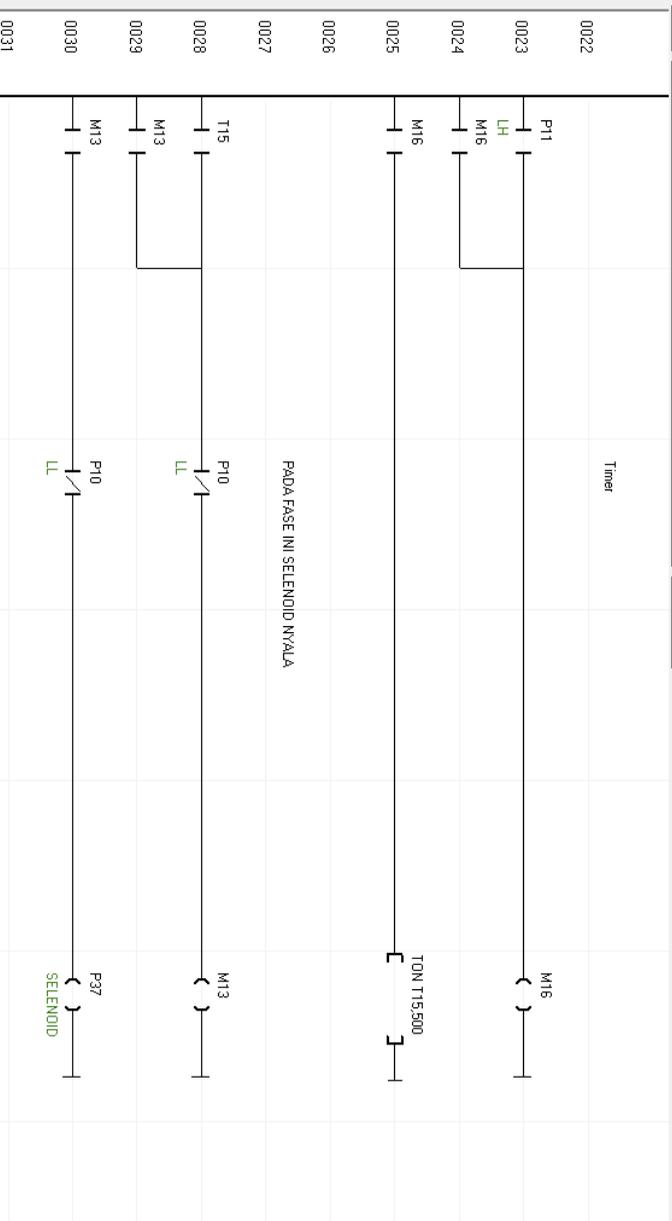


FW/ID: 5572606

X14 Y:36

Modified

Search
 F3
 F4
 F5
 F6
 F7
 F8
 F9
 F10
 F11
 F12
 NOT
 END
 Insert
 Delete



FAW/Id - 557/806

X-14 V-06

Modified

Berikut ini adalah program Cubloc PLC basic

```
BASIC | LADDER | Mnemonic |
1 #include "MSB6XX"
2 Ramclear
3 Set Debug Off
4
5 Usepin 8, In, START
6 Usepin 9, In, TERMOKOBEL
7 Usepin 10, In, IL
8 Usepin 11, In, IH
9 Usepin 12, In, FLOW
10
11 Usepin 15, In
12
13 Usepin 32, Out, M_1
14 Usepin 33, Out, M_2
15 Usepin 34, Out, M_3
16 Usepin 35, Out, M_4
17 Usepin 36, Out, POMPA
18 Usepin 37, Out, SELENOID
19 Usepin 38, Out, HEATER
20
21 Set Ladder On
22 Do
23 Loop
24
```

LAMPIRAN B

percobaan standar (cm)	percobaan alat (cm)												Rata-Rata pembacaan	Koreksi
5	5.1	5.1	4.9	4.95	5.1	5.15	5.1	5	5.1	5		5.05	0.05	
9	8.9	8.95	8.95	9	9	9	9	9.1	9.1	9.1		9.01	0.01	
13	13	13	13.1	13.1	13.15	13.15	13.15	13.15	13.15	13.15		13.11	0.11	
16	16	16	16	16.1	16.1	16.1	16.15	16.15	16.15	16.15		16.09	0.09	
20	19.9	19.95	20	20	20	20	20	20	20	20		19.98	0.02	

LAMPIRAN C



Small Size – Engineered Plastics

LS-3 Series – Offers High Reliability, Compact Size and Low Costs in NPT, Straight and Metric Threads

Ideal for shallow tanks or restricted spaces, or for any low-cost, high volume use. LS-3 Series are available in FDA compliant materials, consult GEMS for details.

LEVEL SWITCHES – SINGLE POINT

Polysulfone Float



For water based liquids, with limited use in oils and chemicals.

Polypropylene Float (Hollow)



Features a low specific gravity float offering broad chemical compatibility.

Polypropylene Float (Solid)



With Polypropylene stem and float offering broad chemical compatibility.

Buna N Float



Ideal for oils and fuels.

ALL-PVDF



Stem and float of corrosion-resistant PVDF for ultra-pure applications.

New 3/4" Polypropylene Float



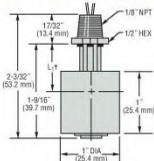
See next page for details.

Common Specifications

Approvals: U.L. Recognized – File No. E45168; CSA Listed – File No. 30200. CE Declaration Available Upon Request. NSF materials are Standard 61 compliant. For NSF approved level switches contact Gems.

Switch SPST: 20 VA, 120-240 VAC. Units are shipped N.O. unless otherwise specified. Selectable, N.O. or N.C., by inverting float on unit stem.

Dimensions – 1" Float Models only



¹ L_a = Actuation Level (see chart below)

Alternate Mountings		
3/8"-16 Straight Thread	6/18" 1/8"-28 BSP	M12x 1.75 Straight Thread
Electrical Termination	Lead Wires	Cable

How To Order – Select Part Number based on specifications required.

Stem and Mounting Material	Float Material	Float Dia.	Actuation Level†	Mn. Liquid Sp. Gravity	Pressure Max. @ 70°F (21°C)	Operating Temperature	Mounting Type	Electrical Termination	Part Number
Poly sulfone	Poly sulfone	1"	3/4" (19.0 mm)	.75	50 psi (3 bar)	-40°F to +225°F (-40°C to +107°C)	1/8" NPT	Lead Wires	42295 ⚡
Polypropylene ²	Polypropylene (Hollow)	1"	13/16" (20.6 mm)	.60	50 psi (3 bar)	-40°F to +225°F (-40°C to +107°C)	1/8" NPT	Lead Wires	142505 ⚡
						-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)	G 1/8"-28	Cable	171518
							M12x1.75	Cable	189739
Polypropylene ³ NSF Std. C-2 (Kynar float retaining clip)	Polypropylene ³ (Hollow) NSF Std. C-2	1"	13/16" (20.6 mm)	.60	50 psi (3 bar)	-40°F to +225°F (-40°C to +107°C)	1/8" NPT	Lead Wires	209475
							3/8"-16	Lead Wires	209455
							G 1/8"-28	Lead Wires	209460
Polypropylene ²	Polypropylene (Solid)	1"	9/16" (14.3 mm)	.90	150 psi (10 bar) @ 68°F (20°C)	-40°F to +150°F (-40°C to +66°C)	1/8" NPT	Lead Wires	116826 ⚡
			7/16" (11.1 mm)	.95	Atmospheric	-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)	3/8"-16	Lead Wires	171514
		3/4"	7/16" (11.1 mm)	.95	Atmospheric	-40°F to +212°F (-40°C to +100°C)	1/8" NPT	Lead Wires or Cable	201540
Nylon	Buna	1"	13/16" (20.6 mm)	.45	150 psi (10 bar)	-40°F to +250°F (oil) (-40°C to +121°C (oil))	1/8" NPT	Lead Wires	162745 ⚡
			11/16" (17.5 mm)	.85	150 psi (10.3 bar)	-40°F to +176°F (water) (-40°C to +80°C (water))	M12x1.75	Cable	189786
PVDF	PVDF	1"	1/2" (12.7 mm)	.86	50 psi (3 bar)	-40°F to +250°F (-40°C to +121°C)	1/8" NPT	Teflon Jacketed Lead Wires	173250

- Notes:
 1. Based on a liquid specific gravity of 1.0.
 2. All Polypropylene units carry a Kynar retaining clip. Accessories Available in OEM Quantities: Jam Nut, Gaskets, and Stosh Shields.
 3. NSF C-2 Approved unit, for water use only.

⚡ – Stock Items.

LEVEL SWITCHES – SINGLE POINT

3/4" Diameter Floats for Tiny Tanks

Our smallest LS-3 yet!

- ▶ Reliable alternative to more expensive electronic sensors.
- ▶ Fits smaller devices. Less material, lower cost.
- ▶ Proprietary float more buoyant than competitors.

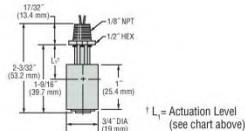
Small yes, but with BIG performance. No other 3/4" float switch on the market matches our LS-3 specs. These units are ideal for potable water, medical devices and other compact appliances, such as printers. Gems proprietary float enables use in lighter-than-water fluids. NSF/ FDA compliant models available at your request. Please consult factory.



Specifications

Wetted Material	
Stem and Mounting	
P/N 201540	Polypropylene with Kynar retaining clip
P/N 177818	Nylon
Float	
P/N 201540	Polypropylene
P/N 177818	Buna-N
Operating Temperature, Max.	
P/N 201540	212°F (100°C)
P/N 177818	250°F (121°C) oil, -40°F to +176°F (-40°C to +80°C)
Pressure, Max.	
P/N 201540	Atmospheric
P/N 177818	150 psi (10.3 bar)

Dimensions



Order by Part Numbers:

- LS-3, 3/4" Polypropylene Float: 201540
- LS-3, 3/4" Buna-N Float: 177818

Visit www.GemsSensors.com for most current information.

Large Size – Engineered Plastics

Select from these Engineered Plastics for Aggressive or Ultra-Pure Liquids

Each of these series offers unique features. Choose from this selection when all-plastic material is desirable and tank space is not restricted.

LS-74780 –
All CPVC



Particularly well suited for rough service. Ideal for use in chemical and plating applications.

LS-1900TFE



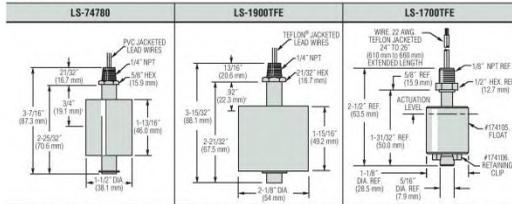
Resists build-up of foreign material or sticky media. Float travel remains uninhibited in viscous or corrosive liquids. SPDT switch.

LS-1700TFE



A medium-size solution for ultra-pure liquid level sensing. Made of corrosion resistant PTFE for low particle generation.

Dimensions



†₁ – Switch actuation level, nominal (based on a liquid specific gravity of 1.0 and N.O. dry circuit – dimension will vary for N.C. circuit).

Common Specifications

Electrical Termination: No. 18 AWG, 24" L., Lead Wires
(Jacket material is indicated on dimensional drawings, above).

How To Order – Select Part Number based on specifications required.

Series Number	Materials		Min. Liquid Sp. Gr.	Operating Temperature	Pressure, PSI, Max.	Switch*	Part Number	
	Stem, Mounting and Other Wetted	Float					Mating Size	Mounting Size
LS-74780	CPVC		.85	-40°F to +180°F (-40°C to +82.2°C)	15	SPST, 20 VA	74780** †	—
LS-1900TFE	PTFE ^{††}		.80	-40°F to +300°F (-40°C to +148.9°C)	30	SPDT, 20 VA	133299 †	—
LS-1700TFE	PTFE		.86	+32°F to +212°F (0°C to +100°C)	25	SPST, 20 VA, N.O.	—	174100
						SPST, 20 VA, N.C.	—	174200

* See "Electrical Data" on Page X-6 for more information.

** Switch operation is selectable, N.O. or N.C., by inverting the float on the unit stem. Units are shipped N.O. unless otherwise specified.

†† 100 VA switches are not U.L. Recognized.

⚡ – Stock Items.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang dan terbuat sistem controlling level dengan menggunakan sensor *float switch* sebagai indikator.
2. Karakteristik sensor *Float switch* yang didapatkan pada eksperimen adalah :

Range	: 50 Psi-150 Psi
Span	: 100 Psi
Resolusi	: 0,01
Sensitivitas	: 0,995

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa saran yaitu sistem safety pada setiap kompone maupun rangkaian yang dipasangkan pada PLC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zen,renaldo.2008.Pemodelan sederhana.Depok.FMIPA UNIVERSITAS INDONESIA.
- [2] Hamonangan,aswan.Resistor.Jakarta.ElectronicLab.2008
- [3] Anonim. “*Mosfet irf540*” Datasheet.
- [4] Anonim. “Level switch single point” Datasheet.
- [5] Ramadhani,Lucky.2015.Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Putar Arus, Tegangan Pada Miniplant Pembangkit Listrik Tenaga Magnet di Laboratorium Workshop Instrumentasi.Surabaya.Teknik Fisika-FTI ITS.
- [6] Anonim. Manual book “Cubloc PLC MSB764T”.

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Tria Nailul Muna yang dilahirkan di Kota Kediri pada tanggal 04 Februari 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Arif Rachman Hakim Gang Makam no B-2 Pada tahun 2006, penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDI AL-HUDA Kediri. Kemudian pada tahun 2009 penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 1 Kediri. Tahun 2012 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Kediri dan melanjutkan studi di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir maka dapat menghubungi penulis melalui email Trian5924@gmail.com