PROTOTYPE RUMAH POMPA BANJIR MENGGUNAKAN MOTOR LISTRIK SEBAGAI PEMOMPA OTOMATIS BERBASIS PLC

DODI TRI WIBOWO
5115107289

Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017

ABSTRAK

DODI TRI WIBOWO. Prototipe Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC. (Studi Pada Laboratorium Bengkel Listrik Dan Teknik Instalasi Listrik Jurusan Teknik Elektro). Dosen pembimbing, Syufrijal, ST., MT dan Nur Hanifah Yuninda, ST., MT.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ialah untuk menghasilkan *Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC, diharapkan mampu memperkecil *human error* atau kesalahan yang terjadi yang diakibatkan oleh kelalaian manusia sebagai operator.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian *Research and development*, yaitu: dengan membuat seperti aslinya lalu dibuat ke prototipe, serta melakukan uji coba program PLC untuk diterapkan pada prototipe rumah pompa banjir menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC.

Hasil penelitian prototipe rumah pompa banjir menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai keberhasilan dalam percobaan pembuatan sistem, selain itu membuktikan apakah kenyataan sesuai dengan program atau sistem yang telah dibuat, berupa pengujian maket prototipe rumah pompa banjir menggunakan sensor *rotary encoder* dengan menggunakan meteran air, pengujian maket menggunakan *push button* manual, pengujian sistem aplikasi secara manual. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada penilitian ini didapatkan hasil bahwa prototipe rumah pompa banjir menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC sesuai dengan kriteria yang diinginkan dan dengan ini dikatakan bahwa penilitian yang dilakukan berhasil.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan Prototipe Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, PC dapat mengakses mesin pompa pada satu titik tempat untuk memantau semua mesin pompa yang dijaga oleh operator. Pada sistem kerja pemindahan saklar selektor dan tombol jarak jauh bisa digunakan dengan cara memilih salah satu saja, tidak bisa menyalakan secara bersamaan. Penggunaan sensor *rotary encoder* dapat diandalkan karena mudah dan dapat mengirim sinyal pada mesin pompa juga tidak merepotkan operator.

Kata Kunci : Perancangan, Sistem Kendali Rumah Pompa Banjir, PLC.

ABSTRACT

DODI TRI WIBOWO, Prototype house pumps flood By Using The Electric Motor As A Pump –Based Automatic PLC. (Studies in the Laboratory Workshop Electrical and Mechanical Electrical Installation Electrical Engineering Department). Supervisor Syufrijal, ST, M.T and Nurhanifah Yuninda, ST, M.T.

That aim want reach in research is to produce prototype house pumps flood by using the electric motor as a pump –based automatic PLC, be expected capable to small human error or false to accident by negligence people to operator.

Decimeter method with in research is decimeter method research and development, that is: with manufacture like original pass made one prototype, and make test program PLC for applying at prototype house pumps flood by using the electric motor as a pump –based automatic PLC.

Result research prototype house pumps flood by using the electric motor as a pump –based automatic PLC did to know so and so many big value success in trial fabrication system, except that prove whether real agree with program or system already made one, be paid a fee trial mockup prototype house pumps flood use sensor *rotary* encoder with use gauge water, trial mockup use push button binnacle, trial system application otomatic. Be based on trial did in research can result that prototype house pumps flood by using the electric motor as a pump –based automatic PLC agree with criteria wish and with said that research did successful.

Result research that's have do, could concluded prototype house pumps flood by using the electric motor as a pump –based automatic PLC to be work corresponding with a plan, PC have access machine pumps on one point the place to watching all machine pumps to keep by operator. On system work displacement selector switch and button remote can be used with way choose false one just, no can light in coincide. Use censorship rotary encoder could be relied because easy and could send a signal on machine pumps too no hassle operator.

Keywords: Design, house pumps flood Control Systems, PLC.

PROTOTYPE RUMAH POMPA BANJIR MENGGUNAKAN MOTOR LISTRIK SEBAGAI PEMOMPA OTOMATIS BERBASIS PLC

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Syufrijal, ST., MT (Dosen Pembimbing I)	.....	10/2-2017 .....
Nur Hanifah Yuninda, ST., MT (Dosen Pembimbing II)	.....	10/2-2017 .....

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Ir. Parjiman, MT (Dosen Ketua)	.....	22.02.2017 .....
Massus Subekti, SPd., MT (Dosen Sekretaris)	.....	10.02.2017 .....
Drs. Purwanto G., MT (Dosen Ahli)	.....	10.02.2017 .....

Tanggal Lulus : 26 januari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 09 Februari 2017

Yang membuat pernyataan

Dodi Tri Wibowo

5115107289

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur marilah kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat meneyelesaikan skripsi yang berjudul "Prototipe Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagai persyaratan mendapat gelar sarjana di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam merencanakan, menyusun dan menyelesaikan penulisan Skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan dan juga motivasi serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penyusun bermaksud mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Massus Subekti, SPd., MT selaku ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Syufrijal, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
3. Ibu Nur Hanifah Yuninda, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.
4. Kedua Orang Tua dan kedua Kakak yang selalu memotivasi dan memberikan dukungan baik moral dan materil.
5. Kekasih penulis Marhasih, S.TR.P yang selalu setia menemani dan memberikan motivasi kepada penulis.
6. Terima kasih juga kepada teman-teman seperjuangan saya, mahasiswa Elektro Non-Reguler 2010 yang tidak dapat disebut namanya satu persatu yang sudah banyak membantu dalam menjalankan skripsi ini.

Penulis Menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan pengetahuan, waktu, dan dana. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik. Penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penulisan karya ilmiah yang akan datang. Demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang terkait.

Jakarta, 09 Februari 2017

Dodi Tri Wibowo

5115107289

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK…….....i

ABSTRACT…….....ii

LEMBAR PENGESAHAN…....…….....iii

HALAMAN PERNYATAAN…….....iv

KATA PENGANTAR…….....v

DAFTAR ISI…….....vi

DAFTAR GAMBAR…….....x

DAFTAR TABEL …….....xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah……......1

1.2 Identifikasi Masalah…….....5

1.3 Pembatasan Masalah…….....5

1.4 Perumusan Masalah…….....6

1.5 Tujuan Penelitian…….....6

1.6 Manfaat Penelitian…….....6

BAB II KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1 Kerangka Teoritis…….....7

2.1.1 Definisi Prototipe…….....7

2.1.2 Rumah Pompa Banjir……......7

2.1.3 Definisi Sistem Kendali....…….....10

2.1.3.1 Manfaat Sistem Kendali..…….....12

2.1.3.2 Jenis – jenis Sistem Kendali….....12

2.1.3.3 Konfigurasi Sistem Kendali….....13

2.1.4 Pengertian dan fungsi MCB (*Miniature Circuit Breaker*).....16

2.1.5 PLC *(Programmable Logic Control)*.....17

2.1.5.1 Sejarah PLC.....17

2.1.5.2 Pengertian PLC…….....18

2.1.5.3 Jenis PLC Yang Digunakan CP1E-N20DR-A ..…….....21

2.1.5.4 Bagian – bagian PLC ..…….....22

2.1.5.5 *Read Only Memory* (ROM).....28

2.1.5.6 *Random Access Memory* (RAM)….....30

2.1.5.7 Instalasi PLC .....…….....32

2.1.5.8 Prosedur Pengoperasian PLC …….....32

2.1.5.9 Instruksi PLC….....33

2.1.6 Sensor *Rotary Encoder*…….....43

2.1.7 *Push Button Switch* (Saklar Tombol Tekan)…….....46

2.1.8 *Emergency Stop*.....49

2.1.9 Pompa…….....49

2.1.9.1 Jenis – jenis Pompa…….....51

2.1.9.2 Pompa Dinamik…….....51

2.1.9.2.1 Pompa Sentrifugal.....51

2.1.9.2.2 Pompa Aksial Yang Digunakan Di Waduk Pluit.....57

2.1.10 Lampu Indikator…….....64

2.1.11 Relai…….....64

2.1.12 *Selector Switch*.....67

2.1.13 *Software CX-Programmer*.....68

2.1.14 *Software CX-Designer*.....73

2.2 Kerangka Berpikir…….....73

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian…….....76

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....76

3.3 Metode Penelitian…….....76

3.4 Instrumen Penelitian…….....77
3.5 Prosedur Penelitian…….....78
3.5.1 Rancang Bangun…….....82
3.5.2 Pengalamatan I/O PLC…….....90
3.5.3 *Wiring* Diagram…….....90
3.5.3.1 *Wiring* Sensor *Rotary Encoder*.....91
3.5.3.2 *Wiring Push Button*.....92
3.5.3.3 *Wiring* Pompa…….....93
3.5.3.4 *Wiring Slector Switch* Dan Lampu…….....93
3.5.4 Deskripsi Kerja Alat…….....94
3.5.5 *Flowchart* Sistem / Alat…….....95
3.5.6 Tabel Pengujian…….....97
3.5.6.1 Pengujian *Hardware*.....97
3.5.6.1.1 Pengujian Sensor *Rotary Encoder*.....97
3.5.6.1.2 Pengujian Tegangan *Push Button*.....97
3.5.6.1.3 Pengujian Tegangan Pompa…….....98
3.5.6.1.4 Pengujian Tegangan Lampu…….....98
3.5.6.2 Pengujian *Software*.....99
3.5.6.2.1 Pengujian Tombol *Software* PLC (Mode Manual).....99

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian…….....101
4.1.1 Hasil Pengujian Maket Menggunakan Sensor Encoder Dan Menggunakan Meteran Air.....101
4.1.2 Maket Rumah Pompa Banjir Menggunakan Push Button Manual Pada Panel.....107
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem Aplikasi Secara Jarak Jauh.....108
4.2 Pembahasan…….....110

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Alat.....113
4.3.1 Kelebihan Alat.....113
4.3.2 Kekurangan Alat.....113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan……..…….....115
5.2 Saran……..…….....115
DAFTAR PUSTAKA……...…….....117
Lampiran 1 Table Ladder Diagram PLC.....118
Lampiran 2 Gambar Skema Prototipe.....122
Lampiran 3 Gambar Skema Rumah Pompa Waduk Pluit.....123
Lampiran 4 Observasi Waduk Pluit.....130
Lampiran 5 Sistem Drainase Waduk Pluit Dengan Menggunakan Sistem Polder..135
Biografi.....137

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Rumah Pompa. 8

Gambar 2.2. *Polder* Dalam 9

Gambar 2.3. *Polder* Luar 10

Gambar 2.4. Diagram blok suatu sistem sederhana 11

Gambar 2.5. Sistem pengendalian lup terbuka 14

Gambar 2.6. Sistem pengendalian lup tertutup 15

Gambar 2.7. MCB (*miniature circuit breaker*) 16

Gambar 2.8. Arsitektur PLC 19

Gambar 2.9. Sistem Dasar PLC 21

Gambar 2.10. PLC CP1E-N20DR-A 22

Gambar 2.11. Jenis-jenis CPU Omron 23

Gambar 2.12. Rangkaian Modul *Input* 25

Gambar 2.13. Rangkaian Modul *Output* 26

Gambar 2.14. Alat pemrogram 27

Gambar 2.15. Diagram Alir Pengoperasian PLC 32

Gambar 2.16. Instruksi LD 33

Gambar 2.17. Instruksi *NOT* 34

Gambar 2.18. Instruksi *OUT* 34

Gambar 2.19. Instruksi *AND* 35

Gambar 2.20. Instruksi *OR* 35

Gambar 2.21. Instruksi *AND* LD 36

Gambar 2.22. Instruksi *OR* LD 37

Gambar 2.23. Instruksi Garis Bercabang 37
Gambar 2.24. Contoh Penggunaan *Timer* 38
Gambar 2.25. Contoh Penggunaan *Counter* 39
Gambar 2.26. *Internal Relay* 41
Gambar 2.27. Contoh Penggunaan DIFU 41
Gambar 2.28. Contoh Penggunaan DIFD 42
Gambar 2.29. Contoh Penggunaan *Holding Relay* 42
Gambar 2.30. Sensor *Rotary Encoder* 44
Gambar 2.31. Blok Penyusun *Rotary Encoder* 45
Gambar 2.32. *Incremental Rotary Encoder* 46
Gambar 2.33. *Push Button Switch* 47
Gambar 2.34. Prinsip Kerja *Push Button Switch* 48
Gambar 2.35. *Emergency Stop* dan Simbol 49
Gambar 2.36. Pompa Sentrifugal 52
Gambar 2.37. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal 53
Gambar 2.38. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal Seperti Gerakan Tangan Memutar 54
Gambar 2.39. Gaya Gerak Melingkar Pompa Sentrifugal 54
Gambar 2.40. *Axial Flow* 55
Gambar 2.41. Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal 56
Gambar 2.42. Jenis *Impeller* Pada Pompa Sentrifugal……...57
Gambar 2.43. Pompa Aksial…….…….58
Gambar 2.44. Bagian-bagian Pompa Aksial……..59
Gambar 2.45. Detail Bagian-bagian Pompa Aksial……...61
Gambar 2.46. Bagian-bagian Sisi *Inlet* Pompa……..62
Gambar 2.47. Bagian-bagian Sisi *Drive-End* Pompa……63
Gambar 2.48. Lampu Indikator……..64

Gambar 2.49. *Relay*…….....…...65

Gambar 2.50. Kontak *Relay* NO *(normaly open)*.....65

Gambar 2.51. Kontak *Relay* NC *(normaly close)*.....66

Gambar 2.52. Kontak *Relay* Posisi Tukar Sambung.....66

Gambar 2.53. *Selector Switch*.....67

Gambar 2.54. Tombol *New* pada *Toolbar*.....69

Gambar 2.55. *Change* PLC.....69

Gambar 2.56. *Main Window Software CX-Programmer*.....70

Gambar 2.57. Simbol kontak, koil, garis atau fungsi pada PLC.....72

Gambar 2.58. Diagram Blok Alat.....74

Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem.....78

Gambar 3.2. Diagram Pelaksanaan Pembuatan Alat…….……80

Gambar 3.3. Ilustrasi Prototipe Rumah Pompa Banjir……...…82

Gambar 3.4. Meteran Air Waduk Pluit Dan Prototipe……...……82

Gambar 3.5. Bak Penampung Air prototipe…….……..……87

Gambar 3.6. *Wiring* diagram……..……91

Gambar 3.7. *Wiring* Sensor *Rotary Encoder*…….……91

Gambar 3.8. *Wiring Push Button* NO……92

Gambar 3.9. *Wiring Push Button* NC…….…...…….……...92

Gambar 3.10. *Wiring* Pompa……..……93

Gambar 3.11. *Wiring Selector Switch* Dan Lampu…..……..…….....93

Gambar 3.12. *Flowchart* Alat……...96

Gambar 4.1. (A) Prototipe keadaan mati,

(B) Prototipe keadaan mengontrol.....102

Gambar 4.2. Push Button Manual Pada Panel…….107

Gambar 4.3. Maket Rumah Pompa Banjir……...108

Gambar 4.4. (A) Pengujian menyalakan dengan komputer,

(B) Kondisi pompa pada maket.....109

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Fungsi masing-masing menu pada *Main Window Software CX-Programmer*.....70

Tabel 3.1. Perbandingan level air dan status siaga….……83

Tabel 3.2. Perbandingan luas Penampung Air…….……..……84

Tabel 3.3. Perbandingan debit pompa……84

Tabel 3.4. Debit Air Prototipe Pada Keran……85

Tabel 3.5. Debit Air Prototipe Pada Pompa…...……85

Tabel 3.6. Debit Maksimal Pada Prototipe……86

Tabel 3.7. Pengujian Debit Maksimal Yang Masuk Ke Waduk……86

Tabel 3.8. Kemampuan Pompa Waduk Pluit Untuk Membuang Air Waduk...….86

Tabel 3.9. Rumus Volume Bak Dan Rumus Debit Air.....88

Tabel 3.10. Hasil Hitungan dari Pompa dan Keran di Prototipe 88

Tabel 3.11. Konfigurasi Pin I/O PLC pada Prototipe 90

Tabel 3.12. Pengujian Pada Sensor *Rotary Encoder* 97

Tabel 3.13. Pengujian Tegangan Pada *Push Button* 97

Tabel 3.14. Pengujian Tegangan Pada Pompa.....98

Tabel 3.15. Pengujian Tegangan Pada Lampu.....98

Tabel 3.16. Pengujian Tombol Pada *Software* PLC (Mode Manual) 99

Tabel 3.17. Pengujian Sensor (Mode Otomatis).....100

Tabel 4.1. Debit Air Prototipe Pada Keran.....103

Tabel 4.2. Debit Air Prototipe Pada Pompa.....103

Tabel 4.3. Debit Maksimal Pada Prototipe.....104

Tabel 4.4. Pengujian Debit Maksimal Yang Masuk Ke Waduk.....104

Tabel 4.5. Kemampuan Pompa Untuk Membuang Air Waduk.....104

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Maket Menggunakan Sensor *Rotary Encoder* Dengan Menggunakan Meteran Air 105

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Tegangan Maket Pada *Push Button*.....105

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Tegangan Pada Pompa 105

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Tegangan Pada Lampu 106

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Tombol Pada *Software* PLC (Mode Manual).....106

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Sensor (Mode Otomatis) 107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Jakarta merupakan Ibukota yang memiliki curah hujan yang sangat tinggi sehingga sering mengalami kebanjiran. Populasi penduduk dan pembangunan yang semakin meningkat menimbulkan akibat lahan resapan air dan sungai di Jakarta semakin sempit. Akibat lahan resapan air dan sungai semakin sempit, timbul musibah banjir pada saat musim hujan datang. Terkadang orang–orang sering kali membuang sampah sembarangan yang menurut mereka sedikit, ternyata berdampak besar untuk Jakarta.

Permasalahan banjir pada umumnya sangat terkait erat dengan berkembangnya kawasan perkotaan yang selalu diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk, aktifitas dan kebutuhan lahan, baik untuk permukiman maupun kegiatan ekonomi. Karena keterbatasan lahan di perkotaan, terjadi intervensi kegiatan perkotaan pada lahan yang seharusnya berfungsi sebagai daerah konservasi dan ruang terbuka hijau. Akibatnya, daerah resapan air semakin sempit sehingga terjadi peningkatan aliran permukaan dan erosi.

Curah hujan yang sangat tinggi juga menjadi salah satu faktor utama mudahnya Jakarta dilanda banjir. Dan sulit untuk memprediksi berapa kubik air yang turun disaat hujan, bahkan air sungai yang datang dari dataran tinggi seperti air sungai yang datang dari bogor. Yang diperlukan hanya bagaimana air sungai dapat mengalir dengan lancar dan bagaimana sampah tidak menghambat laju air. Ketidaklancaran air sungai menuju laut juga memberikan kontribusi terhadap penyebab banjir. Jadi, pemantauan terhadap aliran air dari sungai ke waduk sangatlah penting. Kelancaran aliran air dari 10 sungai ke waduk bergantung pada fungsi pompa, sebagai contoh rumah pompa banjir Waduk Pluit.

Rumah pompa Waduk Pluit, Jakarta Utara, setahun terakhir menjadi tonggak untuk mengatasi banjir di Jakarta. Peran rumah pompa banjir ini memang sangat vital karena harus mengontrol ketinggian air di Waduk Pluit yang memiliki luas mencapai 80 *hektare*. Rumah pompa Waduk Pluit merupakan salah satu yang terbesar di DKI Jakarta. Rumah pompa banjir waduk pluit memiliki 10 unit pompa dengan total kapasitas 50,2 kubik per detik. Dalam kondisi cuaca normal hanya dua atau tiga pompa yang bekerja menyedot air dari waduk pluit dan membuangnya ke laut utara Jakarta. Penanganan banjir tidak hanya bergantung pada rumah pompa Waduk Pluit saja, namun juga bergantung pada ratusan rumah pompa ukuran kecil lainnnya yang tersebar di berbagai pelosok Jakarta.

Sistem *Polder* adalah suatu sistem cara penanganan banjir dengan kelengkapan sarana fisik yang meliputi; sistem *drainase* kawasan, kolam *retensi*, tanggul keliling kawasan, pompa atau pintu air, sebagai satu kesatuan pengelolaan tata air tak terpisahkan. Sistem *polder* dilakukan pada lokasi dengan posisi *drainase* (penanganan air berlebih) yang baik. Dengan sistem *polder*, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Sistem *polder* disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali.

Keberhasilan dari sistem *polder* adalah menjaga atau mempertahankan kondisi muka air tanah sehingga diperlukan kemampuan pompa untuk mengatur ketinggian muka air. Sistem *polder* dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu: *Polder* dalam dan *Polder* luar. *Polder* dalam yaitu air tidak langsung dibuang ke laut, tetapi disalurkan ke waduk tampungan yang mengarah ke rumah pompa agar lumpur dan sampah tidak tersedot. kemudian baru dialirkan ke laut. *Polder* luar yaitu air dari waduk langsung disedot dan disalurkan ke luar waduk, di waduk pluit *polder* luar menggunakan pompa khusus menyedot air dan lumpur. Lumpur tersebut tidak dibuang ke laut tetapi ditampung oleh kapal tongkang.

Keuntungan sistem *polder* adalah volume tanah urukan sangatlah kecil. Terutama jika lahan tidak perlu ditinggikan. Namun, kekurangannya adalah diperlukan biaya yang cukup besar untuk pembuatan tanggul, sistem kanal, dan saluran serta sistem pompa. Sistem *polder* sangat bergantung pada pompa. Jika pompa mati, maka kawasan akan tergenang air.

Banyak orang yang merasakan manfaat dari sistem *polder* karena dengan kenyataannya Jakarta datarannya lebih rendah dengan laut. Maka untuk kelancaran air sungai dibutuhkan area atau kolam penampungan air yang besar seperti Waduk Pluit yang memiliki luas 80 *hektare* agar aliran sungai lebih cepat mengalir, lalu air sungai yang telah ditampung oleh Waduk Pluit dikuras dengan pompa ke laut. Di Waduk Pluit juga sudah diterapkan sistem membersihkan sampah dengan menggunakan alat berat agar mesin pompa terhindar dari kerusakan.

Waduk Pluit memiliki 10 pompa yang sudah terpasang, mesin pompa yang digunakan terletak di dalam rumah pompa banjir, masing – masing pompa sudah diletakkan di tiga rumah pompa banjir. Rumah pompa banjir tersebut selalu beroperasi 24 jam setiap hari, secara bergiliran dengan batas operasi 8 jam setiap pompa, agar mesin pompa selalu terjaga kualitasnya. Tetapi dalam keadaan siaga mesin pompa bisa dihidupkan semua atau beroperasi sesuai keperluan untuk menjaga ketinggian waduk tetap pada level ketinggian yang aman. Pengoperasian mesin pompa operator turun ke lapangan atau saat ini dilakukan secara manual dengan cara menghidupkan atau mematikan di ruangan panel. Sistem manual sangat bergantung pada operator yang bekerja secara *sift* selama 24 jam dengan setiap *sift* lamanya 8 jam.

Kelemahan sistem manual yang sangat bergantung pada operator melatar belakangi perlunya sebuah alat yang mampu membantu pengoperasiannya secara otomatis dan dapat memberikan kode atau tampilan secara lebih nyata di ruang kontrol, jadi operator tidak perlu

setiap saat atau selalu berada di lapangan melihat ketinggian air dan menghidupkan mesin pompa sesuai keperluan. Rumah pompa yang bekerja secara otomatis akan lebih praktis, pemantauan dari jauh dan kemudahan dalam perubahan sistem kerjanya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti tertarik membuat suatu penelitian yang berjudul "*Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC". Sistem pemompaan yang otomatis pada rumah pompa banjir memanfaatkan PLC (*Programmable Logic Control*) sebagai *maincontrol* atau pusat kendali sistem untuk memonitor dan mengambil keputusan sesuai dengan masukkan yang diterima. Diharapkan mampu memperkecil *human error* atau kesalahan yang terjadi yang diakibatkan oleh kelalaian manusia sebagai operator.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasikan, yaitu :

1. Bagaimanakah prinsip kerja sistem rumah pompa banjir sebagai pencegahan dan penanganan banjir ?
2. Apa saja yang diperlukan untuk membuat sistem rumah pompa banjir berbasis PLC ?
3. Bagaimana caranya agar memonitor dan mengendalikan kerja pompa dari jarak jauh (*control room*) ?
4. Bagaimanakah memanfaatkan PLC CP1E-N20DR-A sebagai alat pengendali mesin pompa terprogram ?

1.3. Pembatasan Masalah

Pertimbangan latar belakang masalah dan identifikasi masalah, maka penelitian ini diberi batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. PLC yang digunakan adalah PLC Omron CP1E-N20DR-A.
2. Maket sistem dibuat dengan mengambil skema waduk pluit Jakarta utara.
3. Jenis sensor yang digunakan untuk mengetahui ketinggian air adalah jenis sensor *rotary encoder.*
4. Dalam penulisan skripsi ini tidak membahas tentang ketersediaan listrik sebagai sumber energi utama sistem.
5. Ada 3 pompa yang digunakan dan pompa yang digunakan adalah pompa Dinamik jenis pompa Sentrifugal.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah yang ada maka permasalahan yang diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut: "Bagaimanakah membuat *Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC ?".

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ialah untuk menghasilkan *Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC, diharapkan mampu memperkecil *human error* atau kesalahan yang terjadi yang diakibatkan oleh kelalaian manusia sebagai operator.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun kegunaan penelitian ini antara lain :

1. Memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keamanan bagi masyarakat untuk pencegahan dan penanganan banjir secara luas.

2. Memberikan pengetahuan tentang sistem rumah pompa banjir berbasis PLC.

3. Sebagai bahan ajar untuk mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.

BAB I

PENDAHULUAN

1.7. Latar Belakang Masalah

Jakarta merupakan Ibukota yang memiliki curah hujan yang sangat tinggi sehingga sering mengalami kebanjiran. Populasi penduduk dan pembangunan yang semakin meningkat menimbulkan akibat lahan resapan air dan sungai di Jakarta semakin sempit. Akibat lahan resapan air dan sungai semakin sempit, timbul musibah banjir pada saat musim hujan datang. Terkadang orang–orang sering kali membuang sampah sembarangan yang menurut mereka sedikit, ternyata berdampak besar untuk Jakarta.

Permasalahan banjir pada umumnya sangat terkait erat dengan berkembangnya kawasan perkotaan yang selalu diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk, aktifitas dan kebutuhan lahan, baik untuk permukiman maupun kegiatan ekonomi. Karena keterbatasan lahan di perkotaan, terjadi intervensi kegiatan perkotaan pada lahan yang seharusnya berfungsi sebagai daerah konservasi dan ruang terbuka hijau. Akibatnya, daerah resapan air semakin sempit sehingga terjadi peningkatan aliran permukaan dan erosi.

Curah hujan yang sangat tinggi juga menjadi salah satu faktor utama mudahnya Jakarta dilanda banjir. Dan sulit untuk memprediksi berapa kubik air yang turun disaat hujan, bahkan air sungai yang datang dari dataran tinggi seperti air sungai yang datang dari bogor. Yang diperlukan hanya bagaimana air sungai dapat mengalir dengan lancar dan bagaimana sampah tidak menghambat laju air. Ketidaklancaran air sungai menuju laut juga memberikan kontribusi terhadap penyebab banjir. Jadi, pemantauan terhadap aliran air dari sungai ke waduk sangatlah penting. Kelancaran aliran air dari 10 sungai ke waduk bergantung pada fungsi pompa, sebagai contoh rumah pompa banjir Waduk Pluit.

Rumah pompa Waduk Pluit, Jakarta Utara, setahun terakhir menjadi tonggak untuk mengatasi banjir di Jakarta. Peran rumah pompa banjir ini memang sangat vital karena harus mengontrol ketinggian air di Waduk Pluit yang memiliki luas mencapai 80 *hektare*. Rumah pompa Waduk Pluit merupakan salah satu yang terbesar di DKI Jakarta. Rumah pompa banjir waduk pluit memiliki 10 unit pompa dengan total kapasitas 50,2 kubik per detik. Dalam kondisi cuaca normal hanya dua atau tiga pompa yang bekerja menyedot air dari waduk pluit dan membuangnya ke laut utara Jakarta. Penanganan banjir tidak hanya bergantung pada rumah pompa Waduk Pluit saja, namun juga bergantung pada ratusan rumah pompa ukuran kecil lainnnya yang tersebar di berbagai pelosok Jakarta.

Sistem *Polder* adalah suatu sistem cara penanganan banjir dengan kelengkapan sarana fisik yang meliputi; sistem *drainase* kawasan, kolam *retensi*, tanggul keliling kawasan, pompa atau pintu air, sebagai satu kesatuan pengelolaan tata air tak terpisahkan. Sistem *polder* dilakukan pada lokasi dengan posisi *drainase* (penanganan air berlebih) yang baik. Dengan sistem *polder*, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Sistem *polder* disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali.

Keberhasilan dari sistem *polder* adalah menjaga atau mempertahankan kondisi muka air tanah sehingga diperlukan kemampuan pompa untuk mengatur ketinggian muka air. Sistem *polder* dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu: *Polder* dalam dan *Polder* luar. *Polder* dalam yaitu air tidak langsung dibuang ke laut, tetapi disalurkan ke waduk tampungan yang mengarah ke rumah pompa agar lumpur dan sampah tidak tersedot. kemudian baru dialirkan ke laut. *Polder* luar yaitu air dari waduk langsung disedot dan disalurkan ke luar waduk, di waduk pluit *polder* luar menggunakan pompa khusus menyedot air dan lumpur. Lumpur tersebut tidak dibuang ke laut tetapi ditampung oleh kapal tongkang.

Keuntungan sistem *polder* adalah volume tanah urukan sangatlah kecil. Terutama jika lahan tidak perlu ditinggikan. Namun, kekurangannya adalah diperlukan biaya yang cukup besar untuk pembuatan tanggul, sistem kanal, dan saluran serta sistem pompa. Sistem *polder* sangat bergantung pada pompa. Jika pompa mati, maka kawasan akan tergenang air.

Banyak orang yang merasakan manfaat dari sistem *polder* karena dengan kenyataannya Jakarta datarannya lebih rendah dengan laut. Maka untuk kelancaran air sungai dibutuhkan area atau kolam penampungan air yang besar seperti Waduk Pluit yang memiliki luas 80 *hektare* agar aliran sungai lebih cepat mengalir, lalu air sungai yang telah ditampung oleh Waduk Pluit dikuras dengan pompa ke laut. Di Waduk Pluit juga sudah diterapkan sistem membersihkan sampah dengan menggunakan alat berat agar mesin pompa terhindar dari kerusakan.

Waduk Pluit memiliki 10 pompa yang sudah terpasang, mesin pompa yang digunakan terletak di dalam rumah pompa banjir, masing – masing pompa sudah diletakkan di tiga rumah pompa banjir. Rumah pompa banjir tersebut selalu beroperasi 24 jam setiap hari, secara bergiliran dengan batas operasi 8 jam setiap pompa, agar mesin pompa selalu terjaga kualitasnya. Tetapi dalam keadaan siaga mesin pompa bisa dihidupkan semua atau beroperasi sesuai keperluan untuk menjaga ketinggian waduk tetap pada level ketinggian yang aman. Pengoperasian mesin pompa operator turun ke lapangan atau saat ini dilakukan secara manual dengan cara menghidupkan atau mematikan di ruangan panel. Sistem manual sangat bergantung pada operator yang bekerja secara *sift* selama 24 jam dengan setiap *sift* lamanya 8 jam.

Kelemahan sistem manual yang sangat bergantung pada operator melatar belakangi perlunya sebuah alat yang mampu membantu pengoperasiannya secara otomatis dan dapat memberikan kode atau tampilan secara lebih nyata di ruang kontrol, jadi operator tidak perlu

setiap saat atau selalu berada di lapangan melihat ketinggian air dan menghidupkan mesin pompa sesuai keperluan. Rumah pompa yang bekerja secara otomatis akan lebih praktis, pemantauan dari jauh dan kemudahan dalam perubahan sistem kerjanya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti tertarik membuat suatu penelitian yang berjudul "*Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC". Sistem pemompaan yang otomatis pada rumah pompa banjir memanfaatkan PLC (*Programmable Logic Control*) sebagai *maincontrol* atau pusat kendali sistem untuk memonitor dan mengambil keputusan sesuai dengan masukkan yang diterima. Diharapkan mampu memperkecil *human error* atau kesalahan yang terjadi yang diakibatkan oleh kelalaian manusia sebagai operator.

1.8. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasikan, yaitu :

5. Bagaimanakah prinsip kerja sistem rumah pompa banjir sebagai pencegahan dan penanganan banjir ?
6. Apa saja yang diperlukan untuk membuat sistem rumah pompa banjir berbasis PLC ?
7. Bagaimana caranya agar memonitor dan mengendalikan kerja pompa dari jarak jauh (*control room*) ?
8. Bagaimanakah memanfaatkan PLC CP1E-N20DR-A sebagai alat pengendali mesin pompa terprogram ?

1.9. Pembatasan Masalah

Pertimbangan latar belakang masalah dan identifikasi masalah, maka penelitian ini diberi batasan-batasan masalah sebagai berikut :

6. PLC yang digunakan adalah PLC Omron CP1E-N20DR-A.
7. Maket sistem dibuat dengan mengambil skema waduk pluit Jakarta utara.
8. Jenis sensor yang digunakan untuk mengetahui ketinggian air adalah jenis sensor *rotary encoder.*
9. Dalam penulisan skripsi ini tidak membahas tentang ketersediaan listrik sebagai sumber energi utama sistem.
10. Ada 3 pompa yang digunakan dan pompa yang digunakan adalah pompa Dinamik jenis pompa Sentrifugal.

1.10. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah yang ada maka permasalahan yang diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut: "Bagaimanakah membuat *Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC ?".

1.11. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ialah untuk menghasilkan *Prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC, diharapkan mampu memperkecil *human error* atau kesalahan yang terjadi yang diakibatkan oleh kelalaian manusia sebagai operator.

1.12. Manfaat Penelitian

Adapun kegunaan penelitian ini antara lain :

4. Memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keamanan bagi masyarakat untuk pencegahan dan penanganan banjir secara luas.

5. Memberikan pengetahuan tentang sistem rumah pompa banjir berbasis PLC.

6. Sebagai bahan ajar untuk mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.

BAB II

KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1 Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis yang digunakan dalam menyusun penulisan skripsi ini meliputi :

2.1.1 Definisi Prototipe

Bentuk fisik pertama dari satu objek yang direncanakan dibuat dalam satu proses produksi, mewakili bentuk dan dimensi dari objek yang diwakilinya dan digunakan untuk objek penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Kriteria dari prototipe yaitu bentuk awal dari objek yang akan diproduksi dalam jumlah banyak, prototipe dibuat berdasarkan pesanan untuk tujuan komersialisasi, belum pernah dibuat sebelumnya, merupakan hasil penelitian dan pengembangan dari objek atau sistem yang direncanakan akan dibuat, mudah dipahami dan analisis untuk pengembangan lebih lanjut.

2.1.2 Rumah Pompa Banjir

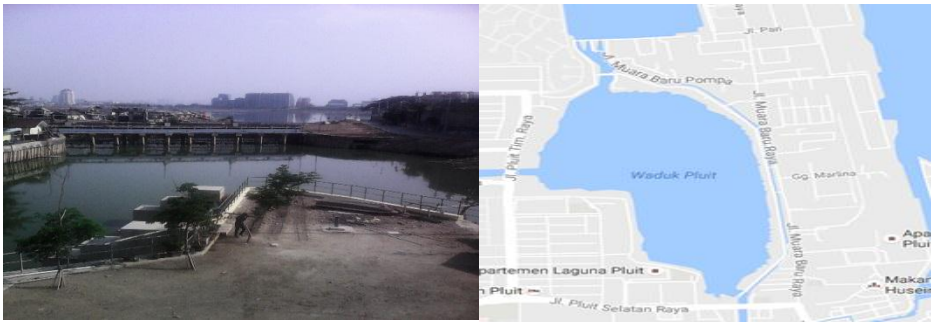
Rumah pompa banjir atau rumah pompa adalah suatu alat atau mesin pompa yang terdapat di dalam bangunan seperti rumah, dan mesin pompa yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan kemudian cairan yang dipindahkan akan berlangsung secara terus menerus. Air sungai yang mengisi waduk dan air sungai yang sudah disedot pompa ke laut dapat dilihat pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 Rumah Pompa

Sumber : www.beritasatu.com

Rumah pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga tersebut berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. (http:// www.beritasatu.com/megapolitan/248204-pentingnya-pompa-waduk-pluit-dalam-penanganan-banjir-jakarta.html, akses 21 Februari 2016)

Rumah pompa waduk pluit sudah diterapkan sistem *polder*, sistem *polder* disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali. Keberhasilan dari sistem *polder* adalah menjaga atau mempertahankan kondisi muka air tanah sehingga diperlukan kemampuan pompa untuk mengatur ketinggian muka air. Sistem *polder* dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu: *Polder* dalam dan *Polder* luar. *Polder* dalam yaitu air tidak langsung dibuang ke laut, tetapi disalurkan ke waduk tampungan yang mengarah ke rumah pompa agar lumpur dan sampah tidak tersedot. kemudian air baru dialirkan ke laut. *Polder* luar yaitu air dari waduk langsung disedot dan disalurkan ke luar waduk, di waduk pluit *polder* luar menggunakan pompa khusus menyedot air dan lumpur. Lumpur tersebut tidak dibuang ke laut tetapi ditampung oleh kapal tongkang. Gambar *polder* dalam dan *polder* luar dapat dilihat pada gambar 2.2 dan gambar 2.3. Untuk lebih jelas lagi sistem drainase yang menggunakan sistem polder di waduk pluit itu seperti apa, dapat dilihat pada lampiran 5.



Gambar 2.2 *Polder* Dalam

Sumber : www.beritasatu.com

Gambar 2.3 *Polder* Luar

Sumber : www.beritasatu.com

2.1.3 Definisi Sistem Kendali

Kata-kata sistem kendali diterjemahkan dari kata *control system*. *System control* adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) pada suatu harga *range* tertentu. Istilah lain dari *system control* atau teknik kendali adalah teknik pengaturan, sistem pengendalian, atau sistem pengontrolan. Sistem tersebut memiliki beberapa komponen yang bekerja sama dalam melakukan suatu sasaran tertentu. Sedangkan kata kendali dan mengendalikan mempunyai unsur dinamika yang mempunyai pengertian tidak hanya mengatur atau merapikan, tetapi juga mengandung nilai-nilai yang bersifat menguasai dan mengekang secara dinamis.

Dari pengertian di atas maka sistem kendali dapat didefinisikan sebagai hubungan timbal balik antara komponen-komponen yang membentuk suatu konfigurasi sistem dan memberikan suatu hasil sesuai dengan yang diharapkan. Hasil keluaran yang dinamakan respon sistem yang dimaksud. Jika harus ada yang dikendalikan, dalam bidang keteknikan yaitu berupa sistem fisis yang biasa disebut dengan kendalian (*plant*).

Sebuah sistem konfigurasi kendali sederhana dapat dibuat dalam bentuk diagram blok seperti pada gambar 2.4 berikut :

Gambar 2.4 Diagram blok suatu sistem sederhana

Sumber : Kuo, Benjamin C

Masukan dan keluaran merupakan suatu variabel atau besaran fisis. Keluaran merupakan hal yang dihasilkan oleh kendali. Sedangkan masukan adalah yang mempengaruhi kendalian.

2.1.3.1 Manfaat Sistem Kendali

Sistem kendali mempunyai peranan yang sangat penting dalam kemajuan ilmu dan teknologi. Peranan sistem kendali meliputi semua bidang aspek kehidupan, bidang ekonomi, pertanian, perternakan, medis, industri, lingkungan dan lain sebagainya. Sebagai contoh, dalam sistem kendali yang membawa kemajuan pada proses industri pesawat terbang, peluru kendali, pesawat ruang angkasa dan sebagainya. Dalam industri sistem kendali dipergunakan dalam pengendalian peralatan-peralatan otomatis untuk kerja mesin produksi seperti motor-motor.

2.1.3.2 Jenis – jenis Sistem Kendali

Berdasarkan jenis pengendalian ada 3 yaitu:

a. Sistem pengendalian manual.

Adalah sistem kendali yang pengendaliannya dilakukan oleh manusia sebagai operatornya (*genterus*). Sistem pengendalian manual masih banyak dipakai pada aplikasi tertentu. Biasanya sistem digunakan pada proses-proses yang tidak banyak mengalami perubahan beban (*load*) atau proses yang tidak kritis.

Keuntungan dari sistem pengendalian adalah :

1. Lebih sederhana
2. Instrumentasi kendali manual lebih murah dilihat dari segi ekonomi.

b. Sistem pengendalian otomatis.

Adalah sistem pengendalian dimana peran operator sudah digantikan oleh sebuah alat (komponen) yang dinamakan pengendali (*controller*). Sistem pengendali otomatis merupakan sistem kendali yang berumpan balik, atau sistem kendali lup tertutup.

c. Sistem pengendalian semi otomatis.

Pada kendali semi otomatis, kerja operator sedikit ringan (tidak mengeluarkan tenaga besar), cukup dengan jari menekan tombol tekan *start* saat awal menggerakkan motor dan menekan tombol *stop* saat menghentikan putaran motor. Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik menggunakan konduktor magnit, yang bisa dilengkapi *rele* pengaman arus lebih (*Thermal Overload Relay*) sebagai pengaman motor.

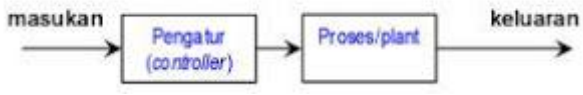
2.1.3.3 Konfigurasi Sistem Kendali

Konfigurasi sistem kendali berdasarkan pengaruh keluaran/respon terhadap prosesnya:

a. Sistem kendali lup terbuka (*Open Loop Control System*).

Adalah suatu kendali yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kendali lup terbuka keluaran (*output*) tidak diukur atau diumpanbalik untuk dibandingkan dengan *set point*.

Sistem kendali lup terbuka atau umpan maju (*feedforward control*) umumnya mempergunakan pengatur (*controller*) serta aktuator kendali (*control actuator*) yang berguna untuk memperoleh respon sistem yang baik. Keluaran pada lup terbuka tidak diperhitungkan ulang oleh *controller*. Suatu keadaan apakah *plant* benar-benar telah mencapai target seperti yang dikehendaki masukan atau referensi, tidak dapat mempengaruhi kinerja kontroler. Konfigurasi sistem pengendalian lup terbuka dapat dilihat pada gambar 2.5.



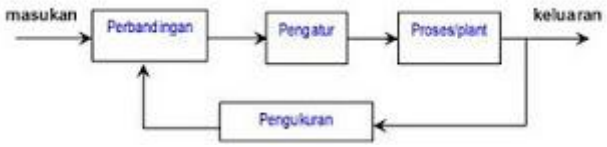
Gambar 2.5 Sistem pengendalian lup terbuka

Sumber : Kuo, Benjamin C

b. Sistem kendali lup tertutup (*Close Loop Control System*)

Sistem kendali lup terbuka tidak bisa menjamin keluaran yang diinginkan dari suatu proses jika terjadi gangguan. Beberapa teknik yang perlu untuk memonitor keluaran aktual membandingkannya dengan nilai yang dikehendaki dan menempatkan kembali aktuator untuk mengeleminasi (menghilangkan) galat/*error*. Sistem kendali lup tertutup adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengendalian. Keluaran dari sistem lup tertutup akan diumpan balikkan ke dalam *set point*.

Sistem kendali lup tertutup (*closed loop system*) memanfaatkan variabel yang sebanding dengan selisih respon yang terjadi terhadap respon yang diinginkan. Sistem lup tertutup juga sering dikenal dengan sistem kendali umpan balik. Aplikasi sistem umpan balik banyak dipergunakan untuk sistem kemudi kapal laut dan pesawat terbang. Perangkat sehari-hari yang juga menerapkan sistem ini adalah penyetelan temperatur pada almari es, oven, tungku, dan pemanas air. Konfigurasi sistem pengendalian lup tertutup dapat dilihat pada gambar 2.6. (Kuo, Benjamin C. 1998 : Jilid 1)



Gambar 2.6 Sistem pengendalian lup tertutup

Sumber : Kuo, Benjamin C

Dengan sistem kendali gambar 2.6, kita bisa ilustrasikan apabila keluaran aktual telah sama dengan referensi atau masukan maka *input* kontroler akan bernilai nol. Nilai nol artinya kontroler tidak lagi memberikan sinyal aktuasi kepada *plant*, karena target akhir perintah gerak telah diperoleh. Sistem kendali lup terbuka dan tertutup tersebut merupakan bentuk sederhana yang nantinya akan mendasari semua sistem pengaturan yang lebih kompleks dan rumit. Hubungan antara masukan (*input*) dengan keluaran (*output*) menggambarkan korelasi antara sebab dan akibat proses yang berkaitan. Masukan juga sering diartikan tanggapan keluaran yang diharapkan.

Jenis pengendali yang digunakan untuk membuat alat "*Prototype* Rumah Pompa Banjir Dengan Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC" adalah sistem pengendalian otomatis karena sistem pengendalian dimana peran operator sudah digantikan oleh sebuah alat (komponen) yang dinamakan pengendali (*controller*).

2.1.4 Pengertian dan fungsi MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Berikut ini ada berbagai jenis MCB (*miniature circuit breaker*) bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan dapat dilihat pada gambar 2.7. (Miung, http://www.miung.com/2013/05/pengertian-dan-fungsi-mcb-miniature.html?m=1, akses 2 Maret 2016)

Gambar 2.7 MCB (*miniature circuit breaker*)

Sumber : www.miung.com

MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker* (bahasa Inggris). Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut.

Beberapa manfaat (fungsi MCB) adalah sebagai berikut ini:

1. Pengaman hubung singkat
2. Mengamankan beban lebih
3. Sebagai sakelar utama.

2.1.5 PLC (*Programmable Logic Controller*)

2.1.5.1 Sejarah PLC

Sistem PLC pertama berkembang dari komputer konvensional pada tahun 1960 dan awal tahun 1970. Berawal dari rasa jemu dengan sistem-sistem kontrol besar yang tidak *fleksibel*, beberapa ahli di *General Motors* (USA) divisi *hydromatic* pada tahun 1968 mulai membuat serangkaian persyaratan untuk perlengkapan kontrol jenis baru. Persyaratan ini menjadi cetak biru bagi semua PLC masa kini.

Para ahli pada saat ini menginginkan beberapa kelebihan dari piranti kontrol baru ini diantaranya:

1. Sistem modern yang bersifat *solid state*
2. Kemampuan mengenai kondisi-kondisi yang sulit
3. Fleksibilitas komputer
4. Pemograman yang mudah
5. Pemeliharaan yang mudah oleh para *engineer* di pabrik dan oleh teknisi
6. Dapat didaur ulang kemampuan (ter-*programmable*) untuk dapat digunakan kembali dalam aplikasi dimasa datang.

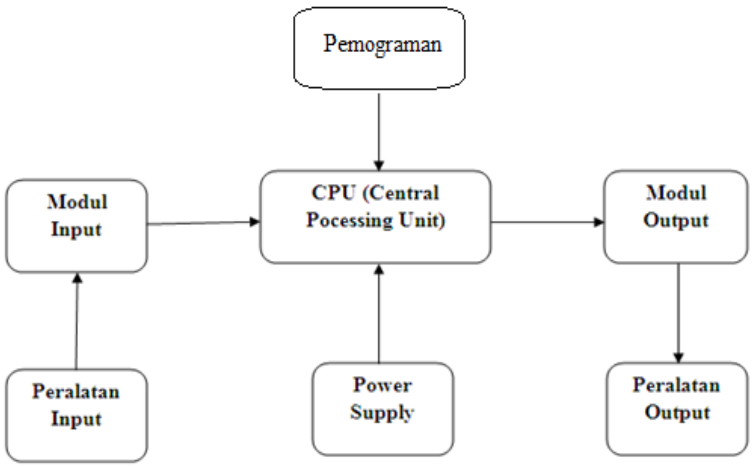
PLC pertama hadir disebut dengan PC (*Programmable Controller*) diperuntukkan sebagai suatu proyek dengan obyektifnya untuk memonitor parameter proses penting dan mengimbangi secara terkoordinasi suatu proses operasi, dan dapat diprogram juga re-*programm* seperti komputer yang mampu mengontrol berbasiskan teknologi *digital*, tidak memakan tempat maupun energi yang besar, dapat menggantikan rangkaian relai yang sangat kompleks, kaku (*hard-wired* tidak *fleksibel*).

Akan tetapi karena penggunaan akronim PC menyebabkan terjadinya makna ganda antara PC *(personal computer)* dengan PC *(programmable controller)*, maka PC diubah menjadi PLC. Karena fungsinya karena pengendali untuk mengontrol dan mengoperasikan peralatan-peralatan dan mesin-mesin yang dibuat sesuai dengan program-program

berbasiskan logika yang menghasilkan *output*, maka *unit* pengontrol disebut sebagai *Programmable Logic Controller* (PLC).

2.1.5.2 Pengertian PLC

Programmable logic controller singkatnya PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *microprocessor* yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan intruksi-intruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, *sequencing* perwaktuan *(timming)*, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses, PLC juga dianggap untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer serta bahasa pemrograman. (Syufrijal, 2011: hal 3)



Gambar 2.8 Arsitektur PLC

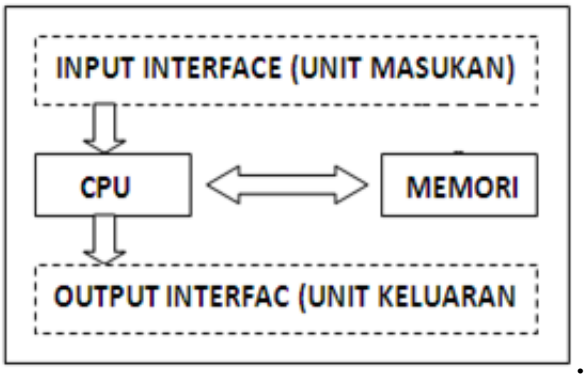
Sumber : buku PLC

Seperti yang ditunjukan pada gambar 2.8 peralatan *input* dapat berupa saklar, tombol, dan sensor. Data-data yang masuk dari peralatan *input* berupa sinyal diskrit atau *analog*. Modul *input* ini akan mengidentifikasikan serta mengubah sinyal yang masuk tersebut ke

dalam bentuk tegangan yang sesuai oleh CPU sehingga menjadi sinyal *digital* berdasarkan program yang telah disimpan dalam memori dan selanjutnya sinyal tersebut dikirim ke modul *output*. Kemudian sinyal yang dapat digunakan untuk menjalankan peralatan *output* berupa lampu, kutup, motor, kontaktor ataupun relai. Peralatan *output* yang nantinya akan mengoperasikan sistem atau proses yang akan dikontrol.

PLC menurut *National Electrical Manufactures Assotiation* (NEMA), adalah sebuah perangkat elektronika *digital* yang menggunakan memori yang dapat diprogram dan dapat juga di-*reprogramm* untuk penyimpan *internal* dan menyimpan induksi-induksi untuk melanjutkan fungsi-fungsi seperti *logic*, *sequance*, *timing*, *counting*, dan *arithmetic*, untuk mengendalikan mesin atau proses PLC dibuat untuk menggantikan fungsi *sequensial* relai untuk mengendalikan mesin atau prosesor melalui *input* dan *output* yang tergantung dari kondisi menghidupkan atau mematikan *output*. PLC dirancang untuk pengendalian proses dengan banyak *binary state variable* (sensor), serta banyak *binary state actuator*, basis dari algoritma *control* PLC adalah *binary logic IF-THAN* salah satu keunggulan PLC adalah mempunyai arsitektur yang *programmable* serta *expondable*. Sehingga sangat adaptif untuk setiap perubahan *system control*.

PLC terdiri dari *central procesing unit* (CPU) yang berisikan aplikasi program *input* dan *output* modul *interface* yang terhubung langsung pada bagian peralatan I/0. Program pengontrol PLC, ketika sinyal *input* dari peralatan *input* pada kondisi *ON* pada peralatan *output.* Berikut adalah contoh sistem dasar PLC dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sistem Dasar PLC

Sumber : buku PLC

2.1.5.3 Jenis PLC Yang Digunakan CP1E-N20DR-A

Keuntungan menggunakan Omron *Programmable Controllers* CP1E

a. Biaya murah
b. Aplikasi mudah digunakan
c. Aplikasi mencakup banyak fungsi.

Biaya mahal tetapi terjangkau, PLC CP1E memberikan kinerja sangat unggul dibandingkan PLC yang biaya tinggi untuk serta mengurangi biaya produktivitas lainnya dengan memilih CPU. Berikut adalah gambar PLC CP1E dapat dilihat pada gambar 2.10.

Gambar 2.10 PLC CP1E-N20DR-A

Sumber : www.PLC CP1E-N20DR-A.com

PLC CP1E begitu mudah untuk di *install* maupun secara penggunaan dalam aplikasi kerja. Karena instruksi dari *keyboard* di Editor *mode Ladder*, alamat secara otomatis ditampilkan sehingga mempermudah cara kerja operator.

Aplikasi mencakup banyak fungsi :

a. Sangat efesien dan efektif, menangani masalah bahkan yang terkecil sekalipun.
b. Bermacam *unit* tersedia untuk meningkatkan ekspansi aplikasi (dapat difungsikan *Exstra* lagi jika menambahkan ekspansi)**.**

2.1.5.4 Bagian – bagian PLC

Bagian PLC pada prinsipnya tidak jauh berbeda dari perangkat keras yang dimiliki oleh komputer, yaitu terdiri dari *Central Processing Unit* atau CPU, Modul *Input*, Modul *Output*, Alat Pemrograman dan Catu Daya

1. **CPU**

CPU berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mendekodekannya dan kemudian mengeksekusi instruksi. Selama proses, CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, memindahkan data ke I/O *port* atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatika dan logika juga mendeteksi sinyal dari luar CPU. CPU bertugas untuk menghubungkan peralatan *input* dan *output*. CPU pada umumnya terdiri dari 3 unsur utama, yaitu *processor*, sistem memori dan catu daya. Arsitektur CPU dapat berbeda untuk setiap merk, misalnya saja catu dayanya berada di luar CPU. Beberapa jenis CPU Omron dapat dilihat pada gambar 2.11.

Gambar 2.11 Jenis-jenis CPU Omron

Sumber : buku PLC

a. Processor

Kecerdasan yang dimiliki oleh PLC berasal dari suatu *Integreted Circuit* (IC) yang disebut *microprocessor*, seluruh operasi data *handling*, aritmatika, dan diagnosa dilakukan oleh *processor*. Tugas pokok *processor* adalah memberi komando dan mengatur aktifitas seluruh sistem. Dalam melaksanakan fungsinya, *processor* menginterpretasi dan mengeksekusi sekumpulan sistem program yang tersimpan secara permanen, berbeda di dalam *controller* dan merupakan bagian dari *controller* itu sendiri.

b. Memori

Memori adalah bagian yang penting dalam PLC, deretan intruksi atau program, dan data disimpan dalam sistem memori. Dua pertimbangan pokok yang melandasi pemakaian memori untuk menyimpan program terapan adalah kemampuan menyimpan program (secara permanen atau tidak), dan fasilitas untuk perubahan. Dalam uraian tersebut ada dua jenis memori yang dibahas yaitu *Read Only Memory* (ROM) dan *Random Access Memory* (RAM).

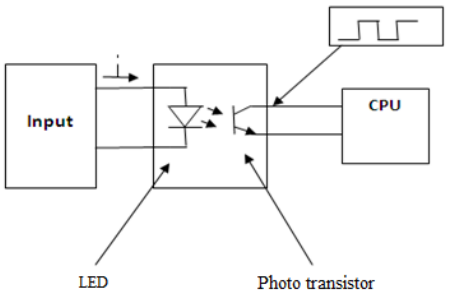
2. Modul *Input* Dan *Output*

Modul *input* dan modul *output* merupakan suatu peralatan atau perangkat elektronik yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung antara CPU dengan peralatan *input* dan *output* luar. Pada jenis PLC yang kompak modul I/O terpasang secara permanen yang bergabung dengan CPU dan catu daya sehingga modul I/O tidak dapat dilepas. Akan tetapi pada jenis PLC modular modul I/O terpisah dengan CPU sehingga mudah untuk dilepas dan dipasang kembali ke dalam raknya.

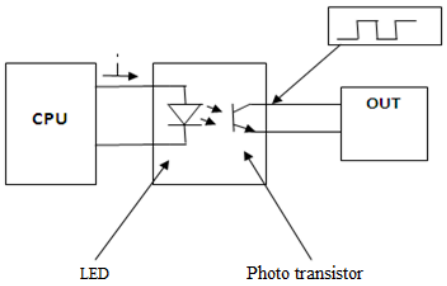
a. Modul *Digital* I/O

Standar modul *digital input* memiliki kemampuan menerima sinyal berupa tegangan AC/DC yang cukup tinggi misalnya 110 V AC, 220 V AC, 24 V DC dan sinyal yang berasal dari sensor serta saklar, misalnya *limit switch*, *push button*, dan lainnya. Sinyal-sinyal diubah menjadi tegangan rendah oleh modul *input* agar dapat digunakan oleh *processor*.

Standar modul segitiga *output* mengubah tegangan rendah dari *processo*r menjadi tegangan tinggi AC atau DC untuk menghidupkan peralatan-peralatan listrik seperti motor, lampu, kontaktor, kutup dan lain-lain. Di dalam rangkaian modul digital I/O terdapat opto isolator yaitu LED dan phototransistor yang berguna untuk memisahkan tegangan peralatan *input* ke CPU atau dari CPU ke peralatan *output*. Rangkaian *internal* modul *digital* I/O yang menggunakan photo transistor dapat dilihat pada gambar 2.12 dan gambar 2.13.



Gambar 2.12 Rangkaian Modul *Input*



Gambar 2.13 Rangkaian Modul *Output*

b. Modul *Analog* I/O

Modul *analog* berfungsi untuk mendeteksi sinyal *analog* yang berasal dari *transduser* atau *temperature* (PT 100), tekanan dan *flow transmiter* dengan *range* tegangannya sebesar -10 V dan 0 V s/d 10 V, serta *range* arusnya sebesar 0 s/d 20 mA dan s/d 20 mA.

c. Modul *Remote* I/O

Modul ini diperlukan pada sistem kontrol yang besar, *remote* I/O berada pada jarak yang cukup jauh dari CPU (10000 *feet*) sehingga akan banyak menghemat biaya untuk kabel penghubung maupun biaya pemasangannya. Keuntungan lain dari sistem adalah I/O sub sistem dapat diletakkan secara berkelompok mengontrol beberapa mesin atau bagian proses yang terpisah. Cara untuk mempermudah dalam perawatan maupun

star-up karena tidak melibatkan seluruh sistem. Modul *remote* I/O berupa *digital* dan analog, untuk modul *remote digital* I/O saluran transmisi menggunakan sepasang kabel dengan impedansi kurang lebih 100 *Ohm*, sedangkan modul *remote analog* I/O menggunakan kabel *coaxial*.

3. **Alat pemrograman**

Alat pemrograman digunakan untuk memasukkan, meng-*edit*, memodifikasi dan memantau program yang ada di dalam memori PLC. Alat pemrograman dapat berupa komputer ataupun *Hand Held Programmer* (*Programming console*). Bentuk alat pemrograman dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut:

Gambar 2.14 Alat pemrogram

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Catu Daya

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya ke seluruh bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja pada catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Beberapa PLC atau dayanya terpisah (sebagai modul tersendiri). Yang demikian biasanya merupakan PLC besar, sedangkan yang *medium* atau kecil, catu dayanya sudah menyatu. Pengguna harus menentukan beberapa besar arus yang diambil

dari modul keluaran dan 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 biasanya tidak digunakan untuk memberikan catu daya langsung kemasukan maupun keluaran, artinya masukan dan keluaran murni merupakan saklar (baik relai maupun *opto isolator*). Pengguna harus menyediakan sendiri catu daya terpisah untuk masukan dan keluaran PLC. Dengan cara demikian, tidak akan merusak PLC-nya karena memiliki catu daya terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

2.1.5.5 *Read Only Memory* (ROM)

ROM dirancang untuk menyimpan secara permanen suatu program yang sudah pasti. Dalam kondisi biasa program tidak dapat diubah, sesuai dengan namanya program hanya bisa dibaca. ROM umumnya sangat kebal terhadap *noise* listrik maupun kehilangan catu daya listrik. Sebagai memori untuk aplikasi ROM kurang tepat, namun demikian bila sistem kontrol memerlukan sejumlah data yang tepat dan pasti, data dapat disimpan di dalam ROM untuk menghemat waktu dan biaya. Penyimpanan program pada ROM dilakukan di pabrik pembuatan ROM, sekali program dimasukkan maka program tersebut tidak dapat diubah lagi oleh pemakai. Jenis-jenis ROM yaitu PROM, EPROM, dan EEPROM.

a. *Programmable Read Only Memory* (PROM)

PROM adalah ROM yang dirancang khusus sebagai penyimpan data permanen untuk mendukung RAM. Untuk memasukkan program ke dalam PROM diperlukan peralatan pemrograman yang khusus, sekali program dimasukkan maka tidak bisa dihapus

atau diubah lagi, setiap terjadi perubahan program diperlukan PROM yang baru. PROM yang berguna untuk menyimpan program yang telah diperiksa secara menyeluruh (bebas dari kesalahan) serta tidak akan diubah lagi atau memerlukan masukan data baru.

b. *Ersable Programmable Fread Only Memory* (EPROM)

EPROM adalah PROM yang dirancang khusus agar bisa diprogram ulang setelah terlebih dahulu program yang lama dihapus seluruhnya dengan sinar *ultraviolet*. Penghapusan program berlangsung sekitar 20 menit melalui "jendela" yang terdapat diatas IC EPROM.

EPROM digunakan untuk menyimpan program terapan yang bersifat permanen, perubahan maupun pemasukan data ke dalam EPROM oleh pemakai tidak dapat dilakukan. Apabila diperlukan perubahan program pada saat PLC bekerja atau ada pemasukan data, maka EPROM harus bekerja bersama-sama dengan RAM sebagai memori pendukung tambahan. Untuk memasukan program ke dalam EPROM diperlukan suatu alat yang disebut EPROM *Programmer*.

c. *Electrically Alterable Read Only Memory* (EAROM)

Prinsip kerja EAROM sama dengan EPROM kecuali cara penghapusan programnya. Pada EAROM penghapusan program memakai tegangan listrik yang disambungkan pada salah satu kaki IC EAROM.

d. *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM)

Seperti halnya ROM, PROM, EPROM dan EAROM, EEPROM termasuk dalam jenis *non volatile memory* yaitu kandungan memori akan bertahan sekalipun aliran listrik diputus. Saat ini ukuran PLC kecil sampai menengah memakai EEPROM sebagai satu-satunya memori dalam sistem, karena EEPROM menyediakan memori yang permanen dan dengan mudah dapat dihapus serta diubah melalui alat pemrograman. Kelemahan dari EEPROM adalah proses perubahan *byte* program baru dapat dilaksanakan setelah *byte* tersebut dihapus, penghapusan/ penulisan memakan waktu relatif lama yaitu 10-15 ms. Keterlambatan ini sangat terasa bila perubahan program dibuat pada saat PLC bekerja.

2.1.5.6 *Random Access Memory* (RAM)

RAM dikenal juga sebagai *Read/Write* memori, dirancang agar informasi data dapat dimasukkan ke dalam memori dan dapat dipanggil kembali setiap saat. Jenis-jenis RAM adalah *Volatile* dan *Non Volatile* RAM.

a. *Volatile* RAM

RAM isinya akan hilang apabila arus lisrik diputus, oleh karena itu diperlukan baterai pedukung untuk mempertahankan isi memori selama arus listrik dari catu daya tidak bekerja.

Pada PLC, program aplikasi disimpan di dalam RAM karena dibandingkan dengan jenis memori lain, RAM mempunyai kemampuan luar biasa untuk ditulis dan diubah dengan cepat dan pemasukan data bisa dilakukan. Kelemahan RAM adalah memerlukan baterai pendukung karena sering tidak dapat diandalkan. Jika baterai pendukung dianggap kurang baik, perlu dipertimbangkan penggabungan RAM dengan *Non-volatile memory* lain misalnya kombinasi RAM-EPROM.

b. *Non-Volatile Random Access Memory* (NOVRAM)

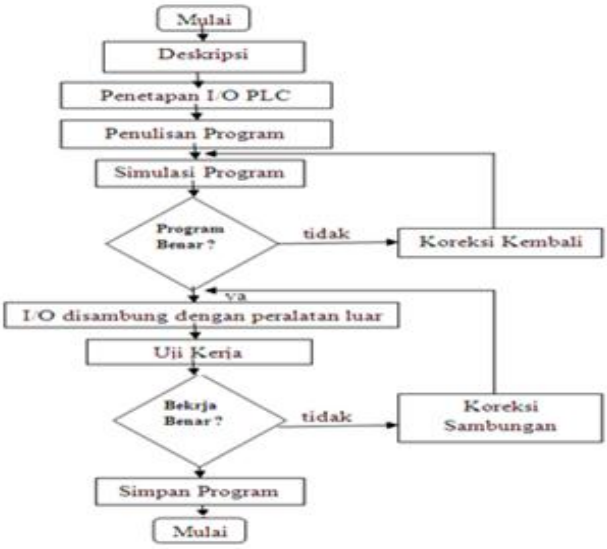
NOVRAN terdiri dari RAM dan EEPROM dan satu IC. Setiap bit RAM berhubungan dengan bit EEPROM, *Non-Volatile* data akan disimpan dalam EEPROM sementara itu data bebas dari luar ditulis atau dibaca dari RAM. NOVRAM sangat ideal untuk menyimpan program aplikasi, pada saat program dimasukkan, kontrol program langsung disimpan dalam RAM dan dieksekusi dari RAM, duplikat dari program disimpan di EEPROM secara otomatis tanpa campur tangan pemakai dengan operasi *STORE*. Bila catu daya dilepas dari *controller*, data di dalam RAM akan hilang, tetapi data tersebut akan terisi kembali melalui proses *RECALL* yaitu data di dalam EEPROM masuk ke RAM. Jauh lebih praktis dibandingkan menggunakan sistem 2 IC yang terpisah RAM dan EEPROM.

2.1.5.7 Instalasi PLC

Pemasangan kabel peralatan *input* seperti *push button*, *encoder rotary* maupun sensor ke modul *input* PLC CP1E. Dalam pemasangan kabel *input* tersebut yang dapat diperhatikan adalah jika *common* modul *input* PLC dihubungkan +24V maka *common* peralatan *input* dihubungkan 0V, begitupun sebaliknya jika *common* modul *input* PLC dihubungkan 0V maka *common* peralatan *input* dihubungkan +24V. Dalam pemasangan kabel *output* PLC yang perlu diperhatikan apakah modul *output* PLC dapat dihubungkan sumber AC/DC atau hanya DC saja, jika salah menghubungkannya modul *output* PLC dapat rusak.

2.1.5.8 Prosedur Pengoperasian PLC

Prosedur mengoperasikan PLC dilakukan dengan langkah-langkah diagram aliran dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Diagram Alir Pengoperasian PLC

2.1.5.9 Instruksi PLC

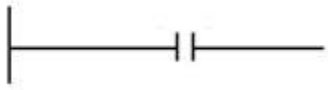
Seperti halnya komputer, PLC mempunyai bahasa dasar yang berdasarkan pada logika *AND*, *OR*, *NOT* dan instruksi lainnya seperti pengambilan data, walaupun semua pabrik PLC merancang bahasa sendiri untuk PLC yang dibuatnya dan dalam praktek satu dan yang lain saling berdekatan atau sama bahasa yang digunakan PLC.

1. Instruksi Dasar

Instruksi dasar merupakan instruksi yang digunakan untuk membuat rangkaian logika dari diagram tangga pada pemrograman PLC. Instruksi dasar pada pemrograman diagram tangga ini ada enam, yaitu :

a. LD

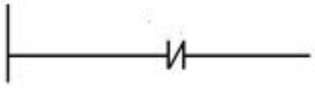
LD atau singkatan dari *Load*, merupakan instruksi untuk memulai program garis atau blok pada rangkaian logika yang dimulai dengan kontak NO (*Normally Open*) *input* bisa dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Instruksi LD

b. NOT

Instruksi dasar *NOT* berfungsi untuk membentuk suatu kontak NC (*Normally Close*) *input* bisa dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Instruksi *NOT*

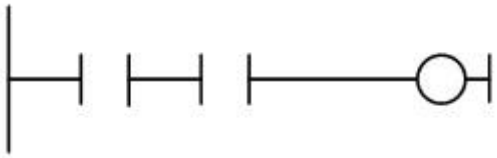
c. OUT

OUT merupakan instruksi untuk memasukkan program koil *output*. Kontak-kontak dari masing-masing koil *output* dapat digunakan beberapa kali sesuai yang diinginkan. Simbol instruksi *OUT* bisa dilihat pada gambar 2.18.

Gambar 2.18 Instruksi *OUT*

d. AND

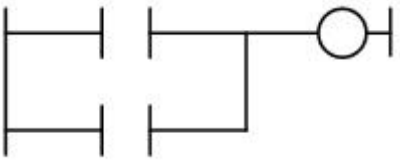
Instruksi *AND* digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak *input* atau *output* secara seri bisa dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Instruksi *AND*

e. *OR*

Instruksi dasar *OR* digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak *input* atau *output* secara *parallel* bisa dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Instruksi *OR*

f. *END*

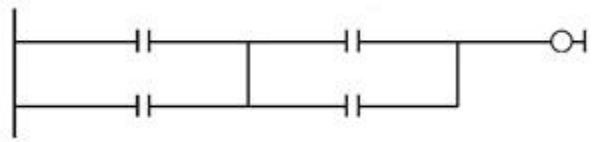
Instruksi dasar *END* untuk menyatakan rangkaian kontrol yang dibuat telah berakhir. Instruksi *END* harus selalu dimasukkan dalam penulisan program, apabila akhir rangkaian kontrol tidak dilengkapi dengan instruksi *END*, maka program tidak akan dieksekusi oleh CPU.

2. Instruksi Gabungan

Instruksi gabungan merupakan suatu instruksi yang menggunakan dua buah instruksi dasar atau lebih untuk menggabungkan dua blok rangkaian dalam program. Instruksi gabungan tersebut adalah sebagai berikut:

a. *AND* LD

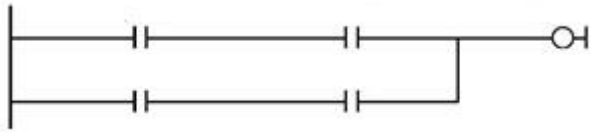
Instruksi gabungan dari instruksi *AND* dan *LD* yang digunakan untuk menggabungkan dua blok rangkaian dalam secara seri bisa dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Instruksi *AND* LD

b. *OR* LD

Instruksi yang digunakan untuk menggabungkan dua blok dalam rangkaian secara *parallel* bisa dilihat pada gambar 2.22.

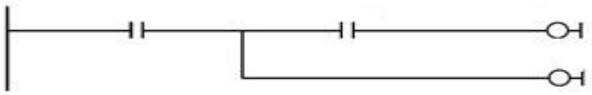


Gambar 2.22 Instruksi *OR* LD

c. Instruksi Garis Bercabang (*Temporary Relay*)

Instruksi garis bercabang merupakan suatu instruksi yang mempunyai sebuah garis yang terdiri dari dua instruksi atau lebih dan letaknya setelah *input*. Instruksi garis bercabang terdapat pada *temporary relay* (TR). *Temporary relay* adalah relai bantu yang digunakan pada rangkaian yang mempunyai dua atau lebih percabangan dari relai *output*, *timer* atau *counter*. Beberapa TR dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, akan tetapi tidak dapat melebihi dari jumlah yang ditetapkan pabrik.

Dalam rangkaian satu nomer TR hanya dapat digunakan sekali saja, sedangkan untuk pengalamatan TR lainnya digunakan pada rangkaian lainnya secara berurutan. Penggunaan TR dapat dilihat pada gambar 2.23.



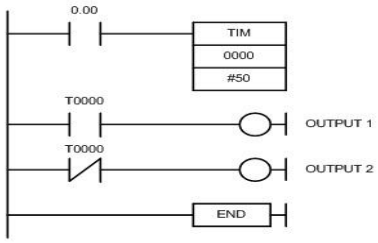
Gambar 2.23 Instruksi Garis Bercabang

3. Instruksi *Timer* dan *Counter*

Timer PLC yang banyak digunakan dalam industri adalah *timer on-delay*. Keuntungan *timer* PLC adalah akurasi waktunya tinggi karena PLC menggunakan teknologi *solid-state*. Pada PLC Omron pengalamatan *timer* dan *counter* digunakan secara bersama-sama yaitu dari nomer 0 – 127. Cara kerja *timer* dan *counter* hampir sama, perbedaannya *timer* mencacah pulsa *internal* sedangkan *counter* mencacah pulsa dari luar.

a. *Timer*

Timer adalah suatu instruksi yang membuat suatu proses berhenti sesaat sebelum kembali melanjutkan proses. *Timer* berfungsi untuk mengaktifkan suatu keluaran dengan *interval* waktu yang dapat diatur. Pengaturan waktu dilakukan melalui nilai *setting* (*preset value*). *Timer* pada PLC Omron diberi nomer dari 000 – 127 (T0 – T127). Instruksi *timer* ada 2 macam yaitu *timer* (TIM) dan *high timer* (TIMH). Bedanya pada pengukuran waktu TIM mempunyai pulsa *clock* lebih panjang dibanding TIMH. TIM mempunyai pulsa *clock* sebesar 0,1 detik sedangkan TIMH sebesar 0,01 detik. *Timer* akan bekerja bila diberi *input* dan mendapat pulsa *clock.* Untuk pulsa *clock* sudah disediakan oleh pembuat PLC. Penggunaan *timer* dapat dilihat pada gambar 2.24.



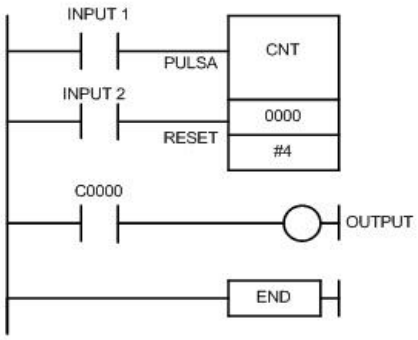
Gambar 2.24 Contoh Penggunaan *Timer*

Saat *input* 0.00*OFF*, maka *output* 1 akan *OFF* dan *output* 2*ON*, tetapi pada saat *input* 0.00 *ON* maka *timer* mulai mencacah pulsa dari 0 sampai *preset value* (selama 5 detik) maka akan mengaktifkan *output* 1 dan mematikan *output* 2. Akan tetapi apabila *input OFF* sebelum *timer* mencapai *preset value* maka *timer* akan *OFF* (*reset*) sehingga menyebabkan *output* 1 *OFF* dan *output* 2 *ON* kembali.

b. *Counter*

Instruksi *counter* pada PLC berfungsi untuk menghitung setiap *input* yang masuk. Pada PLC Omron terdapat *counter* yang diberi nomor dari 0 – 127 (C0 – C127). Penggunaan alamat *counter* digunakan bersama-sama dengan *timer*. Oleh sebab itu, dalam satu program, pemberian nomor *counter* tidak boleh sama dengan nomor *timer*.

Cara kerja *counter* mirip dengan *timer*, perbedaannya *timer* mencacah pulsa *internal* sedangkan *counter* mencacah pulsa dari luar. Ada 2 sinyal *input* yang digunakan oleh *counter* yaitu sinyal pulsa dan sinyal *reset*. Penggunaan *counter* dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Contoh Penggunaan *Counter*

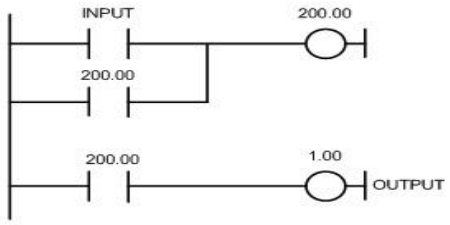
Counter akan mulai mencacah pulsa dari 0 sampai *preset value* ketika terdapat sinyal *input* 1 berupa pulsa dan kondisi *input* 2 sebagai resetnya *OFF*. Bila cacahan *counter* sudah mencapai *preset value* yaitu sebanyak 4 kali maka *counter* akan mengaktifkan *output*. Akan tetapi bila *input* 2 *reset ON* sebelum *counter* mencapai *preset value* maka *counter OFF* (*reset*) dan *output OFF*.

4. *Internal Relay*

Internal relay adalah *general purpose relay* yang ada di dalam PLC yang tidak dapat diakses secara langsung untuk digunakan sebagai *input* maupun *output* seperti yang terdapat pada program komponen. *Internal relay* adalah relai semu yang merupakan *bit digital* yang disimpan pada *internal image register*. Dari sudut pandang pemrograman, semua PLC mempunyai satu *coil* dan mempunyai sebanyak N/O N/C kontak sesuai yang diinginkan *programmer*, contoh penggunaan internal *relay* bisa diliat pada gambar 2.26. Semua PLC mempunyai *internal relay* akan tetapi penomeran dan jumlah maksimum yang diperbolehkan tergantung dari merk dan model PLC.

Internal relay memberi keleluasaan pada *programmer* untuk melaksanakan operasi *internal* yang lebih rumit tanpa memerlukan penggunaan biaya mahal untuk beberapa *output* relai. Dalam contoh pemrograman pada PLC Omron memakai simbol IR dengan penomeran sebagai berikut :

a. 200 – 231
b. 600 – 615
c. 700 – 715
d. 800 – 815
e. 900 – 915

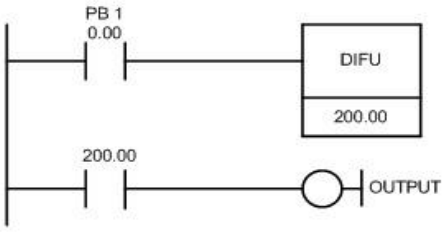


Gambar 2.26 *Internal Relay*

5. DIFU (*Diferential Up*)

Aplikasi kontrol yang berfungsi untuk meng *ON* kan *output* selama satu *scan.* Aplikasi DIFU bisa dilihat pada gambar 2.27. Contoh program menggunakan DIFU :

Apabila PB 1 ditekan maka *output* DIFU 200.00 akan *ON* dan kontak DIFU 200.00 akan hidup hanya sekejap walaupun tombol PB 1 ditekan lama.

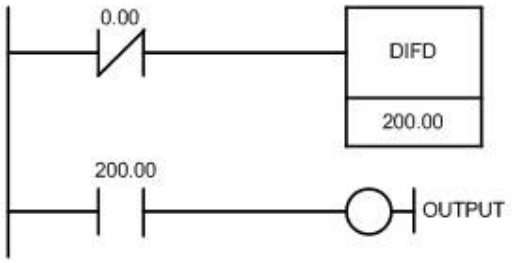


Gambar 2.27 Contoh Penggunaan DIFU

6. DIFD (*Diferential Down*)

Aplikasi kontrol yang berfungsi untuk melewatkan satu pulsa *input* (*On – Off*) pada *output* sehingga *output* hanya akan *ON* selama satu pulsa (satu *scan*) bisa dilihat pada gambar 2.28. Contoh program menggunakan DIFD :

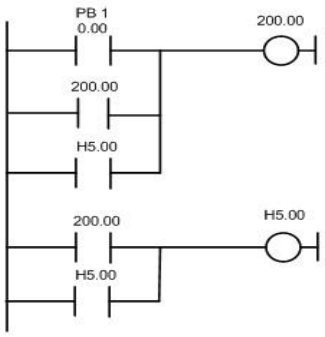
Output DIFD 200.00 akan *ON* selama satu *scan* setelah *input* 0.00 *OFF*.



Gambar 2.28 Contoh Penggunaan DIFD

7. *Holding Relay*

Holding relay adalah relai *internal* yang bisa digunakan untuk menahan sistem yang sedang bekerja walaupun aliran *supply power off* bisa dilihat pada gambar 2.29, misalnya jika sumber *power*/PLN mati, apabila pada program dipasang *holding relay* maka proses bisa tetap lanjut tanpa harus memulai program dari awal lagi. Contoh penggunaan *holding relay* yaitu: Apabila *input* 0.00 PB 1 dihidupkan maka *output* 200.00 dan H5.00 akan hidup, dan apabila sumber *power*/PLN mati maka *output* 200.00 masih tetap *ON* karena program ditahan oleh *Holding relay*.



Gambar 2.29 Contoh Penggunaan *Holding Relay*

2.1.6 Sensor *Rotary Encoder*

Rotary Encoder adalah suatu komponen elektro mekanis yang memiliki fungsi untuk memonitoring posisi anguler pada suatu poros yang berputar. Dari perputaran benda tersebut data yang termonitoring akan diubah ke dalam bentuk data digital oleh *rotary encoder* berupa lebar pulsa kemudian akan dihubungkan ke kontroler (Mikrokontroler/PLC). Berdasarkan data yang didapat berupa posisi anguler (sudut) kemudian dapat diolah oleh kontroler sehingga mendapatkan data berupa kecepatan, arah, dan posisi dari perputaran porosnya.

Penerapan dari penggunaan *Rotary Encoder* sering dijumpai pada robot-robot yang membutuhkan kepresisian tinggi dalam hal posisi seperti Robot Mechanum dan Robot Omni, selain itu untuk robot berjenis *Differential Drive* (*ex* : Robot Tank) juga disarankan menggunakan *Rotary Encoder* untuk mengatur agar kecepatan putar motor di roda kiri dan kanan bisa sama.

Sensor *rotary encoder* merupakan salah satu sensor fisika yang digunakan untuk mengubah gerakan linear atau putaran menjadi sinyal *digital*, dimana sensor putaran memonitor gerakan putar dari suatu alat.

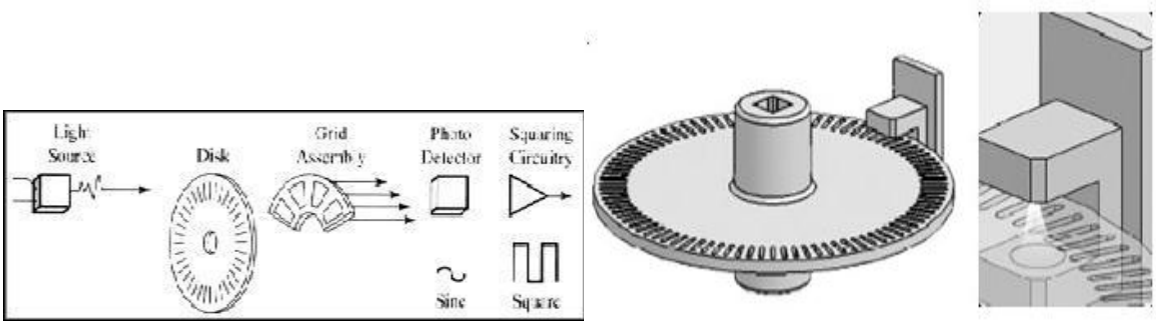
Berikut adalah gambar sensor *rotary encoder* dapat dilihat pada gambar 2.30. (Anto Supri, http://blog.unnes.ac.id/antosupri/sensor-penyandi-encoder/, akses 20 Maret 2016)

Gambar 2.30 Sensor *Rotary Encoder*

Sumber : blog.unnes.ac.id

Rotary encoder adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode *digital* oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor *drive*, dsb.

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang - lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu photo-transistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 2.31 menunjukkan bagan skematik sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

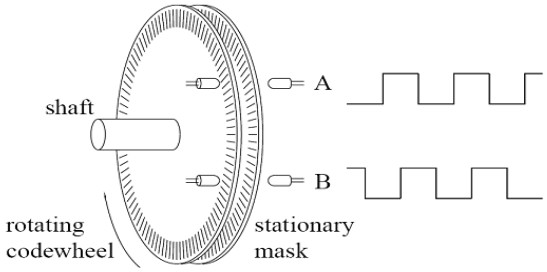


Gambar 2.31 Blok Penyusun Rotary Encoder
Sumber : blog.unnes.ac.id

Rangkaian penghasil pulsa (Gambar 2.31) yang digunakan umumnya memiliki *output* yang berubah dari +5V menjadi 0.5V ketika cahaya diblok oleh piringan dan ketika diteruskan ke photo-transistor. Karena divais ini umumnya bekerja dekat dengan motor DC maka banyak *noise* yang timbul sehingga biasanya *output* akan dimasukkan ke *low-pass* filter dahulu. Apabila *low-pass* filter digunakan, frekuensi *cut-off* yang dipakai umumnya ditentukan oleh jumlah slot yang ada pada piringan dan seberapa cepat piringan tersebut berputar, dinyatakan dengan: Dimana f_c adalah frekuensi *cut-off* filter, s_w adalah kecepatan piringan dan *n* adalah jumlah slot pada piringan.

$$f_c = \frac{s_w n}{60}$$

Tipe sensor yang digunakan pada prototipe pompa banjir menggunakan tipe *Incremental Rotary Encoder*, merupakan tipe *rotary encoder* yang paling sederhana karena hanya dapat mengukur perubahan sudut relatifnya saja. Karena kurangnya akurasi dari *incremental rotary encoder* ini perlu ditambahkan satu lagi sensor optik untuk menentukan arah putaran porosnya. Dua buah sensor optik dipasang pada sudut yang berbeda sehingga arah putaran dapat diketahui, biasanya sering disebut *Channel* A dan *Channel* B.



Gambar 2.32 *Incremental Rotary Encoder*
Sumber : blog.unnes.ac.id

2.1.7 *Push Button Switch* (Saklar Tombol Tekan)

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat atau saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti saklar akan bekerja

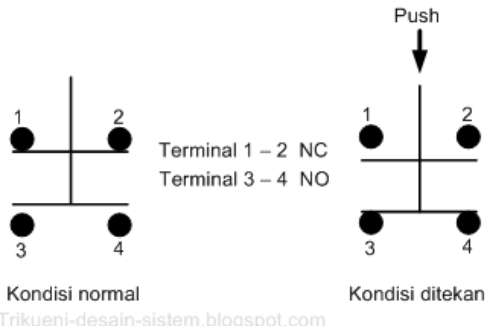
sebagai *device* penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Berikut adalah gambar *push button switch* dapat dilihat pada gambar 2.33.

Gambar 2.33 *Push Button Switch*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Istilah *On* dan *Off* ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi *On* dan *Off*.

Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi *device* paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*. Berikut adalah gambar prinsip kerja *push button switch* dapat dilihat pada gambar 2.34.



Trikueni-desain-sistem.blogspot.com

Gambar 2.34 Prinsip Kerja *Push Button Switch*

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (*Normally Close*) dan NO (*Normally Open*).

a. NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem *circuit* (*Push Button ON*).
b. NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus litrik). Dan ketika tombol saklar *push button* ditekan, kontak NC akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem *circuit* (*Push Button Off*).

2.1.8 *Emergency Stop*

Berikut adalah gambar dan simbol *emergency stop* dapat dilihat pada gambar 2.35.

Gambar 2.35 *Emergency Stop* dan Simbol

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Emergency stop merupakan jenis saklar yang apabila ditekan akan terkunci dan untuk melepasnya harus diputar, disebut *emergency stop* untuk memudahkan pengguna mengetahui fungsi saklar yaitu untuk mematikan sistem secara darurat.

2.1.9 Pompa

Mesin pompa adalah peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal yang dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa.

Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan *hidraulik* yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan *discharge* yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan.

Jenis pompa yang digunakan dirumah pompa adalah Pompa Dinamik jenis Pompa Aksial karena sangat cocok untuk diterapkan pada rumah pompa. Pompa Aksial juga disebut dengan pompa *propeller*. Pompa aksial menghasilkan sebagian besar tekanan dari

propeller dan gaya *lifting* dari sudu terhadap fluida. Pompa aksial banyak digunakan di sistem drainase dan irigasi. Pompa aksial vertikal *single-stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa aksial *two-stage* (dua *stage*) lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dan biasanya melibatkan efek sifon dalam alirannya.

2.1.9.1 Jenis – jenis Pompa

Secara umum pompa dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Dua kelompok besar pompa masih terbagi ke beberapa macam antara lain pompa dinamik dan pompa sentrifugal. Penelitian pembuatan "prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC" menggunakan 3 buah pompa sentrifugal.

2.1.9.2 Pompa Dinamik

Dynamic pump atau pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial, dan pompa spesial-efek (*special-effect pump*). Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah dari pada tipe *positive displacement pump*, tetapi memiliki biaya yang lebih rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi. (http://artikel-teknologi.com/pompa-2-macam-macam-pompa/, akses 17 April 2016)

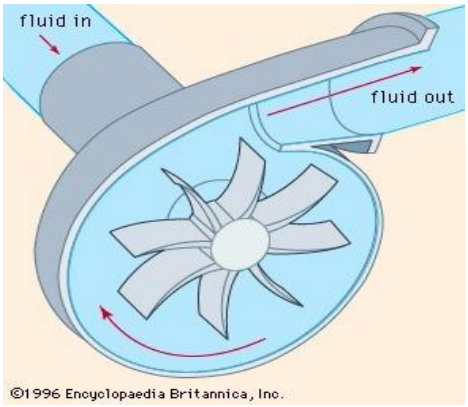
2.1.9.2.1 Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah *impeller* dan saluran *inlet* di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat *impeller* berputar, fluida mengalir menuju *casing* di sekitar *impeller* sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar *impeller* tetap tinggi. Kecepatan fluida dikonversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga fluida dapat menuju titik *outlet* nya. Beberapa keuntungan dari penggunaan pompa sentrifugal yakni aliran yang halus (*smooth*) di dalam pompa dan tekanan yang seragam pada *discharge* pompa, biaya rendah, serta dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya dapat dikoneksikan langung dengan turbin uap dan motor elektrik. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar dari pada pompa *positive-displacement*. Gambar Pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.36.

Gambar 2.36 Pompa Sentrifugal

Sumber : artikel-teknologi.com

Centrifugal pump atau pompa sentrifugal adalah jenis pompa yang paling banyak digunakan, memiliki kelebihan diataranya karena peng-oprasiannya yang mudah, *maintenance* yang tidak terlalu mahal, tidak berisik dan lain sebagainya. Dan prinsip kerja pompa sentrifugal juga dapat kita lihat pada gambar 2.37 berikut.



Gambar 2.37 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Sumber : artikel-teknologi.com

Sebelum ke cara kerja pompa sentrifugal, ada baiknya kita memahami prinsip kerja dari pompa terlebih dahulu. Pompa adalah alat untuk mengalirkan fluida cair. Bedanya dengan *compressor*, *compressor* biasanya digunakan untuk mengalirkan fluida yang *compressible*, fluida yang dapat di mampatkan seperti udara.

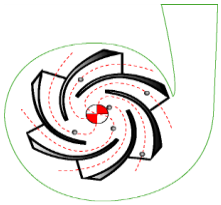
Prinsip kerja pompa adalah mencipatakan tekanan vakum pada *inlet*nya, yang akhirnya menyerap fluida ke dalam pompa, kemudian mendorongnya melalui keluaran, *discharge*. Prinsip kerja pompa sentrifugal juga dapat dilihat pada gambar 2.38 berikut.

Gambar 2.38 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal Seperti Gerakan Tangan Memutar

Sumber : artikel-teknologi.com

Pada pompa sentrifugal, memanfaatkan gaya sentrifugal. Semakin kencang putarannya, semakin besar gayanya. Gaya pada lengan itu lah gaya sentrifugal. Seperti gerakan melingkar seperti pada gambar 2.39. Kalau di definisikan, gaya sentrifugal adalah gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran, dimana nilainya adalah positif. Coba lihat gambar di atas, ketika *impeller* (baling - baling) berputar maka air akan

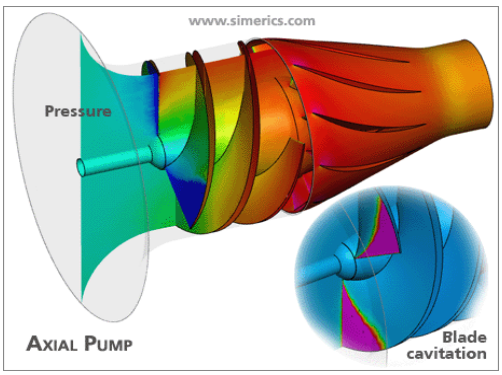
terdorong di *impeller* lewat gaya sentrifugal dan akhirnya keluar di saluran *discharge*, sedangkan pada *suction* nya menjadi *negative pressure* nya yang menyebabkan air jadi terisap pada *suction* nya.



Gambar 2.39 Gaya Gerak Melingkar Pompa Sentrifugal

Sumber : artikel-teknologi.com

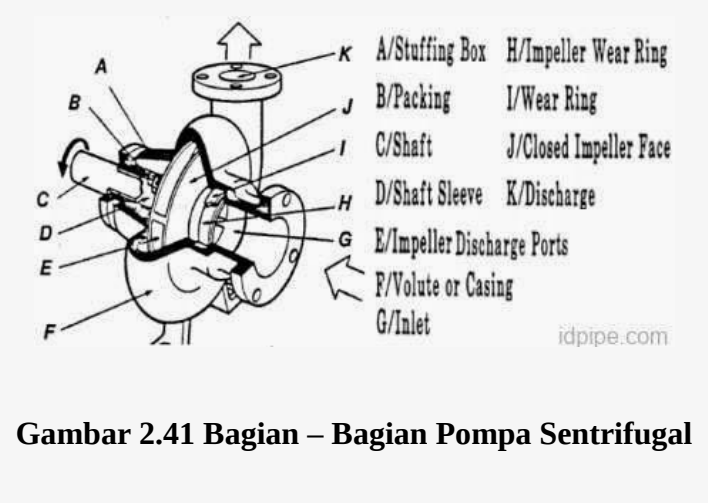
Dalam sentrifugal, tidak hanya *radial flow* saja seperti yang di jelaskan sebelumnya. Adakalanya sentrifugal juga menggunakan *axial flow*. *Axial flow* di sini maksudnya, alirannya searah (pararel) dengan *shaft* pompanya. Kalau contoh sederhana sehari hari, kita bisa melihat *axial flow* ini seperti kipas angin seperti gambar 2.40. Bayangkan kipas angin yang sedang berputar di tutup selongsong bundar di antaranya, ya seperti itulah *axial flow*. Kalau *radial flow*, seperti penjelasan yang diutarakan sebelumnya. *Pressure* yang dihasilkan berasal dari gaya sentrifugal. Dimana cairan masuk lewat pusat *impeller*, dan kemudian terdorong keluar dari *impeller* tegak lurus dengan *shaft* dari pompanya.



Gambar 2.40 ***Axial Flow***

Sumber : artikel-teknologi.com

Dalam pompa sentrifugal, pembagian *part – part*nya lebih jelas anda lihat gambar 2.41. Namun ada beberapa bagian yang penting dalam pompa sentrifugal, yaitu *shaft*, *impeller*, *seal* dan *casing*. *Shaft* pada pompa sentrifugal merupakan besi poros penyambung antara *prime move* (motor) dengan *impeller*nya. Kalau *impeller* adalah seperti baling - baling yang kita kenal. *Seal* adalah perapat, atau kita menyebutnya gasket, yaitu bagian yang memastikan tidak ada kebocoran antar *part* yang disambungkannya. kita kan tau kalau sentrifugal ini akan dihubungkan ke air, kalau tidak pakai *seal*, bisa bisa bocor dan kerja pompa jadi tidak efektif. Sedangkan *casing* adalah rumahannya, tempat yang menutupi semua bagian, bisa juga untuk tempat air mengalir melaluinya.

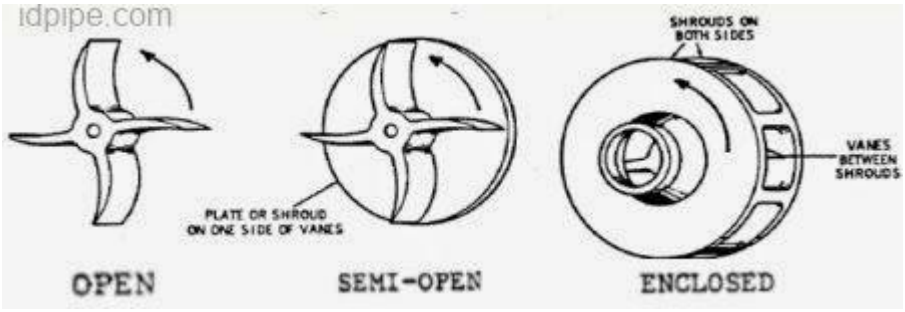


Gambar 2.41 Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal

Sumber : artikel-teknologi.com

Di *casing* ini, bisanya nanti di gabung dengan *flange* untuk kemudian disambungkan dengan sistem pemipaan. Kadang kala, untuk menghemat yang cukup besar dalam membeli pompa, biasanya pompa disambungkan dengan *reducer* dari pipa yang lebih besar. Lalu penyambungan yang dipilih, apakah mengunakan *eccentric reducer* atau *concentric reducer*.

Berbicara mengenai *impeller* pada pompa sentrifugal, dibagi menjadi 3 bagian seperti terlihat pada gambar 2.42. *open impeller*, dimana baling - baling itu bebas, tidak ada penahan di sisi depan atau belakangnya, biasanya digunakan pada *axial flow*. *Semi open impeller* adalah kondisi dimana baling - baling bebas di satu sisi, tapi disisi yang lainya ditutup. Dan yang terakhir adalah *enclosed impeller*, yaitu baling - baling berada di antara dua *disk* (penutup), dan biasanya di cor menjadi satu bagian.



Gambar 2.42 Jenis *Impeller* Pada Pompa Sentrifugal

Sumber : artikel-teknologi.com

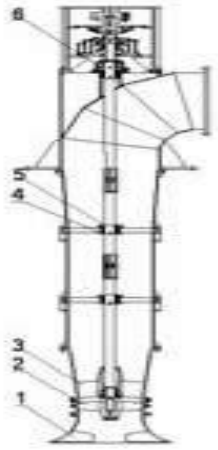
2.1.9.2.2 Pompa Aksial Yang Digunakan Di Waduk Pluit

Pompa aksial juga disebut dengan pompa *propeller*. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari *propeller* dan gaya *lifting* dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan di sistem drainase dan irigasi contohnya seperti Waduk Pluit. Pompa aksial vertikal *single-stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa aksial *two-stage* (dua *stage*) lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dan biasanya melibatkan efek sifon dalam alirannya. Berikut adalah gambar pompa aksial dapat dilihat pada gambar 2.43. Dan peneliti sudah melakukan observasi di waduk pluit, observasi tersebut dapat dilihat pada lampiran 4.

Gambar 2.43 Pompa Aksial

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Bagian-bagian pompa aksial tidak jauh berbeda dengan pompa sentrifugal. Perbedaan yang paling nampak adalah desain difuser antara pompa sentrifugal dengan pompa aksial. Sesuai dengan desain *impeller* nya, pompa sentrifugal lebih ditekankan untuk membangkitkan tekanan kerja fluida (*head*) yang tinggi, sedangkan pompa aksial lebih menekankan pada debit fluida (*flow*) yang tinggi. Untuk itu, desain difuser pada pompa sentrifugal (dalam hal ini adalah *volute casing*) lebih "ekstrim" jika dibandingkan dengan difuser pada pompa aksial. Untuk memahami fungsi *volute casing* pada pompa sentrifugal, berikut adalah gambar bagian-bagian pompa aksial dapat dilihat pada gambar 2.44.



Gambar 2.44 Bagian-bagian Pompa Aksial

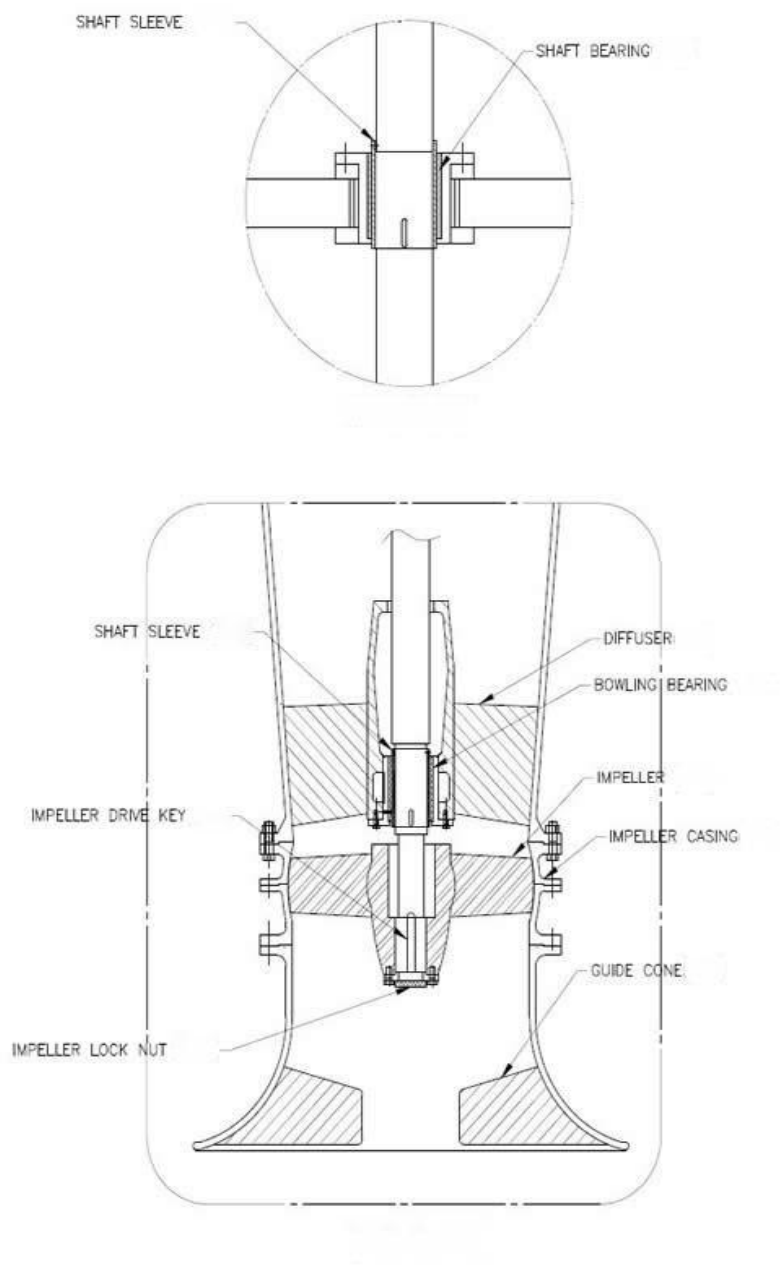
Sumber : artikel-teknologi.com

Berdasarkan gambar di atas, berikut adalah bagian-bagian utama dari pompa aksial:

1. *Inlet* Pompa yaitu bagian yang menjadi sisi *inlet* fluida untuk masuk ke pompa. Pada pompa aksial vertikal, sisi *inlet* ini berbentuk corong (biasa disebut *Suction Bell*) dengan tujuan untuk mengurangi kerugian hidrolik *head*.
2. *Impeller* yang menjadi bagian utama dari pompa ini. Desainnya mirip dengan baling-baling pada kapal laut. *Impeller* berfungsi untuk menimbulkan gaya aksial yang ditransferkan ke fluida kerja.
3. Difuser yaitu *casing* pompa aksial juga seperti pompa sentrifugal yang berbentuk difuser. Fungsinya adalah untuk menurunkan kecepatan pompa dan menaikkan tekanan kerjanya. Namun desainnya tidak seekstrim *volute casing* pompa sentrifugal, karena peningkatan tekanan *outlet* pompa aksial yang terlalu tinggi dapat menimbulkan vibrasi dan mengurangi umur kerja pompa aksial.
4. Poros yaitu yang berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor listrik ke *impeller*.
5. *Guide Bearing* yaitu yang berfungsi untuk menahan posisi poros agar tetap berada di garis sumbu kerjanya. *Bearing* atau bantalan ini memerlukan sistem lubrikasi yang harus selalu dijaga agar terhindar dari kenaikan temperatur.

6. *Stuffing Box* adalah sistem *sealing* yang berfungsi sebagai pembatas antara poros dengan *casing* agar terhindar dari kebocoran.

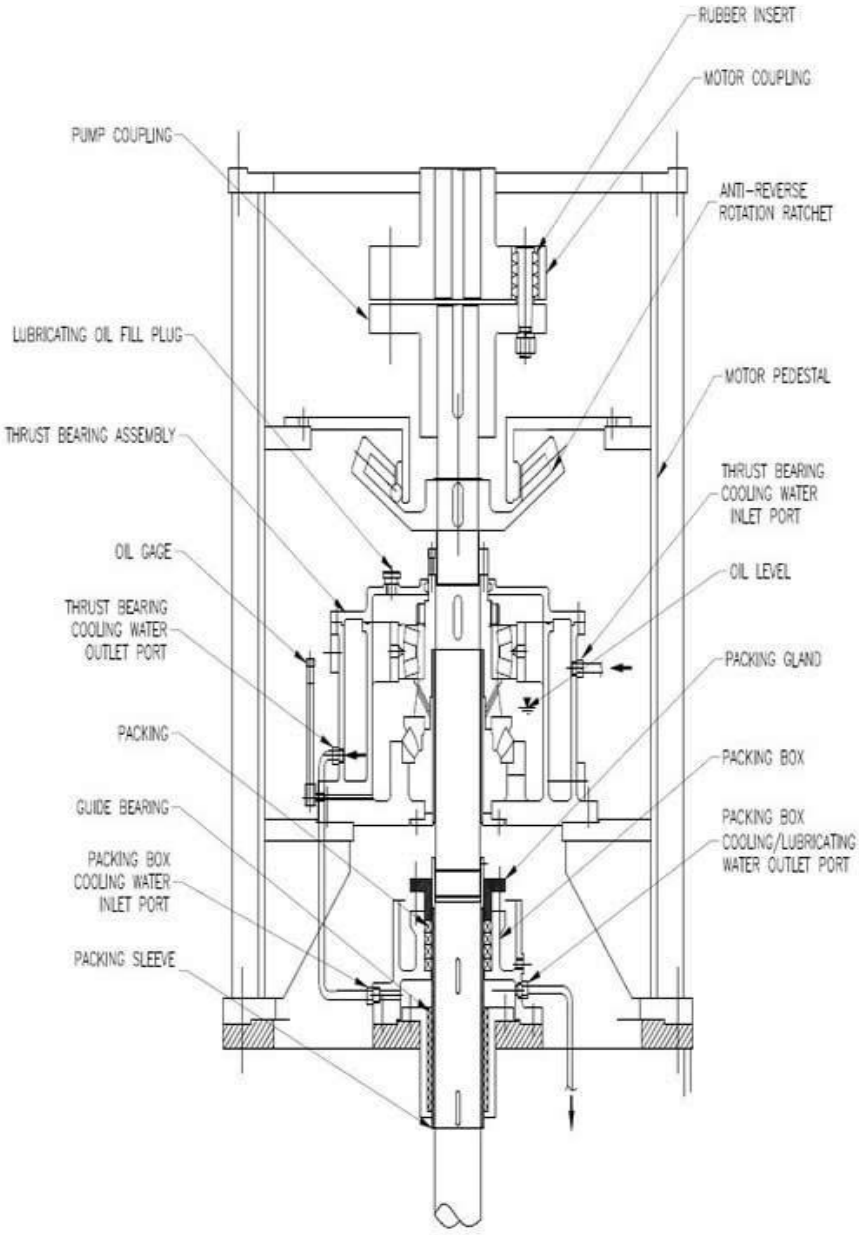
Berikut adalah gambar detail bagian-bagian pompa aksial dapat dilihat pada gambar 2.45.



Gambar 2.45 Detail Bagian-bagian Pompa Aksial

Sumber : artikel-teknologi.com

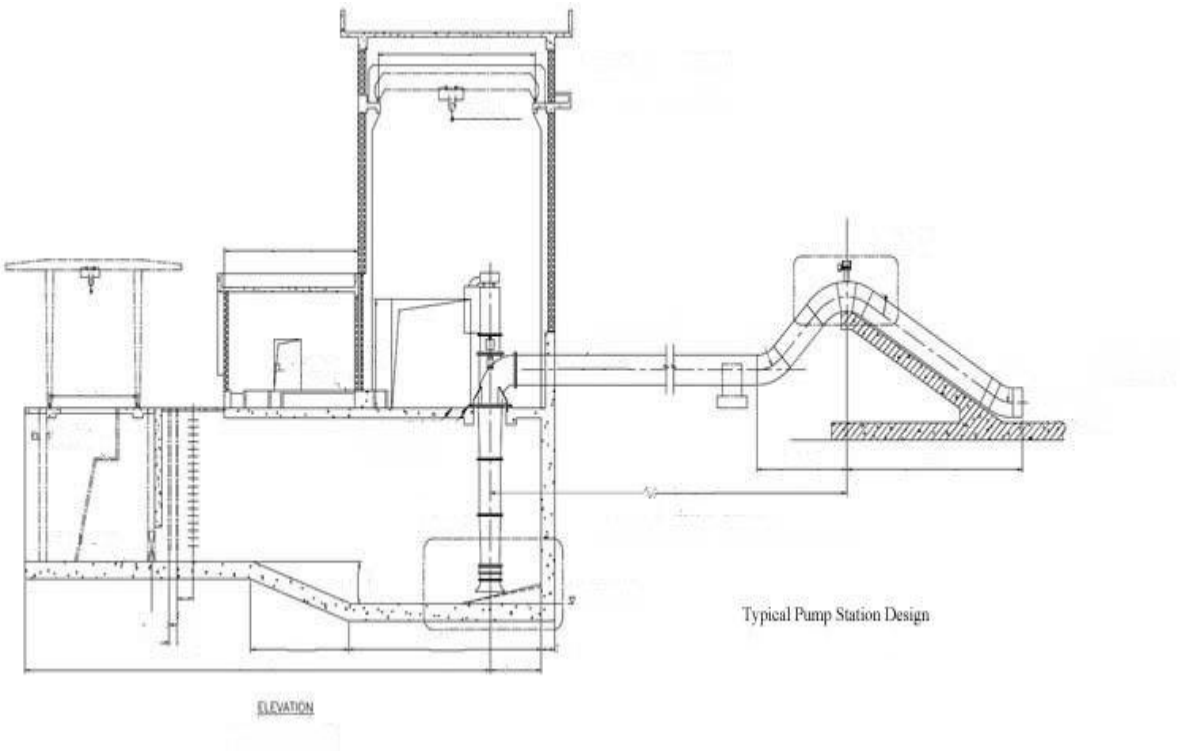
Bagian-bagian Sisi *Inlet* Pompa dapat dilihat pada gambar 2.46.



Gambar 2.46 Bagian-bagian Sisi *Inlet* Pompa

Sumber : artikel-teknologi.com

Bagian-bagian Sisi *Drive-End* Pompa dapat dilihat pada gambar 2.47.



Gambar 2.47 Bagian-bagian Sisi *Drive-End* Pompa

Contoh Instalasi Pompa Aksial Vertikal

Sumber : artikel-teknologi.com

Pompa aksial adalah salah satu alat yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari potensial rendah ke potensial yang lebih tinggi dengan menggunakan gerak putaran dari blades dan mempunyai arah aliran yang sejajar dengan sumbu porosnya.

Pompa aksial ini dapat juga digolongkan sebagai salah satu dari kinetik *pump*, karena perpindahan fluida disini tidak disebabkan oleh perpindahan dari alat-alat yang digerakkan oleh tenaga kinetis yang berasal dari tenaga penggerak tersebut.

2.1.10 Lampu Indikator

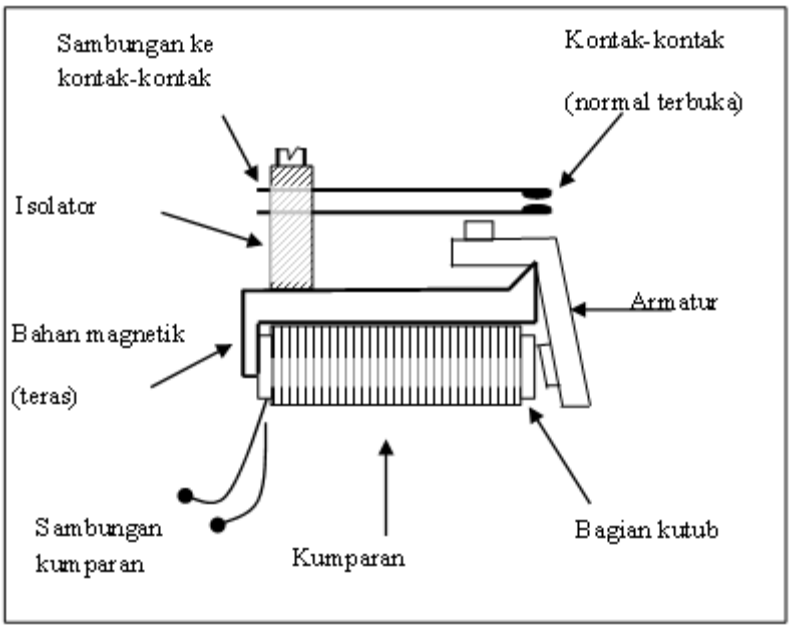
Lampu indikator sebagai penanda untuk mengetahui apakah rangkaian bekerja dengan normal, bisa juga sebagai tanda peringatan bahwa terjadi sesuatu pada rangkaian panel tenaga listrik, Berikut adalah gambar lampu indikator dapat dilihat pada gambar 2.48.

Gambar 2.48 Lampu Indikator

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.1.11 Relai

Dalam suatu sistem kontrol elektronik *relay* menjadi komponen yang sering dipakai, karena relai mudah dalam pengoperasiannya dan dapat di kendalikan dari jarak yang jauh. *Relay* adalah suatu piranti yang menggunakan magnet listrik untuk mengoperaskan seperangkat kontak. Kita selalu berpikir bahwa *relay* merupakan suatu kontak elektromagnetik, yang dengan memberikan tegangan maka *coil* yang ada pada *relay* akan menggerakkan kontak yang ada pada relai itu. Susunan yang paling sederhana kontruksi dari suatu jenis relai dapat dilihat pada gambar 2.49, dan terdiri atas kumparan kawat penghantar yang digulungkan pada inti besi.



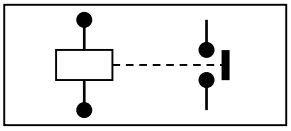
Gambar 2.49. *Relay*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berikut Adalah Jenis-Jenis Kontak *Relay* :

1. Kontak NO (Normaly Open)

Pada posisi NO seperti pada gambar 2.50, kontak *relay* berada pada keadaan terbuka dari hubungan kontak dengan terminal kutub kontak. Jadi dapat dikatakan, pada posisi kumparan tidak aktif (tidak bertegangan) kontak akan selalu terbuka, akan tetapi jika kumparan dialiri tegangan maka kontak NO akan menutup dan menjadi NC *(normaly close).*



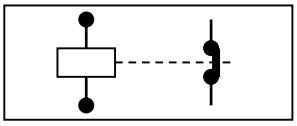
Gambar 2.50. Kontak *Relay* NO *(normaly open)*

Sumber :Dokumentasi Pribadi

2. Kontak NC (*Normaly Close*)

Pada posisi NC seperti pada gambar 2.51, kontak-kontak *relay* berlawanan keadaan dengan kondisi kontak NO, pada keadaan normal (kumparan tidak dialiri arus listrik)

posisi kontak sudah dalam keadaan terhubung (kontak), namun ketika kumparan aktif (dialiri arus listrik) maka posisi kontak akan berubah menjadi NO.

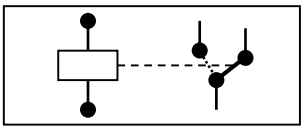


Gambar 2.51. Kontak *Relay* NC *(normaly close)*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Kontak Tukar Sambung

Relay dengan karakteristik kontak seperti pada gambar 2.52, mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini (awal) dan membuat kontak dengan yang lain bila kumparannya diberikan arus listrik.



Gambar 2.52. Kontak *Relay* Posisi Tukar Sambung

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.1.12 *Selector Switch*

Berikut adalah gambar *selector switch* dapat dilihat pada gambar 2.53.

Gambar 2.53 *Selector Switch*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Sakelar selektor juga digunakan secara manual mempunyai kontak tertutup dan terbuka. Sakelar selektor dapat dioperasikan dengan per pengembali dan kunci tersedia dua, tiga atau empat jenis posisi. Perbedaan yang mendasar antara tombol tekan dan sakelar selektor adalah dioperasikan secara mekanik. Dengan sakelar selektor operator dapat memutarkan menjadi kontak terbuka dan tertutup. Sakelar selektor digunakan untuk memilih satu dari dua atau lebih rangkaian yang memungkinkan. Contoh berhenti dan jalan atau berhenti, kecepatan rendah dan kecepatan tinggi.

Pada contoh berikut, lampu pilot PL1 akan menyala jika saklar pada posisi 1, dan lampu pilot PL2 akan menyala pada posisi 2. Ini hanya bagian dari rangkaian kontrol untuk permesinan dan status lampu pilot dapat digunakan untuk mengindikasikan kondisi mesin, contoh berhenti (stop) dan jalan (run).

2.1.13 *Software CX-Programmer*

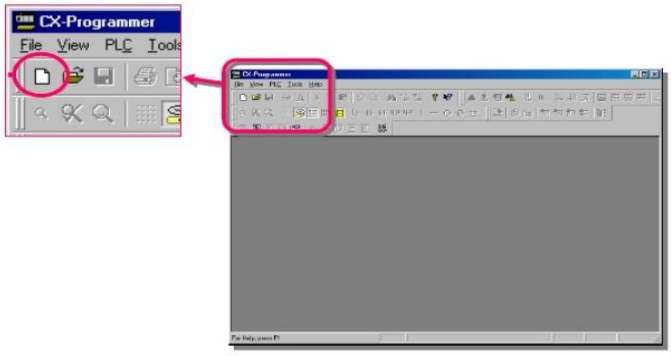
CX-Programmer merupakan salah satu bentuk perangkat lunak yang digunakan untuk memasukkan program ke dalam PLC. Berikut adalah langkah-langkah yang diperlukan dalam membuat program PLC melalui *CX-Programmer*, yaitu:

1. *Install Software CX-Programmer*

Dalam penginstalan *CX-Programmer* perlu dipastikan untuk menutup semua *windows* program yang sedang aktif. Jika kita memiliki program *CX-Programmer* versi lama, *uninstal* terlebih dahulu sebelum menginstal *CX-Programmer* versi terbaru. *CX-Programmer* dapat diinstal mulai dari OS Windows 95/98/NT 4.0 SP 6, Windows 2000/Me, hingga Windows XP.

2. Membuat *Project* Baru

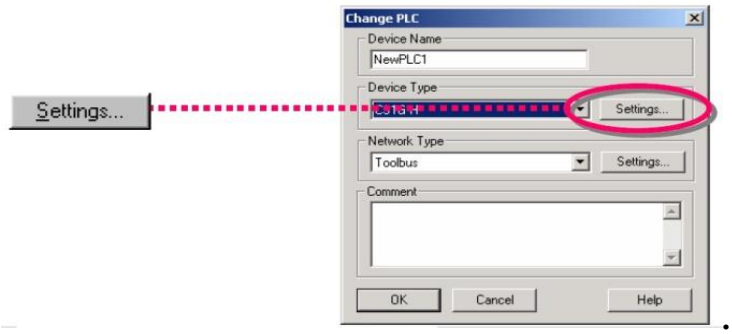
Untuk membuat *project* baru, langkah yang harus dilakukan pertama kali adalah dengan meng-klik [*New*] pada *toolbar* di *CX-Programmer*, seperti pada gambar 2.54.



Gambar 2.54 Tombol *New* pada *Toolbar*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

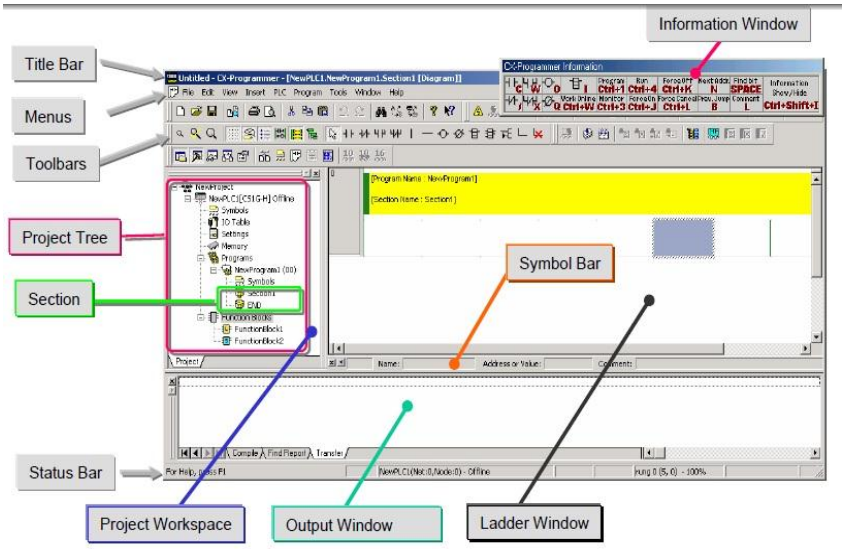
Selanjutnya akan muncul tampilan seperti gambar 2.55 untuk memilih jenis PLC yang akan digunakan, kemudian klik tombol *settings* untuk menampilkan layar (*Device Type Settings*) dan mengubah jenis CPU PLC.



Gambar 2.55 *Change* PLC

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Kemudian klik tombol *OK*. Maka akan muncul *main window* seperti pada gambar 2.56. dan fungsi masing – masing menu diperlihatkan pada tabel 2.1



Gambar 2.56 *Main Window Software CX-Programmer*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 2.1 Fungsi masing-masing menu pada *Main Window Software CX-Programmer* :

Nama	**Fungsi**
Title Bar	Memperlihatkan nama *file* yang telah di *save* pada

	CX-Programmer
Menus	Untuk memilih *item* menu
Toolbars	Untuk memilih fungsi yang akan digunakan. Pilih [*View*] → [*Toolbars*], untuk memperlihatkan *toolbars*.
Section	Untuk membagi suatu program dalam beberapa *block*
Project Workspace *Project Tree*	Mengontrol program dan data. Dapat digunakan untuk meng-*copy* data dengan *Drag* and *Drop* di antara project yang berbeda atau dalam satu *project*.
Ladder Window	Layar untuk menulis dan mengedit diagram ladder

Tabel 2.1 (Lanjutan)

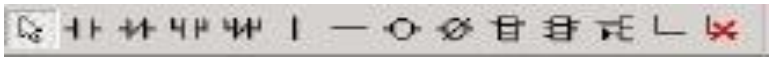
Nama	**Fungsi**
Output Window	a. Menunjukkan *error check* b. Menunjukkan hasil pencarian *contacts/coils* di *list form* c. Menunjukkan *error details* ketika terjadi kesalahan dalam suatu *file project*.
Status Bar	Menunjukkan informasi seperti nama PLC, *online/offline*, lokasi *cell* yang aktif.
Information Window	Layar *small window* untuk menunjukkan *basic shortcut keys* yang digunakan di CX-Programmer. Munculkan pilih [*View*] -> [*Information Window*].
Symbol Bar	Menunjukkan nama, alamat atau nilai, dan penjelasan dari simbol yang dipilih kursor.

3. Membuat Program

Untuk membuat program dengan diagram *ladder*, dapat meng-klik simbol kontak, koil, garis atau fungsi yang diinginkan seperti yang terdapat pada gambar 2.57. Untuk membuat suatu program pada PLC, dilakukan langkah-langkah pemrograman sebagai berikut :

a. Tentukan sistem apa yang akan dikontrol
b. Hitung jumlah *input* / *output* dan diberi alamatnya
c. Membuat *ladder diagram*
d. *Test* dan *check* program.

Contoh pembuatan *ladder diagram* atau hasil dari program cx-programmer juga dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 2.57 Simbol kontak, koil, garis atau fungsi pada PLC

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Aturan-aturan pada Pemrograman *Ladder Diagram*

a. *Output* dapat menjadi *input*, tetapi *input* tidak dapat menjadi *output*

Output PLC dapat berubah menjadi *input*, dimana *input* tersebut baru akan aktif jika *output* diaktifkan. Dimungkinkan karena *output* tersebut merupakan bagian alamat dari PLC. Jadi yang dimanupulasikan ialah alamat *output*, bukan peralatan *output* secara fisik.

Namun hal tersebut tidak berlaku untuk *input*, dimana *input* tidak dapat berubah menjadi *output*. Alasannya sederhana saja, untuk mengaktifkan *input*, diperlukan suatu tindakan atau perubahan fisik. Misalkan untuk mengaktifkan tombol harus dilakukan penekanan tombol secara fisik. Hal tersebut tidak bisa dilakukan dari program PLC (meskipun ada fitur *force* pada PLC yang memungkinkan pengecekan *input*, namun fitur tersebut tidak ditujukan dalam konteks pemrograman.

b. *Internal* relai dapat digunakan sebagai perantara

Pada era relai, seluruh peralatan *input* dan *output* akan dihubungkan dengan relai sebagai pengendali. Pada PLC, sebagai gantinya diberikan relai virtual yang disebut

internal relai. Perbedaan *internal* relai dengan *input* (I) atau *output* (O) ialah tidak ada keharusan menghubungkan alat fisik tertentu pada alamat ini. Sedangkan pada alamat *input* atau *output*, penggunaan harus benar-benar menghubungkan peralatan secara fisik.

c. *Input* dapat muncul berkali-kali, *output* hanya boleh muncul 1 kali

Seperti halnya *contact* pada relai, kontak di PLC dapat muncul berkali-kali dalam suatu *ladder diagram*. Salah satu kelebihan PLC dibanding relai, karena jumlah kontak maksimal yang umum beredar di pasaran ialah 4 kontak saja. Sedangkan jumlah maksimal kontak pada PLC nyaris tak terbatas (hanya dibatasi oleh ketersediaan memori PLC saja).

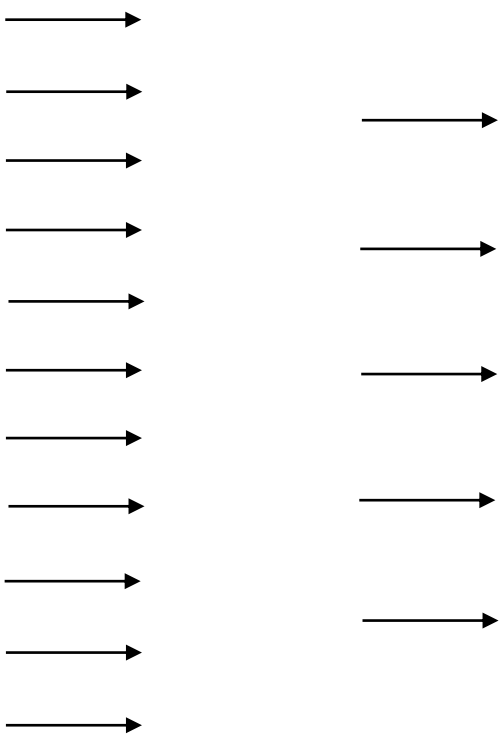
2.1.14 *Software CX-Designer*

Sebuah *software* HMI buatan Omron yang berfungsi untuk memvisualisasikan kejadian, peristiwa, atau pun proses yang sedang terjadi di *plant* secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukan kesalahan mesin, status mesin, memudahkan operator untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa *part* pada mesin produksi.

2.2. Kerangka Berpikir

Pembuatan alat prototipe ini berdasarkan seperti aslinya sebagai contoh dari Waduk Pluit Jakarta Utara. Pemanfaatan PLC pada alat *Prototype* Rumah Pompa banjir secara terprogram, dimaksudkan untuk memberi kemudahan pada pengguna *(user)* dalam mengoperasikan/ mengatur pompa nyala *(on)* dan mati *(off)* secara otomatis. Adapun hubungan komunikasi antara perangkat sistem PLC dengan peralatan *output*-nya, yakni lampu indikator dan mesin pompa digambarkan pada diagram blok berikut 2.58.

Blok *Input*	**Blok Proses**	**Blok *Output***
MCB *Power supply* Sensor *Rotary Encoder*		Lampu Indikator Manual



Gambar 2.58 Diagram Blok Alat

Gambar 2.58 menerangkan alur kerja antara *hardware* dan juga antar blok. Blok pertama disini merupakan sebagai blok *input* yang menggunakan fungsi dari serial *port* pada PC sebagai *monitoring* sistem. Sinyal yang dikirimkan melalui serial *port* dari blok pertama akan diterima dan dibaca oleh PLC sebagai blok proses dan *controller*.

Blok proses merupakan blok yang berfungsi untuk mengolah masukkan dari serial *input*. PLC merupakan inti dari blok diagram proses. PLC bertugas merespon dan mengolah masukan yang diterima dari serial *port* yang terhubung dengan blok pertama.

Blok lampu indikator dan pompa merupakan blok *output*. Data yang telah diolah oleh PLC akan diteruskan ke lampu indikator dan pompa sebagai *output*. lampu indikator berfungsi sebagai pengontrol pada panel agar terlihat sesuai kinerja.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan, Tempat dan Waktu Penelitian

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah untuk mendesain dan membuat prototipe rumah pompa banjir sebagai pencegahan dan penanganan banjir memanfaatkan PLC dan menampilkan kondisi serta status pompa dikomputer. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun, Jakarta Timur. Penelitian dimulai pada bulan desember sampai juni tahun akademik 2015/2016.

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian *Research and development*, yaitu: dengan membuat seperti aslinya lalu dibuat ke prototipe, serta melakukan uji coba program PLC untuk diterapkan pada prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC. Tahapan-tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan dan pembuatan serta pengujian dan analisis.

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat ataupun segala sesuatu yang digunakan untuk membantu peneliti mendapatkan data pengujian. Instrumen penelitian dalam penulisan skripsi meliputi :

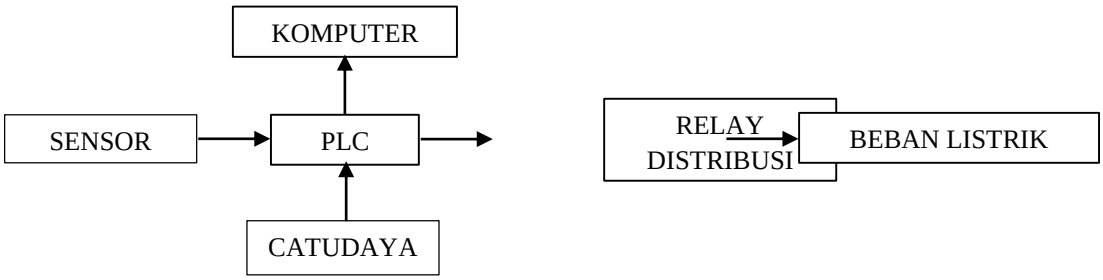
1. AVO Meter : digunakan untuk pengecekkan dan pengukuran komponen-komponen seperti lampu indikator dan mesin pompa, untuk mengukur tegangan masukan dan keluaran di rangkaian penyearah serta *port-port* PLC.
2. Personal komputer dengan spesifikasi berikut:
    a. Prosesor Intel Core i5 CPU 4200U @ 1.60 GHz (4 CPUs) ~2.3GHz
    b. RAM 4 GB
    c. 500 GB *hard disk* dengan *freespace* 250 MB.
    d. Monitor dengan resulasi 1366 x768 pixel, 32 bit *color.*
    e. *Mouse* dan *keyboard.*
    f. Sistem operasi Microsoft Windows 7 Ultimate 32-bit
3. Tabel Pengujian : merupakan tabel yang digunakan untuk mencatat hasil pengujian yang kemudian digunakan untuk analisis data dan pengambilan kesimpulan.
4. Meteran air : agar bisa mengetahui tinggi air dan juga pada saat surut air lalu mencatat hasil pengujian yang kemudian digunakan untuk analisis data dan pengambilan kesimpulan.

3.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan membuat maket dari prototipe rumah pompa banjir, kemudian dilanjutkan dengan membuat rangkaian pcb dan merangkainya, lalu dilanjutkan dengan membuat instalasi kelistrikan pada maket rumah pompa berupa pemasangan kabel instalasi dan pemasangan beban listrik berupa mesin pompa air.

Setelah rangkaian selesai dibuat, peneliti ini dilanjutkan dengan perancangan program PLC menggunakan program aplikasi komputer pengendali dan pemantauan mesin pompa pada setiap tempatnya dan juga sudah terpasang sensor *Encoder* yang telah ditempatkan didekat beberapa mesin pompa.

Perancangan sistem dilakukan dengan cara mengimplementasikannya ke dalam blok diagram sistem. Perancangan sistem dilakukan agar alat yang dibuat dapat menghasilkan sistem yang teratur dan sesuai dengan keinginan. Gambar 3.1 di bawah menunjukkan blok diagram sistem dari prototipe rumah pompa banjir.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Deskripsi gambar 3.1 adalah :

1. Ketika program komputer diakses maka komputer akan mengirim data ke PLC. Data berupa perintah untuk menghidupkan dan mematikan relai distribusi.

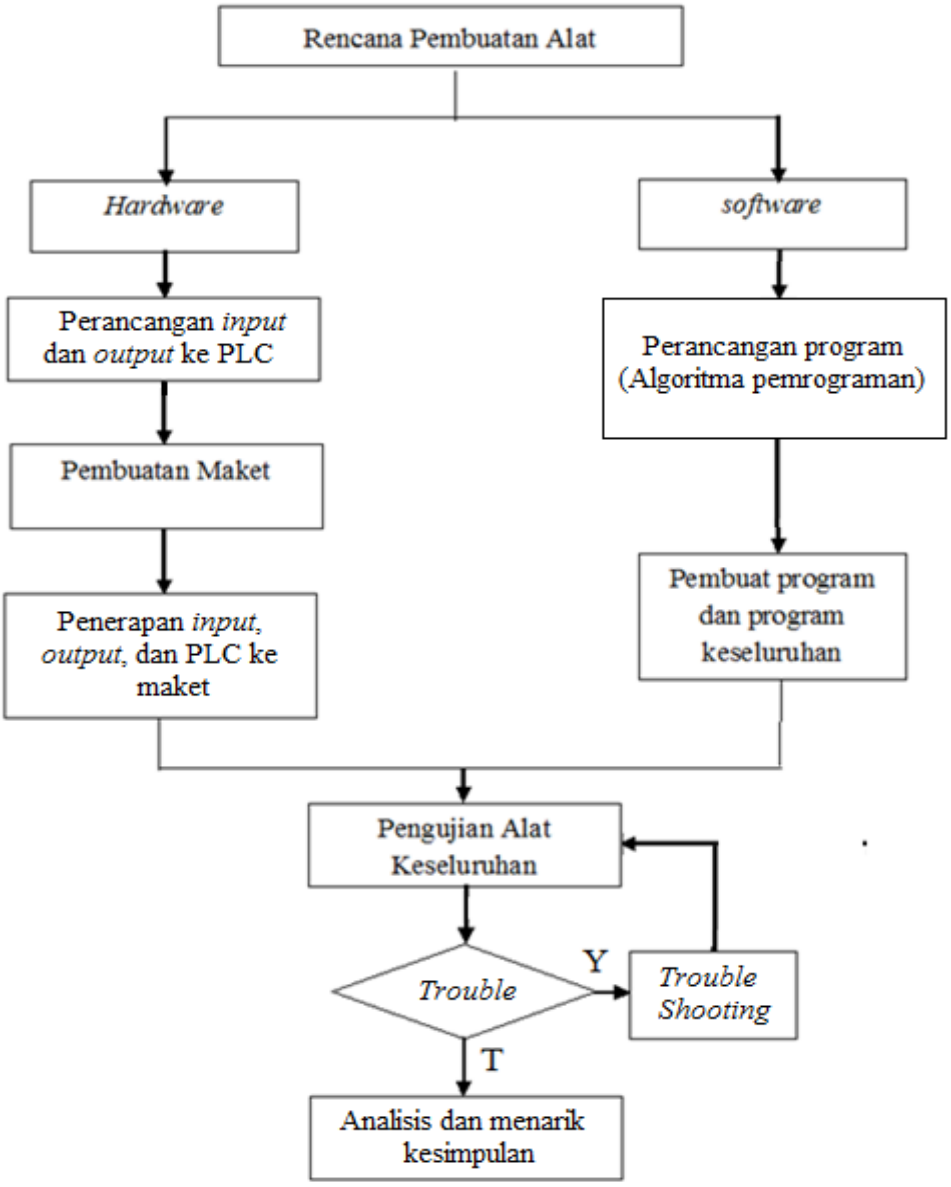
2. Relai distribusi berfungsi untuk menghubungkan sumber listrik dari panel utama menuju ke prototipe rumah pompa.

Pada *prototype* rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC ini dapat bekerja dengan dua cara, yaitu mode manual menggunakan tombol aplikasi dan otomatis berdasarkan pengaturan.

Pada tahap perancangan dan pembuatan yang dilakukan adalah :

1. Merancang dan membuat maket prototipe rumah pompa banjir menggunakan meja besi dan papan triplek dengan spesifikasi meja dua tingkat dengan panjang 80 cm, 50 cm, 80 cm, kemudian papan dengan panjang 80 cm, 50 cm dan papan satu lagi dengan panjang 40 cm, 50 cm.
2. Mendesain dan membuat skematik beserta *layout* rangkaian elektronik pengendali serta skema instalasi rumah pompa banjir dan membuat instalasinya pada prototipe pengendalian dan pemantauan rumah pompa banjir.

Prosedur penelitian dimulai dari pembuatan rencana alat dan juga proses sampai pelaksanaan pembuatan alat. Pembuatan alat dimulai dari perancangan masing-masing blok rangkaian berdasarkan tingkat kesulitannya. Kemudian masing-masing blok diujikan sehingga sesuai dengan rencana yang telah dibuat, kemudian disatukan semua blok rangkaian, yang kemudian dijadikan bahan acuan untuk tahap perancangan perangkat lunak *(software),* setelah blok *hardware* telah selesai dibuat dan juga perangkat lunak *(software)* telah dibuat, semua blok disatukan dan kemudian diujikan. Susunan rencana pembuatan alat dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2

Diagram Pelaksanaan Pembuatan Alat

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Penelitian dibagi menjadi dua tahap perancangan, yaitu perancangan perangkat keras *(hardware)* dan perancangan perangkat lunak *(software).* Perancangan perangkat keras *(hardware)* diawali dengan perancangan rangkaian *input* dan *output* ke PLC, kemudian membuat maket dan memasang *input*, *output* dan PLC ke maket. Setelah rangkaian selesai dilanjutkan dengan pengujian pada setiap rangkaian dengan mengukur tegangan keluaran *(output)* menggunakan AVO meter. Bila hasil pengukuran tidak sesuai dengan hasil yang

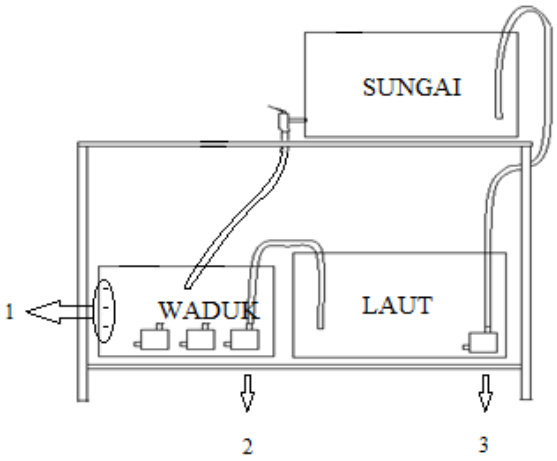
diharapkan maka dilakukan analisa rangkaian atau lebih dikenal dengan istilah *trouble shooting.* Bila hasil sesuai dengan hasil yang diinginkan maka dilanjutkan ke tahap perancangan perangkat lunak *(software).*

Sebelum merancang program perangkat lunak *(software),* peneliti membuat diagram alur *(flowchart)* terlebih dahulu. Diagram alur *(flowchart)* berfungsi untuk menggambarkan urutan proses kerja suatu program secara terstruktur sehingga jika terjadi masalah kita dapat dengan mudah menelusuri kesalahan dalam pemrograman. Perancangan perangkat lunak *(software).*

Setelah seluruh program tersebut teruji dan berhasil, maka akan dilakukan penyatuan antara *hardware* dan *software.* Bila penyatuan antara *hardware* dengan *software* belum berhasil maka akan dilakukan analisa rancangan *(trouble shooting).* Bila *trouble shooting* telah terselesaikan dan *hardware* dengan *software* telah sejalan atau dapat bekerja dan dapat diujikan, maka tahap terakhir yaitu mengambil kesimpulan.

3.5.1 Rancang Bangun

Berikut ini adalah ilustrasi prototipe rumah pompa banjir yang akan dibuat. Ilustrasi prototipe dapat dilihat pada gambar 3.3.

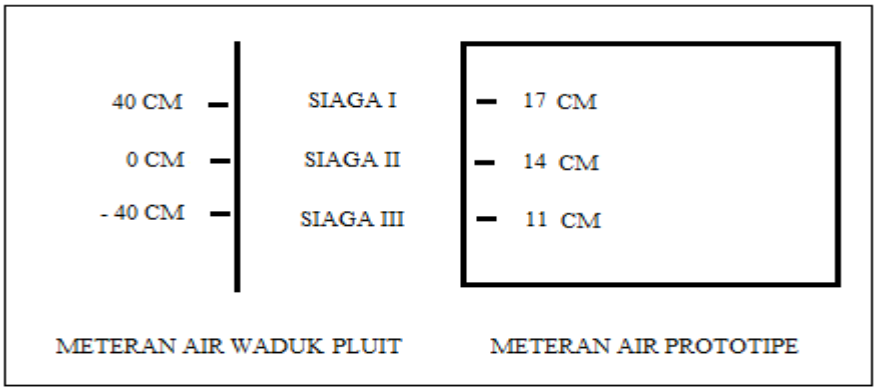


Gambar 3.3 Ilustrasi Prototipe Rumah Pompa Banjir

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keterangan:

1. Meteran untuk mengetahui ketinggian air dan debit air.
2. 3 pompa ukuran kecil untuk memompa air dari waduk ke laut.
3. 1 pompa ukuran besar untuk memompa air dari laut ke sungai.



Gambar 3.4 Meteran Air Waduk Pluit Dan Prototipe

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 3.4 seperti diatas sudah terlihat perbandingan level ketinggian air yang dapat diukur dengan meteran air. Level siaga di lapangan (Waduk Pluit). Normal kurang dari (– 40 cm), siaga III (– 40 cm ~ – 1 cm), siaga II (0 cm ~ 39 cm), dan siaga I lebih dari

(40 cm). Jika level siaga di alat (Prototipe). Normal kurang dari (11 cm), siaga III (11 cm ~ 13 cm), siaga II (14 cm ~ 16 cm), dan siaga I lebih dari (17 cm).

Perbandingan antara Waduk Pluit dan prototipe juga bisa kita perhatikan perbandingannya seperti level, luas, debit dan juga tabel debit air prototipe yang sudah ada pada table 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4 berikut:

Tabel 3.1 Perbandingan Level Air Dan Status Siaga

NO	Ketinggian Air Waduk Pluit	Status
1	< (– 40 cm)	Normal
2	(– 40 cm)	siaga III
3	(0 cm)	siaga II
4	> (40 cm)	siaga I

NO	Ketinggian Air Prototipe	Status
1	< (11 cm)	Normal
2	(11 cm)	siaga III
3	(14 cm)	siaga II
4	> (17 cm)	siaga I

Tabel diatas adalah tabel level air dan status siaga pada waduk pluit dan juga pada prototipe. Dengan ada perbandingan yang sudah dilihat pada tabel 3.1. maka dengan mudah dapat mengetahui ketinggian air dan status siaga pada waduk pluit dan juga ketinggian air prototipe.

Tabel 3.2 Perbandingan Luas Penampung Air

Volume Penampung / bak prototipe	Volume Waduk Pluit
30 liter	5.6×10^6 m³

$30 : 5{,}6 \times 10^{9}$

$3 : 5{,}6 \times 10^{8}$

$3 : 56 \times 10^{7}$

$1 : 18 \times 10^{7}$

1 : 180.000.000

Tabel diatas adalah tabel perbandingan luas penampung air pada waduk pluit dan juga pada prototipe. Dengan ada perbandingan luas penampung air yang sudah dilihat pada tabel 3.2. maka dengan mudah dapat mengetahui perbandingan volume pada waduk pluit dan juga volume pada prototipe.

Tabel 3.3 Perbandingan Debit Pompa

Pompa waduk 1	Pompa waduk 2	Pompa waduk 3	Pompa prototipe 1	Pompa prototipe 2	Pompa prototipe 3
6 m^3/s	6 m^3/s	6 m^3/s	0,20 ℓ/s	0,20 ℓ/s	0,20 ℓ/s

Tabel diatas adalah tabel perbandingan debit pompa pada waduk pluit dan juga pada prototipe. Dengan ada perbandingan luas penampung air yang sudah dilihat pada tabel 3.3. maka dengan mudah dapat mengetahui perbandingan debit pompa pada waduk pluit dan juga pompa pada prototipe.

Tabel 3.4 Debit Air Prototipe Pada Keran

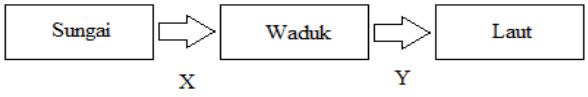
Tinggi (cm)	Waktu (s) 1 keran	Debit (ℓ/s) 1 keran	Waktu (s) 2 keran	Debit (ℓ/s) 2 keran	Waktu (s) 3 keran	Debit (ℓ/s) 3 keran
11 cm						

14 cm						
17 cm						

Tabel 3.5 Debit Air Prototipe Pada Pompa

Tinggi (cm)	Waktu (s) 1 pompa	Debit (ℓ/s) 1 pompa	Waktu (s) 2 pompa	Debit (ℓ/s) 2 pompa	Waktu (s) 3 pompa	Debit (ℓ/s) 3 pompa
11 cm						
14 cm						
17 cm						

Maksimal Debit Sungai Ke Waduk Yang Bisa Membuat Pengoperasian Normal.



X = Y

Tabel 3.6 Debit Maksimal Pada Prototipe

No	Sungai → Waduk			Waduk → Laut			Ketinggian Maksimal
	1 keran	2 keran	3 keran	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	
1							

2							
3							

Tabel 3.7 Pengujian Debit Maksimal Yang Masuk Ke Waduk

1 keran	1 keran	1 keran	Total Q input

Maksimal Tanpa Waduk Luber Atau Penuh **?**

Tabel 3.8 Kemampuan Pompa Waduk Pluit Untuk Membuang Air Waduk

Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Total Q output
0,20	0,20	0,20	0,60

Debit air adalah kecepatan aliran zat cait per satuan waktu. Misalnya Debit air sungai pesanggrahan adalah 3.000 *l* / detik. Artinya setiap 1 detik air yang mengalir di sungai Pesanggrahan adalah 3.000 *l*. Satuan debit digunakan dalam pengawasan kapasitas atau daya tampung air di sungai atau bendungan agar dapat dikendalikan.

Untuk dapat menentukan debit air maka kita harus mengetahui satuan ukuran volume dan satuan ukuran waktu terlebih dahulu, karena debit air berkaitan erat dengan satuan volume dan satuan waktu.

Perhatikan konversi satuan waktu berikut :

1 jam = 60 menit

1 menit = 60 detik

1 jam = 3.600 detik

1 menit = 1/60 jam

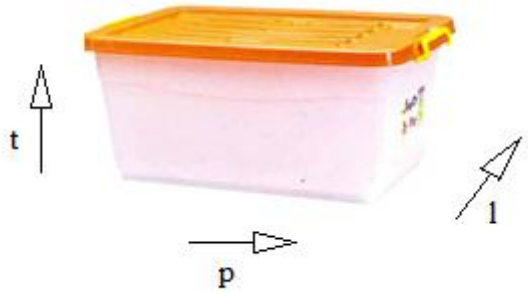
1 detik = 1/60 detik

1 jam = 1/3.600 detik

Konversi satuan volume :

1 liter = 1 dm^3 = 1.000 cm^3 = 1.000.000 mm^3 = 0.001 m^3

1 cc = 1 ml = 1 cm



Gambar 3.5 Bak Penampung Air prototipe

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 3.5 adalah gambar bak penampung air pada prototipe. Dan dapat dilihat ada tanda panah yang menunjukkan rumus cara menghitung debit air dan volume air. Berikut juga ada rumus yang akan dijelaskan pada tabel 3.9. yaitu tabel rumus volume bak dan rumus debit air.

Tabel 3.9 Rumus Volume Bak Dan Rumus Debit Air

Rumus Volume Bak	Rumus Debit

p x l x t Keterangan: p = Panjang l = Lebar t = Tinggi	$Q = \frac{v}{t}$ Keterangan: Q = Debit V = Volume t = Waktu

Tabel 3.10 Hasil Hitungan dari Pompa dan Keran di Prototipe

No	Status	Tinggi	Waktu (t)	Kecepatan 1 pompa	Waktu (t)	Kecepatan 1 keran
1	Siaga 3	11 cm	61 detik	0,20 liter/detik	90 detik	0,13 liter/detik
2	Siaga 2	14 cm	79 detik	0,20 liter/detik	120 detik	0,13 liter/detik
3	Siaga 1	17 cm	98 detik	0,20 liter/detik	147 detik	0,13 liter/detik

Dik: t x l x p = t x 30 x 38

Berikut adalah hitungan debit **1 pompa** sesuai ketinggian volume bak penampung air prototipe (waduk) :

$Q\frac{V}{t}$ = V = 11 x 30 x 38 = 12,540 cm^3 = 12,54 liter => siaga ketiga

t = 61 detik

= $\frac{12,54}{61}$ = 0,20 liter / detik

$Q\frac{V}{t}$ = V = 14 x 30 x 38 = 15,960 cm^3 = 15,96 liter => siaga kedua

t = 79 detik

= $\frac{15,96}{79}$ = 0,20 liter / detik

$Q\frac{V}{t}$ = V = 17 x 30 x 38 = 19,380 cm^3 = 19,38 liter => siaga pertama

t = 98 detik

= $\frac{19,38}{98}$ = 0,20 liter / detik

Berikut adalah hitungan debit **1 keran** sesuai ketinggian volume bak penampung air prototipe (waduk) :

$Q\frac{V}{t}$ = V = 11 x 30 x 38 = 12,540 cm^3 = 12,54 liter => siaga ketiga

t = 90 detik

= $\frac{12,54}{90}$ = 0,13 liter / detik

$Q\frac{V}{t}$ = V = 14 x 30 x 38 = 15,960 cm^3 = 15,96 liter => siaga kedua

t = 120 detik

= $\frac{15,96}{120}$ = 0,13 liter / detik

$Q\frac{V}{t}$ = V = 17 x 30 x 38 = 19,380 cm^3 = 19,38 liter => siaga pertama

t = 147 detik

= $\frac{19,38}{147}$ = 0,13 liter / detik

3.5.2 Pengalamatan I/O PLC

Penyelesaian *input* dan *output* PLC pada prototipe rumah pompa banjir dapat dilihat pada tabel 3.11.

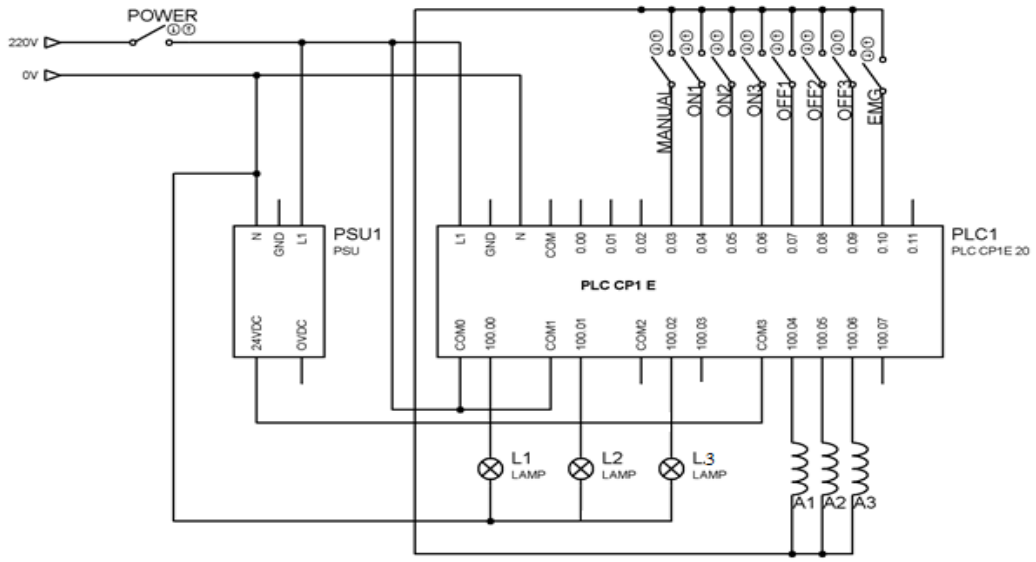
Tabel 3.11 Konfigurasi Pin I/O PLC pada Prototipe

Alamat	Perangkat *Input*/*output*	Keterangan	Fungsi
00.0	Data *input* 0	Sensor *Rotary*	Sensor level ketinggian air
00.1	Data *input* 1		

		Encoder	untuk mengaktifkan pompa
00.2	Data *input* 2	*Selector Switch*	Mode otomatis dan manual
00.3	Data *input* 3	*Push Button Start* 1	Mengaktifkan pompa 1
00.4	Data *input* 4	*Push Button Stop* 1	Menonaktifkan pompa 1
00.5	Data *input* 5	*Push Button Start* 2	Mengaktifkan pompa 2
00.6	Data *input* 6	*Push Button Stop* 2	Menonaktifkan pompa 2
00.7	Data *input* 7	*Push Button Start* 3	Mengaktifkan pompa 3
00.8	Data *input* 8	*Push Button Start* 3	Menonaktifkan pompa 3
00.9	Data *input* 9	*Emergency*	Memutuskan arus saat keadaan darurat
100.0	*Output relay* 1	Pompa 1	Menghidupkan pompa 1
100.1	*Output relay* 2	Pompa 2	Menghidupkan pompa 2
100.2	*Output relay* 3	Pompa 3	Menghidupkan pompa 3

3.5.3 *Wiring* Diagram

Wiring diagram atau perancangan alat merupakan alur kerja dari proses pembuatan alat dimulai dari desain *hardware* atau alat sampai dengan *software.* Untuk lebih memahami rancangan alat dibuat *wiring* diagram yang dapat dilihat pada gambar 3.6.



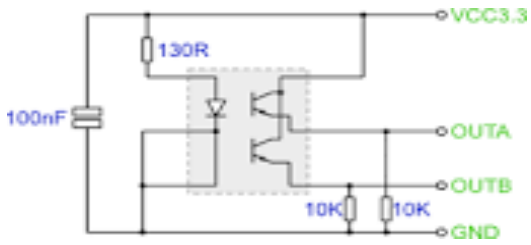
Gambar 3.6 *Wiring* diagram

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Selain wiring diagram penelitian ini juga menggunakan skema output pada prototipe dan skema output pada rumah pompa waduk pluit. Contoh skema dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 3.

3.5.3.1 *Wiring* Sensor *Rotary Encoder*

Pada saat sensor *encoder* diberikan tegangan VCC 5 *volt* untuk mengubah gerakan linear atau putaran menjadi sinyal *digital*, dimana sensor putaran memonitor gerakan putar dari suatu alat. Berikut adalah gambar *wiring* sensor *encoder* dapat dilihat pada gambar 3.7.

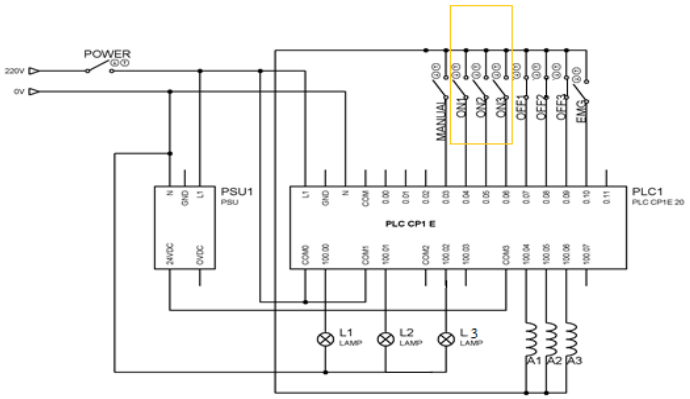


Gambar 3.7 *Wiring* Sensor *Rotary Encoder*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.5.3.2 *Wiring Push Button*

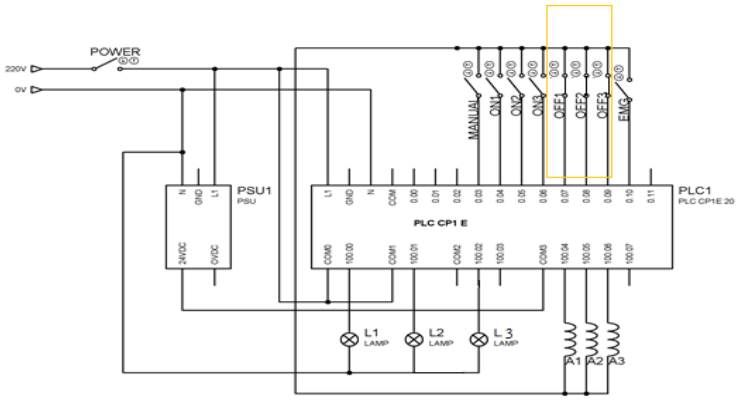
Push Button ini dinamakan rangkaian push button NO. Biasanya digunakan untuk tombol *start*. Seperti gambar yang dapat kita lihat pada gambar 3.8 berikut:



Gambar 3.8 *Wiring Push Button* NO

Sumber : Dokumentasi Pribadi

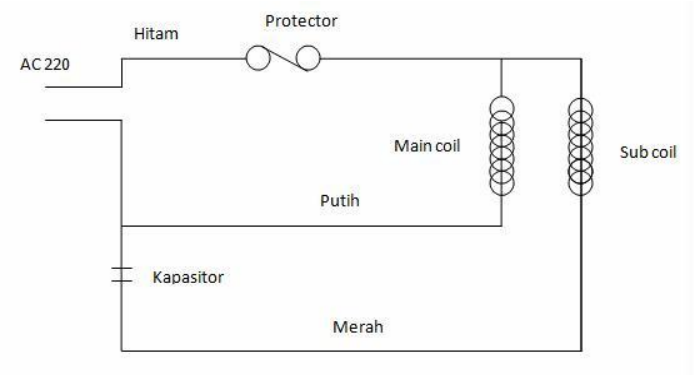
Push Button ini dinamakan rangkaian *push button* NC. Biasanya digunakan untuk tombol *stop*. Seperti gambar yang dapat kita lihat pada gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 *Wiring Push Button* NC

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.5.3.3 *Wiring* Pompa



Gambar 3.10 *Wiring* Pompa

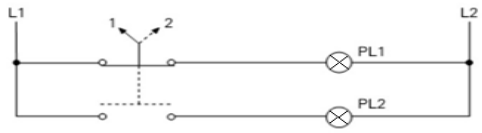
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 3.10 adalah *wiring* pompa atau motor yang menggunakan 1 fasa. Untuk menghidupkan motor pertama aliri arus listrik AC bertegangan 220 *volt* lalu ke protektor agar motor terhindar dari arus berlebih kemudian ada 2 lilitan *main coil* (inti) dan *sub coil* (lilitan luar).

3.5.3.4 *Wiring Selector Switch* Dan Lampu

Selector Switch adalah suatu komponen yang berfungsi untuk memudahkan memilih mode auto dan manual. Lampu pada panel untuk memberikan pertanda bahwa

rangkaian berfungsi atau keadaan *ON*. *Wiring Selector Switch* dan lampu dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Wiring Selector Switch* Dan Lampu

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.5.4 Deskripsi Kerja Alat

Cara kerja alat dibutuhkan untuk mendeskripsikan bagaimana mengoperasikan alat. Berikut ini cara kerja alat rumah pompa berbasis PLC:

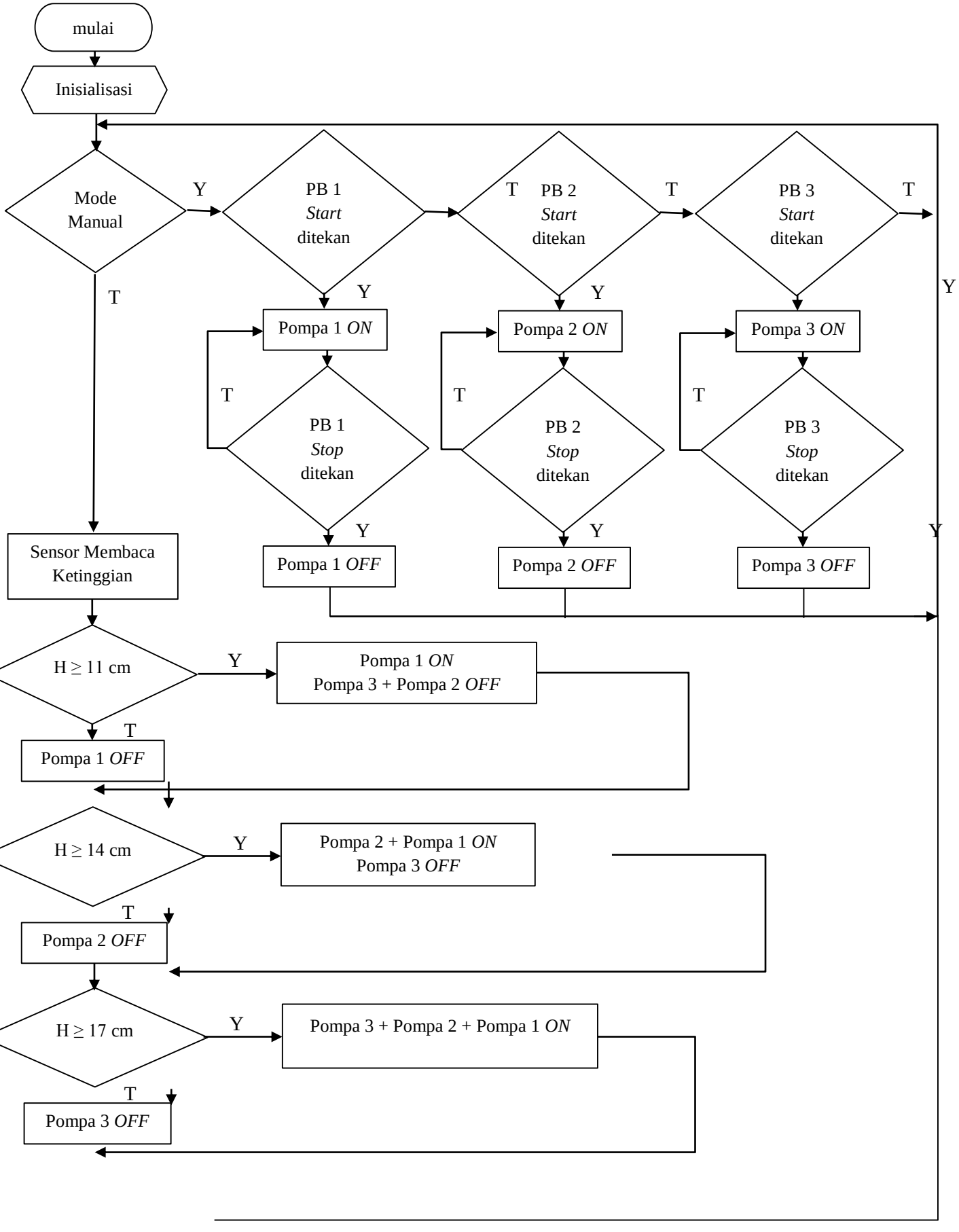
1. Hubungkan steker PC ke kontak-kontak terdekat dengan alat.
2. Sebelum memulai MCB dihidupkan atau posisi MCB saklarnya ke atas (*ON*) maka sistem *ON* atau alat berada pada posisi *stand by*.
3. Ada dua pilihan sistem operasi yaitu manual dan otomatis. Keduanya dapat digunakan sesuai dengan kebutuhannya.
4. Jika manual selector switch kearah manual ON maka sistem akan bekerja manual. Dan apabila otomatis selector switch kearah otomatis ON maka sistem akan bekerja otomatis.
5. Jika manual yang dipilih adalah mengubah posisi selector switch kearah manual ON, maka langkah berikutnya adalah:
   a. Bila menekan "*start* 1" maka yang akan terjadi "pompa 1 *ON*".
   b. Bila menekan "*stop* 1" maka yang akan terjadi "pompa 1 *OFF*".
   c. Bila menekan "*start* 2" maka yang akan terjadi "pompa 2 *ON*".
   d. Bila menekan "*stop* 2" maka yang akan terjadi "pompa 2 *OFF*".
   e. Bila menekan "*start* 3" maka yang akan terjadi "pompa 3 *ON*".

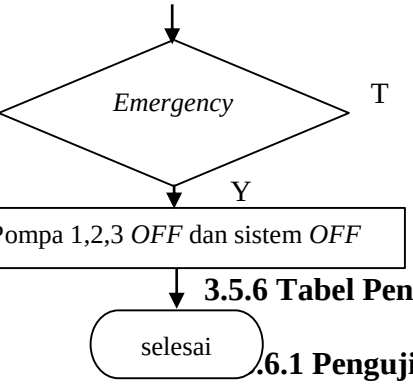
f. Bila menekan “*stop* 3” maka yang akan terjadi “pompa 3 *OFF*”.

6. Jika otomatis yang dipilih adalah mengubah posisi selector switch kearah otomatis ON, maka pompa dan sensor sudah terkendali dengan sendirinya oleh PLC.
7. Ketika ketinggian air di atas (H) ≥ 11 cm (siaga 3), maka “sensor *encoder*” memberikan informasi ke PLC untuk selanjutnya PLC mengeluarkan sinyal kendali yang mengaktifkan pompa 1. Kemudian pompa 1 pun akan bekerja secara otomatis memompa air atau membuang air kelaut agar ketinggian air di waduk berkurang.
8. Ketika ketinggian air di atas (H) ≥ 14 cm (siaga 2), maka “sensor *encoder*” memberikan informasi ke PLC untuk selanjutnya PLC mengeluarkan sinyal kendali yang mengaktifkan pompa 1 dan pompa 2. Kemudian pompa 1 dan pompa 2 pun akan bekerja secara otomatis memompa air atau membuang air kelaut agar ketinggian air diwaduk berkurang.
9. Ketika ketinggian air di atas (H) ≥ 17 cm (siaga 1), maka “sensor *encoder*” memberikan informasi ke PLC untuk selanjutnya PLC mengeluarkan sinyal kendali yang mengaktifkan pompa 1, pompa 2, dan pompa 3. Kemudian pompa 1, pompa 2, dan pompa 3 pun akan bekerja secara otomatis memompa air atau membuang air kelaut agar ketinggian air diwaduk berkurang.
10. Apabila saat situasi yang tidak dikehendaki, mendadak, dan berkembang secara cepat, sehingga menimbulkan bahaya yang mengancam keselamatan manusia, kerugian aset perusahaan dan kerusakan lingkungan. Kondisi semacam ini harus segera diatasi agar terhindar dari dampak lebih buruk. Maka operator menekan tombol *emergency*.

3.5.5 *Flowchart* Sistem / Alat

Flowchart alur kerja alat merupakan gambar atau bagan yang memperlihatkan urutan dan hubungan antar proses beserta instruksinya. Diagram alur kerja alat dapat dilihat pada gambar 3.12.





Gambar 3.12 *Flowchart* Alat

3.5.6 Tabel Pengujian

.6.1 Pengujian *Hardware*

3.5.6.1.1 Pengujian Sensor *Rotary Encoder*

Tabel 3.12 Pengujian Pada Sensor *Rotary Encoder*

No	*Level* (cm)	Pulsa	Tegangan *Rotary Encoder* (V)
1	5 cm		
2	8 cm		
3	11 cm		
4	14 cm		
5	17 cm		

3.5.6.1.2 Pengujian Tegangan *Push Button*

Tabel 3.13 Pengujian Tegangan Pada *Push Button*

Mode	*Push Button* 1 (V)	*Push Button* 2 (V)	*Push Button* 3 (V)	*Push Button* 4 (V)	*Push Button* 5 (V)	*Push Button* 6 (V)

ON						
OFF						

3.5.6.1.3 Pengujian Tegangan Pompa

Tabel 3.14 Pengujian Tegangan Pada Pompa

Pompa / Status	Pompa 1 (V)	Pompa 2 (V)	Pompa 3 (V)
ON			
OFF			

3.5.6.1.4 Pengujian Tegangan Lampu

Tabel 3.15 Pengujian Tegangan Pada Lampu

Lampu / Status	Lampu 1 (V)	Lampu 2 (V)	Lampu 3 (V)	Lampu 4 (V)	Lampu 5 (V)
ON					
OFF					

3.5.6.2 Pengujian *Software*

3.5.6.2.1 Pengujian Tombol *Software* PLC (Mode Manual)

Tabel 3.16 Pengujian Tombol Pada *Software* PLC (Mode Manual)

NO	Kondisi Awal	*Input*						*Output*			Keterangan
		PB1 *ON*	PB1 *OFF*	PB2 *ON*	PB2 *OFF*	PB3 *ON*	PB3 *OFF*	P1	P2	P3	
1	P1 On										
2	P1 On, P2 On										
3	P1 On, P3 On										
4	P1 On, P2 On, P3 On										
5	P2 On										
6	P2 On, P3 On										
7	P3 On										
8	P1 On										
9	P1 On, P2 On										
10	P1 On, P3 On										
11	P2 On										

12	P2 On, P3 On										
13	P3 On										

Tabel 3.17 Pengujian Sensor (Mode Otomatis)

No	*Level* (cm)	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Lampu 1	Lampu 2	Lampu 3	Keterangan
1	5 cm							
2	8 cm							
3	11 cm							
4	14 cm							
5	17 cm							
6	20 cm							

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai keberhasilan dalam percobaan pembuatan sistem, selain itu membuktikan apakah kenyataan sesuai dengan program atau sistem yang telah dibuat, berupa pengujian maket prototipe rumah pompa banjir menggunakan sensor *rotary encoder* dengan menggunakan meteran air, pengujian maket menggunakan *push button* manual, pengujian sistem aplikasi secara manual.

4.1.1 Hasil Pengujian Maket Menggunakan Sensor Encoder Dan Menggunakan Meteran Air

Berikut ini adalah hasil pengujian menggunakan sensor encoder dan menggunakan meteran air. Proses pengujian lihat gambar 4.1 dan hasil pengujian prototipe dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

(A)

(B)

Gambar 4.1 (A) Prototipe keadaan mati (B) Prototipe keadaan mengontrol

Sumber : Dokumentasi Pribadi

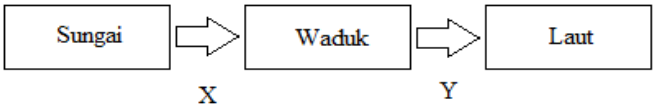
Tabel 4.1 Debit Air Prototipe Pada Keran

Tinggi (cm)	Waktu (s) 1 keran	Debit (ℓ/s) 1 keran	Waktu (s) 2 keran	Debit (ℓ/s) 2 keran	Waktu (s) 3 keran	Debit (ℓ/s) 3 keran
11 cm	90 detik	0,13 liter/detik	47 detik	0,26 liter/detik	37 detik	0,39 liter/detik
14 cm	120 detik	0,13 liter/detik	67 detik	0,26 liter/detik	57 detik	0,39 liter/detik
17 cm	147 detik	0,13 liter/detik	77 detik	0,26 liter/detik	67 detik	0,39 liter/detik

Tabel 4.2 Debit Air Prototipe Pada Pompa

Tinggi (cm)	Waktu (s) 1 pompa	Debit (ℓ/s) 1 pompa	Waktu (s) 2 pompa	Debit (ℓ/s) 2 pompa	Waktu (s) 3 pompa	Debit (ℓ/s) 3 pompa
11 cm	61 detik	0,20 liter/detik	31 detik	0,40 liter/detik	21 detik	0,60 liter/detik
14 cm	79 detik	0,20 liter/detik	40 detik	0,40 liter/detik	26 detik	0,60 liter/detik
17 cm	98 detik	0,20 liter/detik	49 detik	0,40 liter/detik	33 detik	0,60 liter/detik

Maksimal Debit Sungai Ke Waduk Yang Bisa Membuat Pengoperasian Normal.



X = Y

Tabel 4.3 Debit Maksimal Pada Prototipe

	Sungai → Waduk	Waduk → Laut	Ketinggian

No	1 keran	2 keran	3 keran	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Maksimal
1	On	Off	Off	On	On	Off	14 cm
2	On	On	Off	On	On	On	17.5 cm
3	On	On	On	On	On	On	21.5 cm

Tabel 4.4 Pengujian Debit Maksimal Yang Masuk Ke Waduk

1 keran	1 keran	1 keran	Total Q input
0,13	0,13	0,13	0,39

Maksimal Tanpa Waduk Luber Atau Penuh 0.39

Tabel 4.5 Kemampuan Pompa Untuk Membuang Air Waduk

Pompa 3	Pompa 2	Pompa 1	Total Q output
0,20	0,20	0,20	0,60

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Maket Menggunakan Sensor *Rotary Encoder* Dengan Menggunakan Meteran Air

No	*Level* (cm)	Pulsa	Tegangan *Rotary Encoder* (V)

1	5 cm	0	4,79
2	8 cm	0	4,76
3	11 cm	100	4,82
4	14 cm	200	4,9
5	17 cm	300	4,75

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Tegangan Maket Pada *Push Button*

Mode	*Push Button* 1 (V)	*Push Button* 2 (V)	*Push Button* 3 (V)	*Push Button* 4 (V)	*Push Button* 5 (V)	*Push Button* 6 (V)
ON	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
OFF	**23,4**	**24,2**	**23,6**	**23,5**	**23,6**	**23,6**

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Tegangan Pada Pompa

Pompa / Status	Pompa 1 (V)	Pompa 2 (V)	Pompa 3 (V)
ON	**218**	**219**	**221**
OFF	**0**	**0**	**0**

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Tegangan Pada Lampu

Lampu / Status	Lampu 1 (V)	Lampu 2 (V)	Lampu 3 (V)	Lampu 4 (V)	Lampu 5 (V)
ON	**218**	**221**	**219**	**223**	**219**
OFF	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Tombol Pada *Software* PLC (Mode Manual)

NO	Kondisi Awal	*Input*						*Output*			Keterangan
		PB1 *ON*	PB1 *OFF*	PB2 *ON*	PB2 *OFF*	PB3 *ON*	PB3 *OFF*	P1	P2	P3	
1	P1 On		√					Off	Off	Off	Sukses
2	P1 On, P2 On		√		√			Off	Off	Off	Sukses
3	P1 On, P3 On		√				√	Off	Off	Off	Sukses
4	P1 On, P2 On, P3 On		√		√		√	Off	Off	Off	Sukses
5	P2 On				√			Off	Off	Off	Sukses
6	P2 On, P3 On				√		√	Off	Off	Off	Sukses
7	P3 On						√	Off	Off	Off	Sukses
8	P1 On		√	√		√		Off	On	On	Sukses
9	P1 On, P2 On		√		√	√		Off	Off	On	Sukses
10	P1 On, P3 On		√	√			√	Off	On	Off	Sukses
11	P2 On	√			√	√		On	Off	On	Sukses
12	P2 On, P3 On	√			√		√	On	Off	Off	Sukses
13	P3 On	√		√			√	On	On	Off	Sukses

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Sensor (Mode Otomatis)

No	*Level* (cm)	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Lampu 1	Lampu 2	Lampu 3	Keterangan
1	5 cm	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Sukses
2	8 cm	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Sukses
3	11 cm	On	Off	Off	On	Off	Off	Sukses
4	14 cm	On	On	Off	On	On	Off	Sukses
5	17 cm	On	On	On	On	On	On	Sukses

6	20 cm	On	On	On	On	On	On	Sukses

4.1.2 Maket Rumah Pompa Banjir Menggunakan Push Button Manual Pada Panel

Proses pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan agar relay dapat aktif, serta merubah kondisi push button pada panel. Proses pengujian maket rumah pompa banjir dapat lihat gambar 4.2 dan 4.3. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 4.7, 4.8, 4.9.

Gambar 4.2 Push Button Manual Pada Panel

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.3 Maket Rumah Pompa Banjir

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.1.3. Hasil Pengujian Sistem Aplikasi Secara Jarak Jauh

Berikut ini adalah hasil dari pengujian prototipe secara manual. setelah maket rumah pompa banjir dikoneksikan ke aplikasi pengendali, pemantau sistem rumah pompa banjir mengamati kondisi mesin pompa yang dinyalakan dan dimatikan secara manual melalui tombol pada aplikasi pengendali dan pemantau rumah pompa banjir. Proses pengujian lihat gambar 4.4 dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 diatas.

(A)

(B)

Gambar 4.4 (A) Pengujian menyalakan dengan komputer (B) Kondisi pompa pada maket.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.2. Pembahasan

Rumah pompa banjir waduk pluit terdiri dari bangunan yang berdiri di pinggiran tanggul yang akan memproses air ke laut. Rumah pompa banjir waduk pluit ini memiliki luas penampung sebesar 80 *hektare* dan kedalaman 11 meter, dan waduk pluit memiliki pompa sebanyak 10 unit pompa yang berada di Waduk Pluit sendiri terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan produsennya. Tiga unit pompa buatan Jepang yang saat ini masih dimiliki Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPU & Pera) RI memiliki kemampuan menyedot air dari waduk dengan kapasitas 5 kubik per detik untuk setiap unitnya.

Ada pula pompa buatan PT Asiana yang memiliki 4 unit pompa dengan kapasitas 4,3 kubik per detik untuk satu unit pompanya. Sedangkan 3 unit pompa sisanya merupakan buatan PT Ruhak Pala dengan kapasitas 6 kubik per detik. Untuk unit pompa Asiana dan Ruhak saat ini sudah diserahterimakan ke Pemprov DKI, sedangkan pompa buatan Jepang

masih dibawah kendali KemenPU & Pera RI. Salah satu mesin pompa di waduk ini memiliki daya 400 kw dan kemampuan pompa 1489 rpm. Pompa waduk pluit menggunakan tipe aksial dan bagian-bagian pompa aksial adalah *Diesel Engine*, *Inlet*, *Impeller*, *Difuser*, Poros, *Guide Bearing*, *Stuffing Box*, Perpipaan ukuran besar, Lubang udara di pipa, *Valve* penutup air pada pipa, *conveyor* pembersih sampah manual.

Pengaplikasian pada rumah pompa banjir waduk pluit masih menggunakan sistem manual dengan menggunakan panel kontrol pada ruang pompa, panel induk dan *distribution* pada ruang panel yang terpisah. Sedangkan pada prototipe ini menggunakan 2 mode yaitu mode otomatis dan mode manual. Mode otomatis pada prototipe ini ketika MCB *ON*, keran air sungai memiliki debit sebesar 0,13 ℓ/s. Saat keran dibuka air mengalir ke penampung waduk, maka *volume* air pada penampung waduk bertambah hingga mencapai ketinggian air 11cm sensor *encoder* memberikan sinyal kepada PLC untuk menghidupkan 1 pompa dan 1 lampu indikator pada *relay* 1, jika ketinggian air 14cm sensor *encoder* kembali memberikan sinyal kepada PLC untuk menghidupkan 2 pompa dan 2 lampu indikator pada *relay* 1 dan *relay* 2, jika ketinggian air 17cm sensor *encoder* akan kembali memberikan sinyal kepada PLC untuk menghidupkan 3 pompa dan 3 lampu indikator pada *relay* 1, *relay* 2 dan *relay* 3. Pada saat 3 pompa dan lampu indikator hidup ketinggian air akan berkurang di bawah ketinggian 17cm maka sensor *encoder* memberikan sinyal kepada PLC untuk mematikan 1 pompa dan 1 lampu indikator, ketinggian air akan terus berkurang hingga di bawah 14cm sensor *encoder* memberikan sinyal kembali untuk mematikan 1 pompa dan 1 lampu indikator lagi, ketinggian air semakin terus berkurang hingga di bawah 11cm sensor *encoder* akan kembali memberikan sinyal untuk mematikan 1 pompa dan 1 lampu indikator lagi sehingga tak ada satupun pompa dan lampu indikator yang hidup sehingga dinyatakan status normal atau aman.

Prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC ini menggunakan aplikasi *cx-designer* untuk mengatur sistem kendali pompa menggunakan komputer oleh operator. Data yang sudah dapat dianalisis dari lapangan dan prototipe seperti level siaga di lapangan (Waduk Pluit). Normal kurang dari (– 40 cm), siaga III (– 40 cm ~ – 1 cm), siaga II (0 cm ~ 39 cm), dan siaga I lebih dari (40 cm). Dan level siaga di alat (Prototipe). Normal kurang dari (11 cm), siaga III (11 cm ~ 13 cm), siaga II (14 cm ~ 16 cm), dan siaga I lebih dari (17 cm). Perbandingan antara Waduk Pluit dan prototipe juga bisa kita perhatikan perbandingannya seperti level, luas, dan debit. Berikut adalah perbandingan luas penampung air pada waduk dan luas penampung air pada prototipe.

$$30 : 5{,}6 \times 10^{9}$$

$$3 : 5{,}6 \times 10^{8}$$

$$3 : 56 \times 10^{7}$$

$$1 : 18 \times 10^{7}$$

$$1 : 180.000.000$$

Sedangkan bila ingin mengetahui debit air dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4. Hasil penelitian prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis PLC dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai keberhasilan dalam percobaan pembuatan sistem, selain itu membuktikan apakah kenyataan sesuai dengan program atau sistem yang telah dibuat, berupa pengujian maket prototipe rumah pompa banjir secara otomatis menggunakan sensor *rotary encoder* dengan menggunakan meteran air, selain otomatis pengujian maket juga menggunakan *push button* manual, pengujian sistem aplikasi manual secara jarak jauh dapat dilihat pada tabel 4.10. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada penilitian ini didapatkan hasil bahwa prototipe rumah pompa banjir dengan menggunakan motor listrik sebagai pemompa otomatis berbasis

PLC sesuai dengan kriteria yang diinginkan dan dengan ini dikatakan bahwa penilitian yang dilakukan berhasil.

4.3. Kelebihan dan Kekurangan Alat

Dari pembahasan hasil pengujian dan pengukuran bisa terlihat adanya kelebihan dan masih terdapatnya kekurangan pada prototipe pengendali dan pemantauan mesin pompa menggunakan komputer berbasis PLC. Berikut ini beberapa kelebihan dan kekurangannya :

4.3.1 Kelebihan Alat

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka alat yang dibuat memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Dapat mengendalikan mesin pompa pada rumah pompa banjir dari jarak jauh.
2. Dapat mengetahui kondisi semua mesin pompa sehingga dapat segera dilakukan tindakan..
3. Memiliki kinerja yang lebih mudah dan memperkecil *human error*.

4.3.2 Kekurangan Alat

Dari beberapa kelebihan di atas, alat yang telah dibuat masih memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. Ketika listrik padam maka akan mengalami gangguan maka sistem tersebut tidak bekerja secara maksimal.
2. Bila beberapa mesin pompa sedang mengalami gangguan atau rusak maka untuk menguras air tidak akan bisa secepat yang diinginkan, butuh waktu untuk menggantikan mesin pompa tersebut.
3. Sampah yang begitu banyak di waduk menjadi tanggung jawab operator karena bila tidak disingkirkan penggunaan mesin pompa tidak akan lama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Prototipe Rumah Pompa Banjir Dengan Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis PLC dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, PC dapat mengakses mesin pompa pada satu titik tempat untuk memantau semua mesin pompa yang dijaga oleh operator.
2. Pada sistem kerja pemindahan saklar selektor dan tombol jarak jauh bisa digunakan dengan cara memilih salah satu saja, tidak bisa menyalakan secara bersamaan.
3. Penggunaan sensor *rotary encoder* dapat diandalkan karena mudah dan dapat mengirim sinyal pada mesin pompa dan tidak merepotkan operator.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Prototipe sistem ini hanya bisa mendeteksi satu masalah listrik saja yaitu kegagalan pendistribusian listrik yang bisa disebabkan oleh MCB turun atau hubungan singkat. Saran dari peneliti adalah supaya lebih bagus lagi ditambahkan sensor daya sehingga penggunaan daya bisa terdata.
2. Selalu memeriksa *port* COM pada koneksi atau kabel penghubung USB pada komputer untuk menghindari kegagalan komunikasi pada PLC.
3. Pada penelitian ini penggunaan sensor *rotary encoder* agar lebih mudah tidak menunggu ketinggian air pada meteran air karena sudah otomatis dengan *rotary encoder* tersebut,

untuk mengirim sinyal atau data, agar dapat menjadi solusi sistem rumah pompa banjir di masa akan datang.

4. Dalam pengembangan penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan *backup battery* sebagai listrik cadangan.

DAFTAR PUSTAKA

Benjamin C, Kuo. 1998. *Teknik Kontrol Automatik jilid 1*. Jakarta: PT Prenhallindo.

Fakultas Teknik. 2012. *Buku Pedoman Skripsi/Karya Inofatif/Komprehensif*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

http://artikel-teknologi.com/pompa-2-macam-macam-pompa/ diakses pada tanggal 17 April 2016 pukul 23.50.

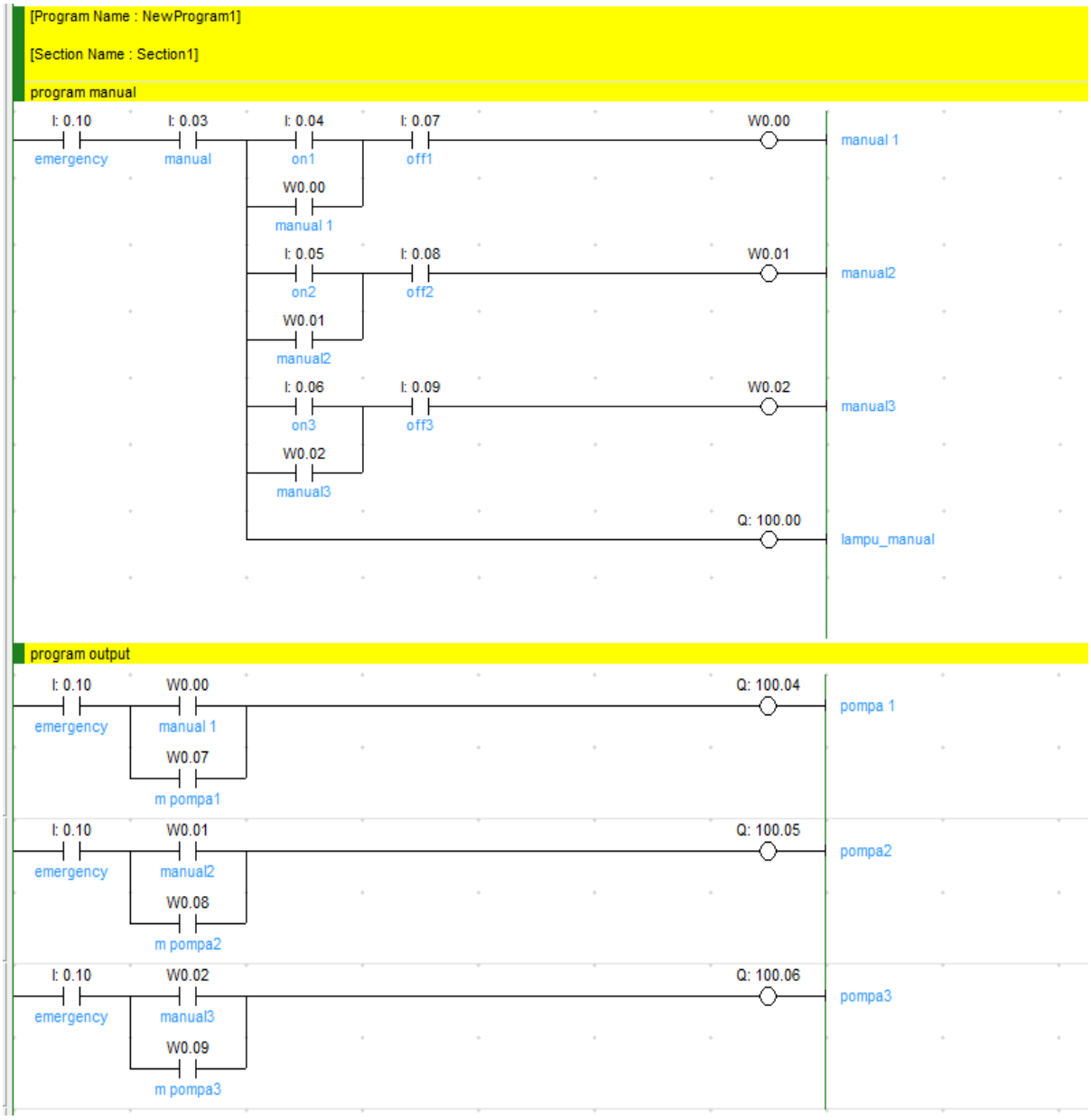
http://blog.unnes.ac.id/antosupri/sensor-penyandi-encoder/ diakses pada tanggal 20 Maret 2016 pukul 19.35.

http://www.beritasatu.com/megapolitan/248204-pentingnya-pompa-waduk-pluit-dalam-penanganan-banjir-jakarta.html diakses pada tanggal 21 Februari 2016 pukul 21.45.

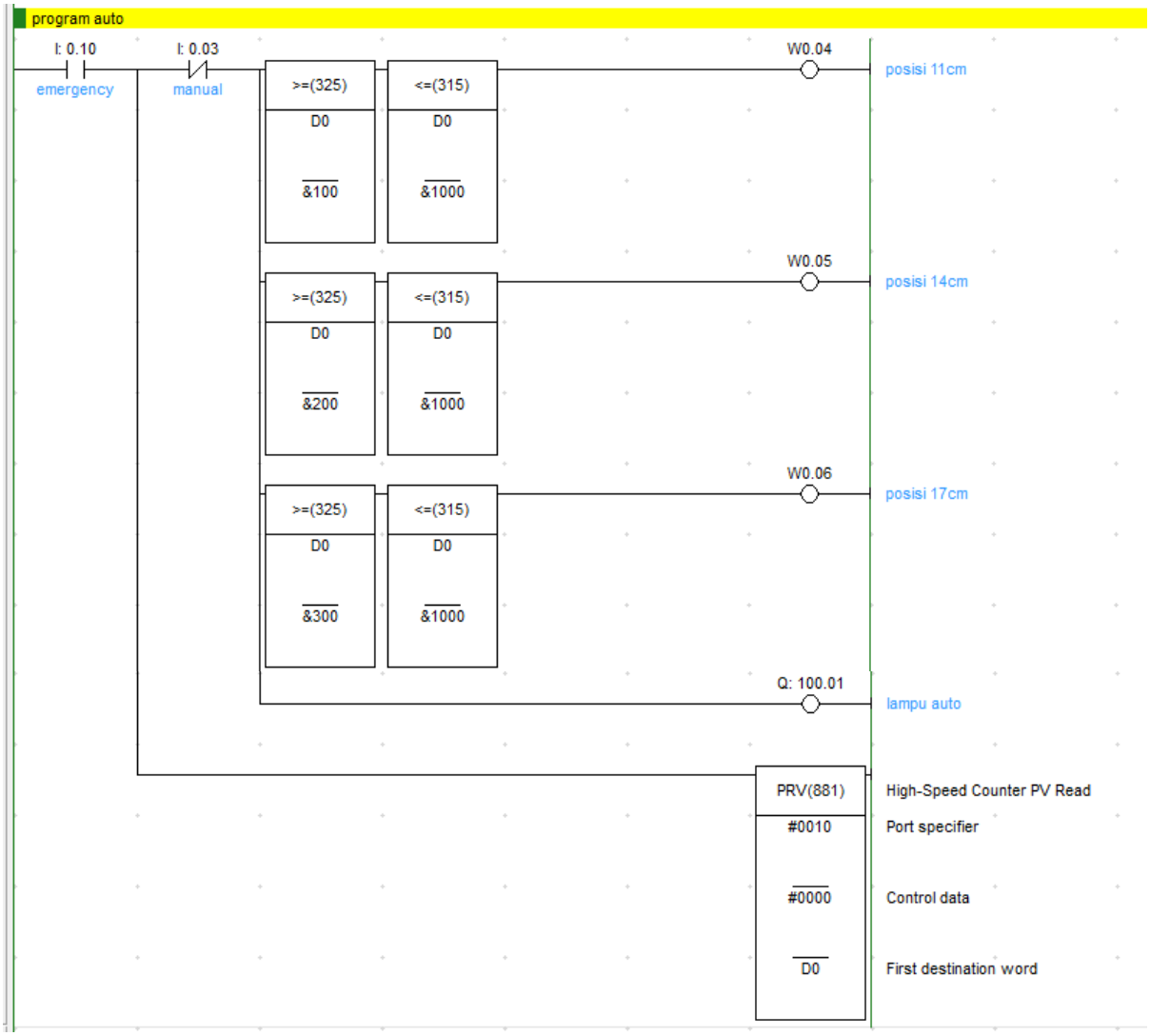
http://www.miung.com/2013/05/pengertian-dan-fungsi-mcb-miniature.html?m=1 diakses pada tanggal 2 Maret 2016 pukul 20.15.

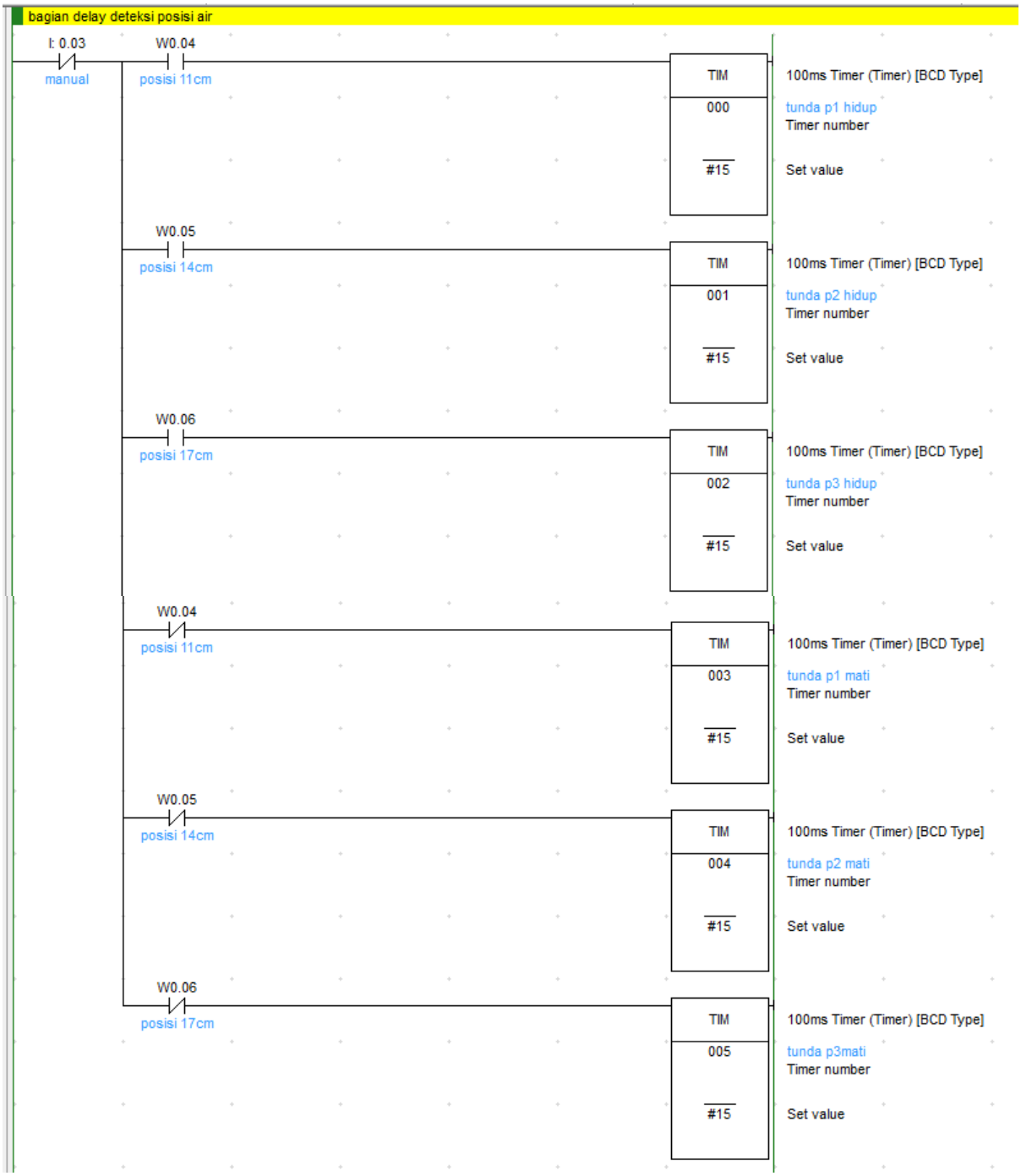
Syufrijal. 2011. hal 3. PLC. Jakarta.: Universitas Negeri Jakarta.

Lampiran 1. *Table Ladder Diagram* PLC

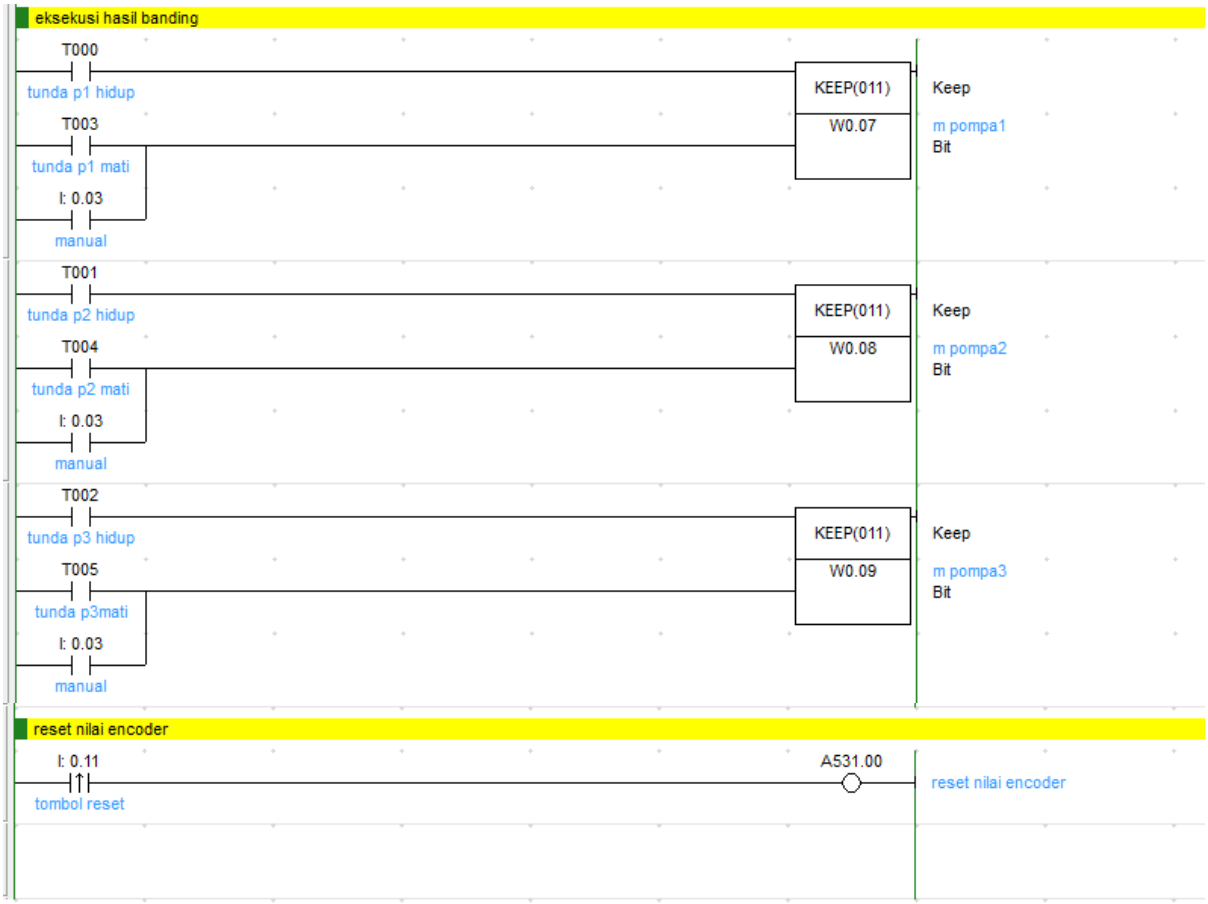


Lanjutan

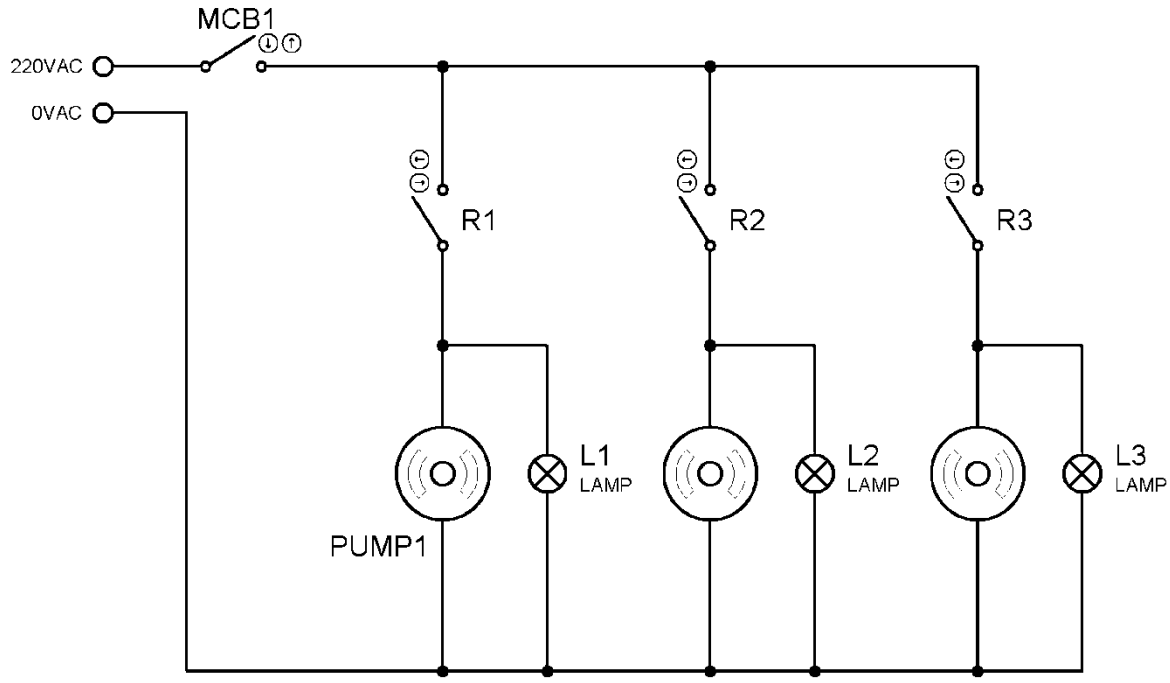

program auto
I: 0.10
emergency
I: 0.03
manual
>=(325)
D0
&100
<=(315)
D0
&1000
W0.04
posisi 11cm
>=(325)
D0
&200
<=(315)
D0
&1000
W0.05
posisi 14cm
>=(325)
D0
&300
<=(315)
D0
&1000
W0.06
posisi 17cm
Q: 100.01
lampu auto
PRV(881)
High-Speed Counter PV Read
#0010
Port specifier
#0000
Control data
D0
First destination word


bagian delay deteksi posisi air
I: 0.03
manual
W0.04
posisi 11cm
TIM
000
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p1 hidup
Timer number
Set value
W0.05
posisi 14cm
TIM
001
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p2 hidup
Timer number
Set value
W0.06
posisi 17cm
TIM
002
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p3 hidup
Timer number
Set value
W0.04
posisi 11cm
TIM
003
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p1 mati
Timer number
Set value
W0.05
posisi 14cm
TIM
004
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p2 mati
Timer number
Set value
W0.06
posisi 17cm
TIM
005
#15
100ms Timer (Timer) [BCD Type]
tunda p3mati
Timer number
Set value

Lanjutan

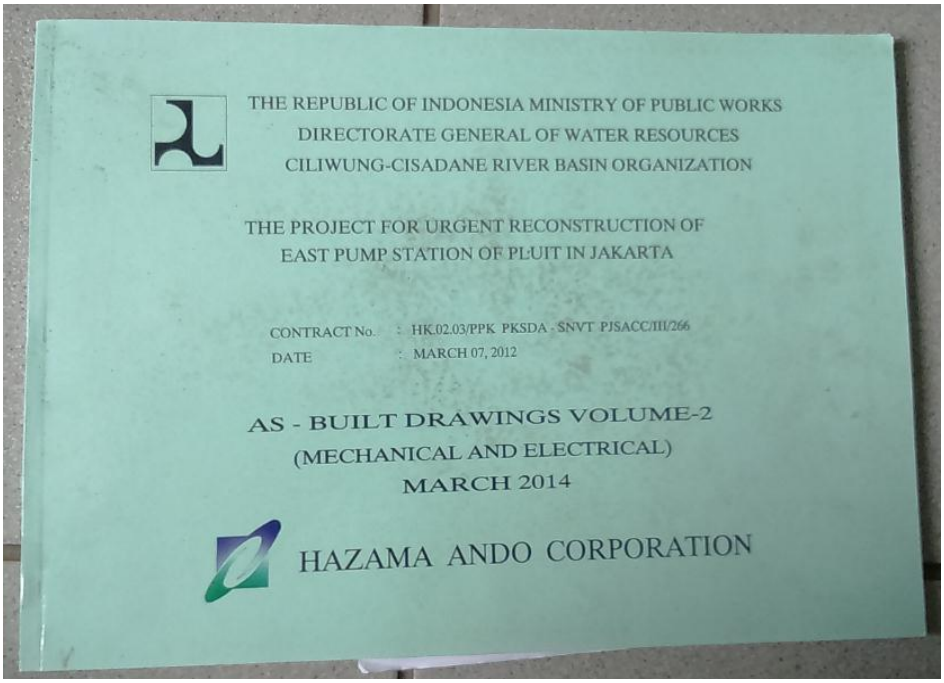

eksekusi hasil banding
T000
tunda p1 hidup
T003
tunda p1 mati
I: 0.03
manual
KEEP(011)
W0.07
Keep
m pompa1
Bit
T001
tunda p2 hidup
T004
tunda p2 mati
I: 0.03
manual
KEEP(011)
W0.08
Keep
m pompa2
Bit
T002
tunda p3 hidup
T005
tunda p3mati
I: 0.03
manual
KEEP(011)
W0.09
Keep
m pompa3
Bit
reset nilai encoder
I: 0.11
tombol reset
A531.00
reset nilai encoder

Lampiran 2. Gambar Skema Prototipe

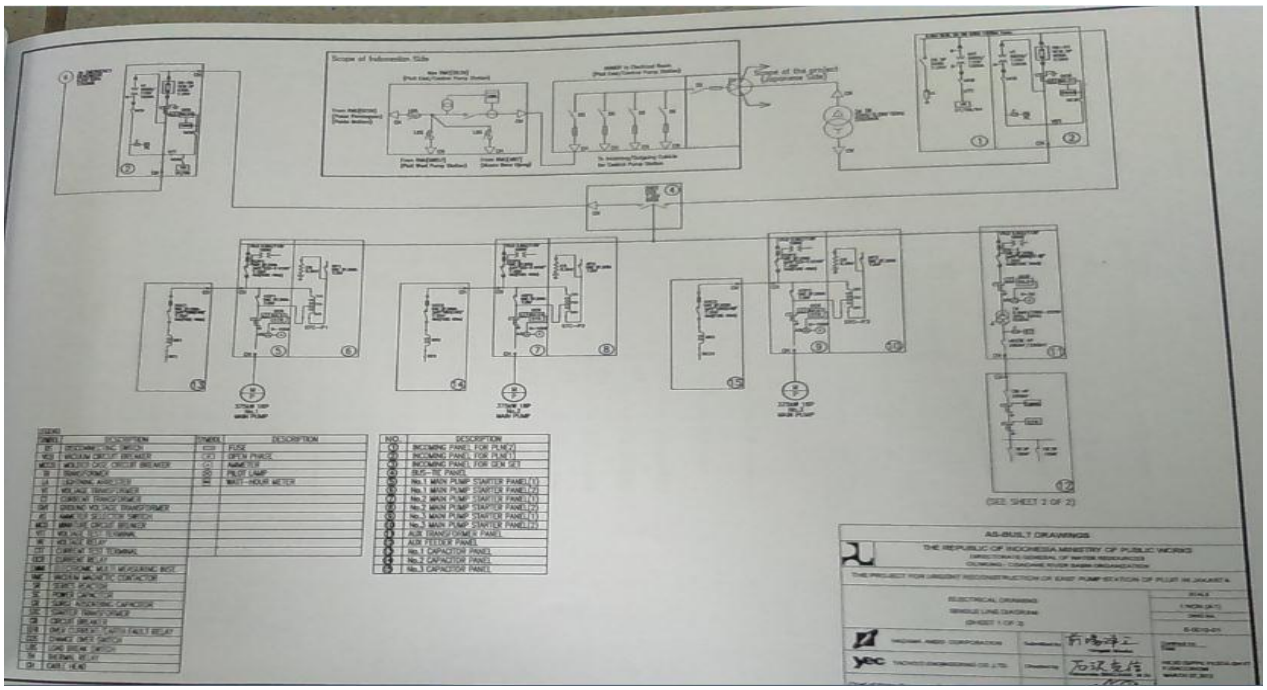


Skema prototipe berawal dari sumber listrik AC 220V lalu MCB memberi tegangan atau pemutus tegangan secara manual. Kemudian PLC mengatur sensor rotary encoder untuk memberi perintah kepompa agar hidup sesuai keinginan yang sudah diatur oleh ladder diagram. Pada skema ini sudah terlihat status lampu indikator atau posisi pompa diletakkan.

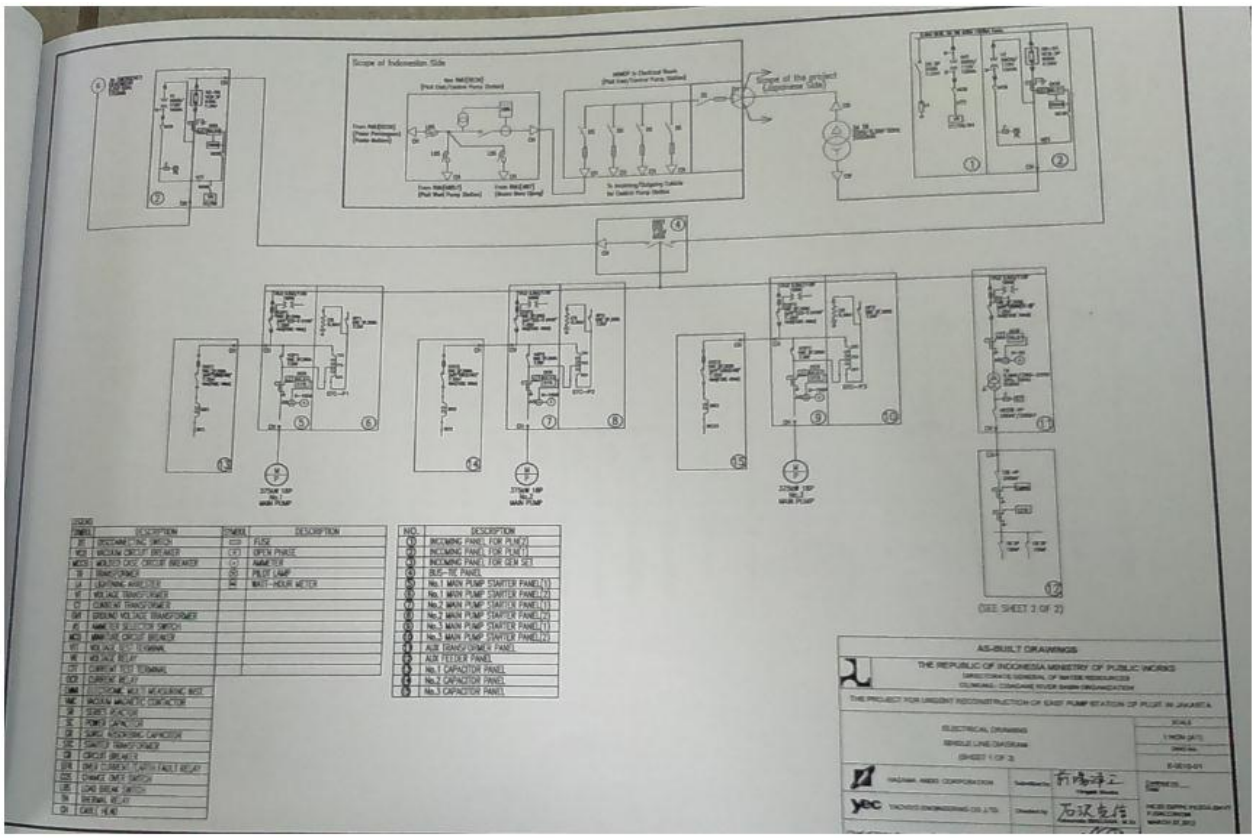
Lampiran 3. Gambar Skema Rumah Pompa Waduk Pluit



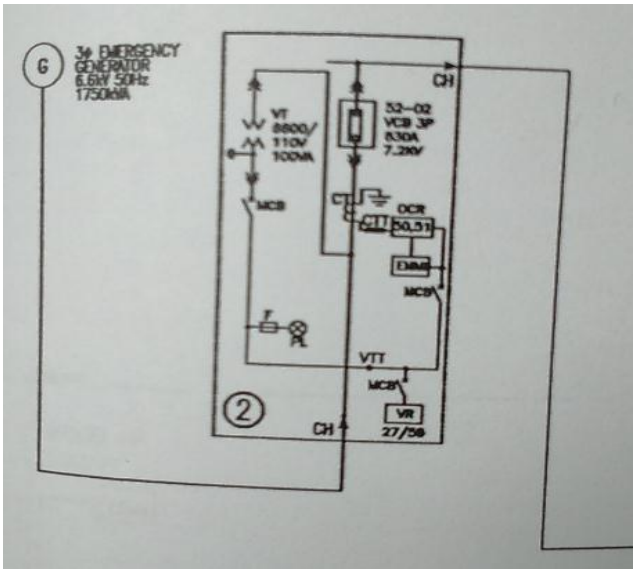
Pengawatan atau instalasi listrik pada rumah pompa sudah diperbarui sejak maret 2014. Buku diatas diambil dengan menggunakan kamera dikarenakan buku tersebut tidak bisa dibawa atau difotokopy dikarenakan harus izin ke dinas tata air.



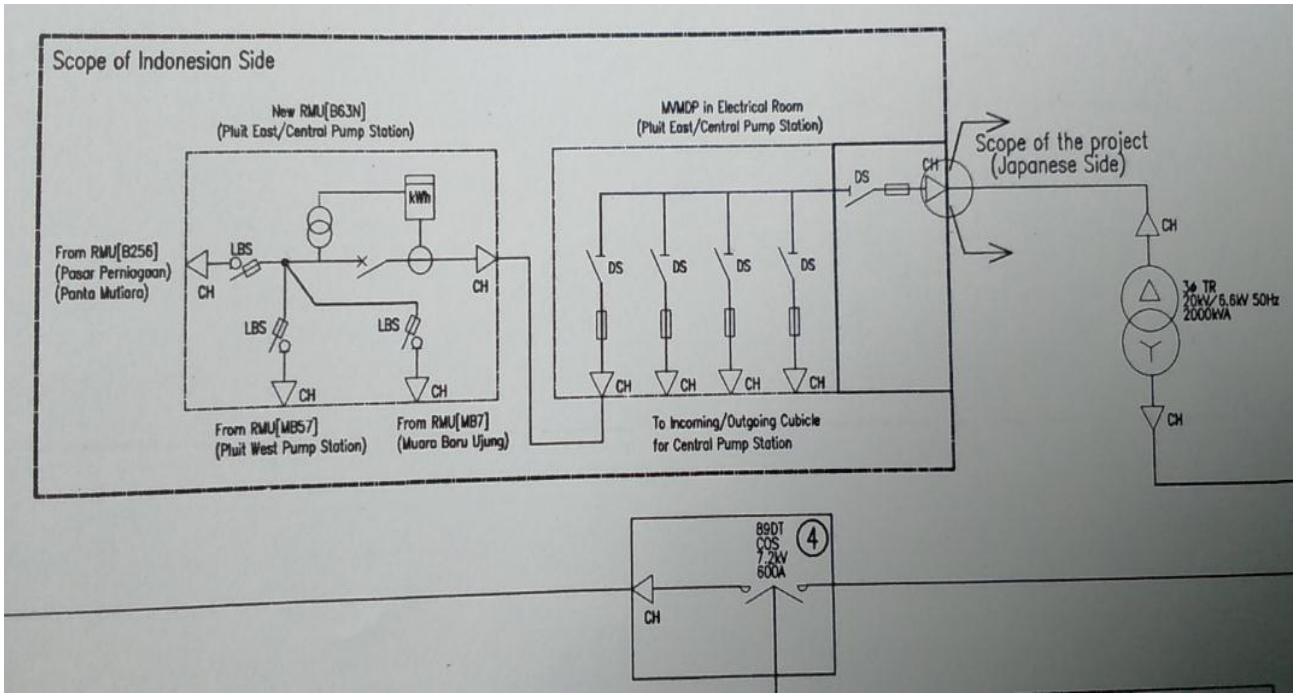
Gambar diatas adalah instalasi keseluruhan untuk melihat 3 pompa dinyatakan siap dikendalikan.



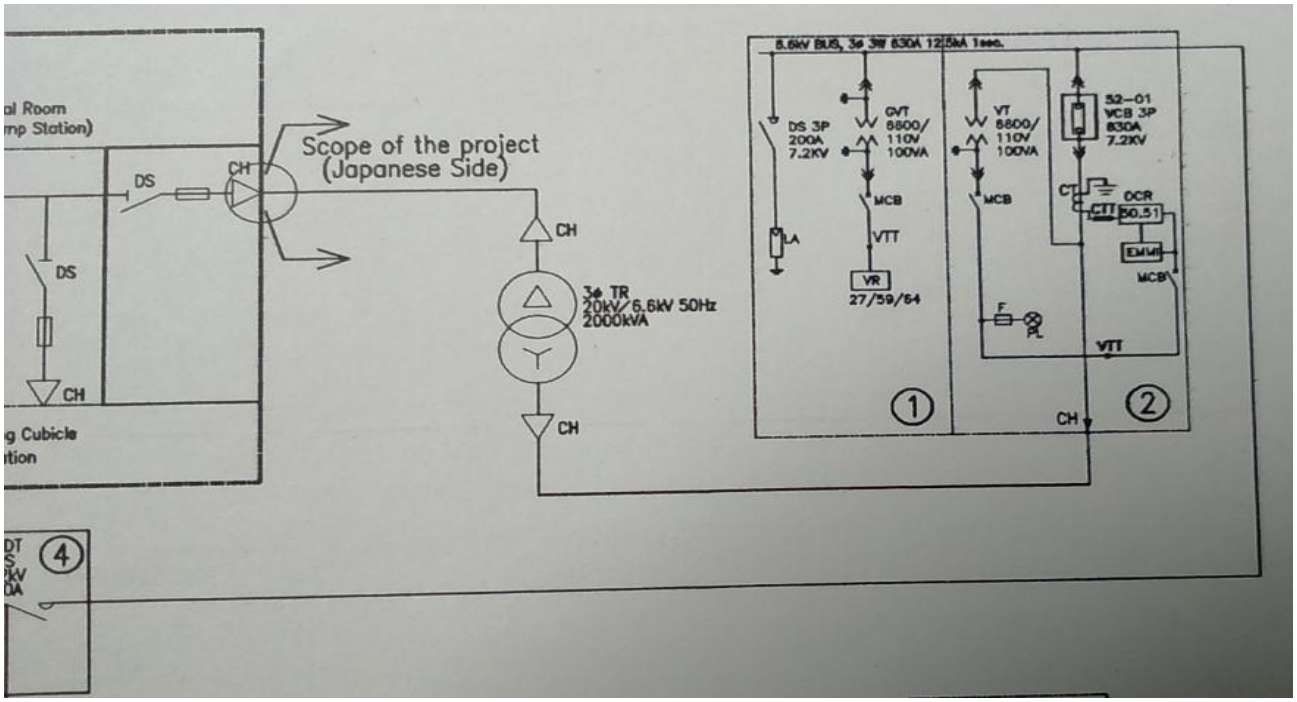
Gambar diatas adalah instalasi keseluruhan untuk melihat 3 pompa dinyatakan siap dikendalikan.



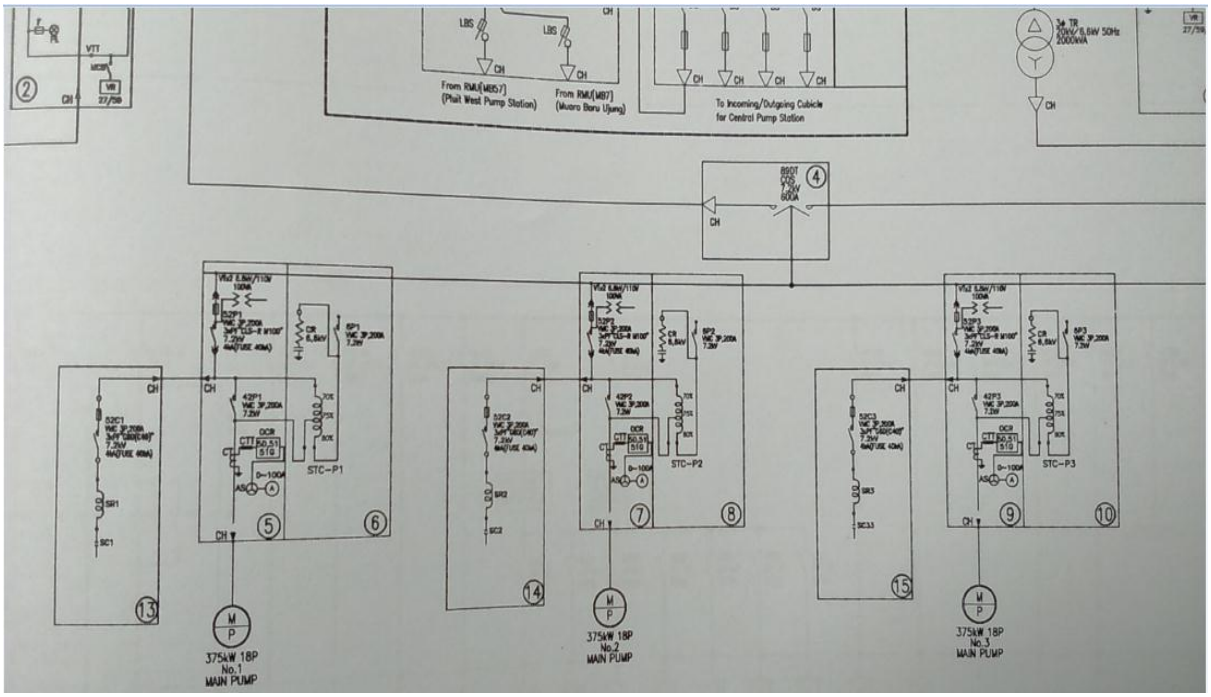
Instalasi pada generator



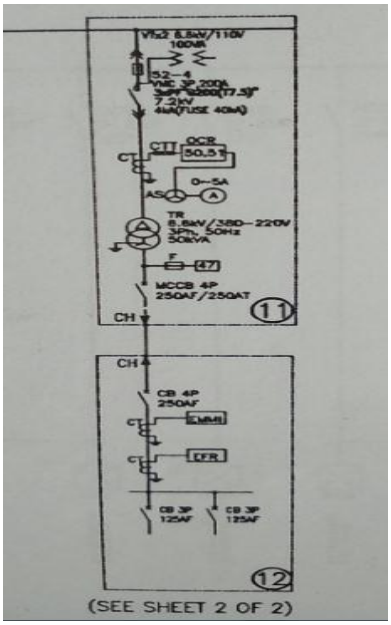
Gambar diatas adalah dimana sumber sudah berada pada panel induk. Sumber yang digunakan pada rumah pompa banjir ini memiliki 2 sumber dari PLN dan generator.



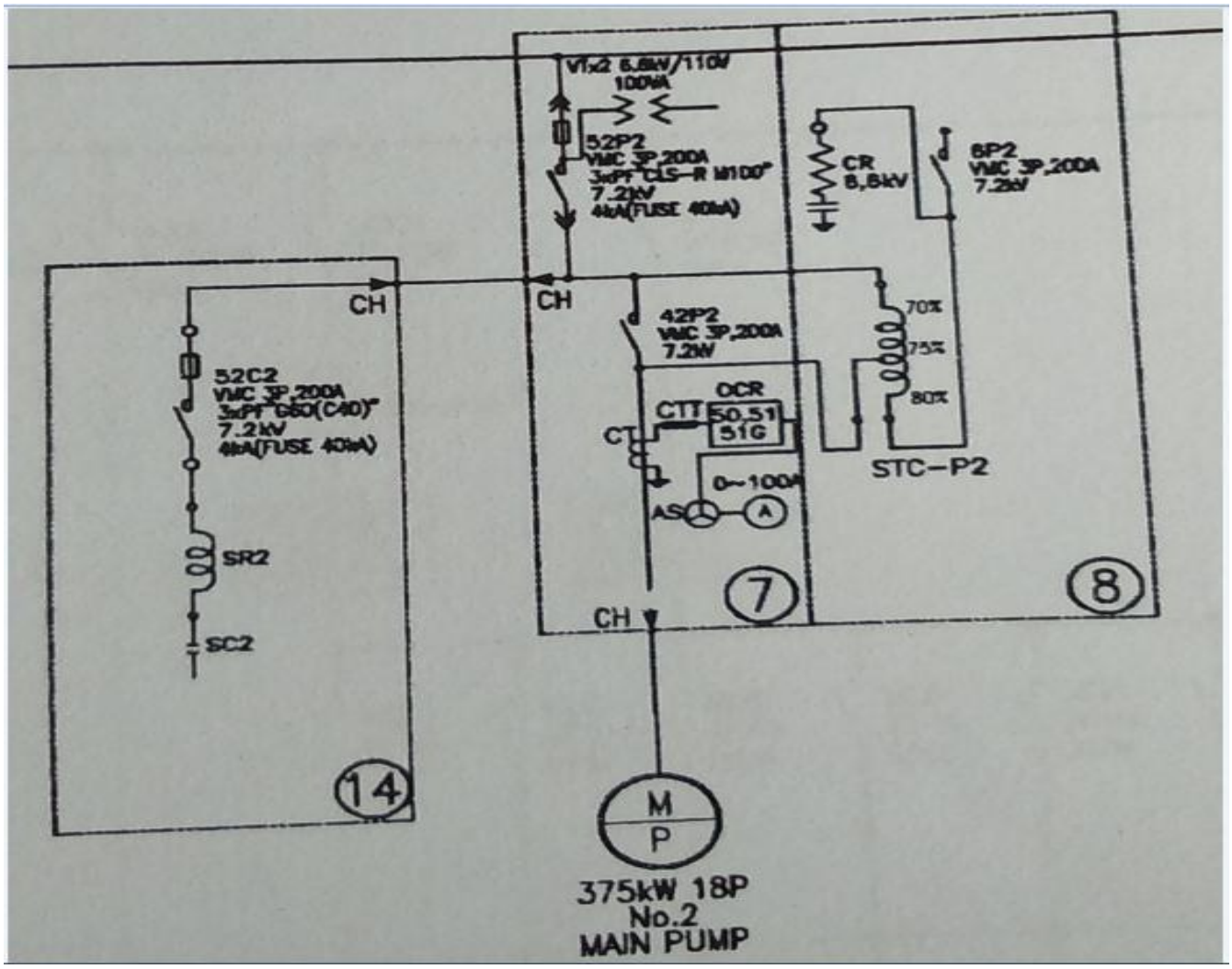
Gambar diatas adalah dimana sumber sudah berada pada panel distributor. Sumber yang digunakan pada rumah pompa banjir ini memiliki 2 sumber dari PLN dan generator.



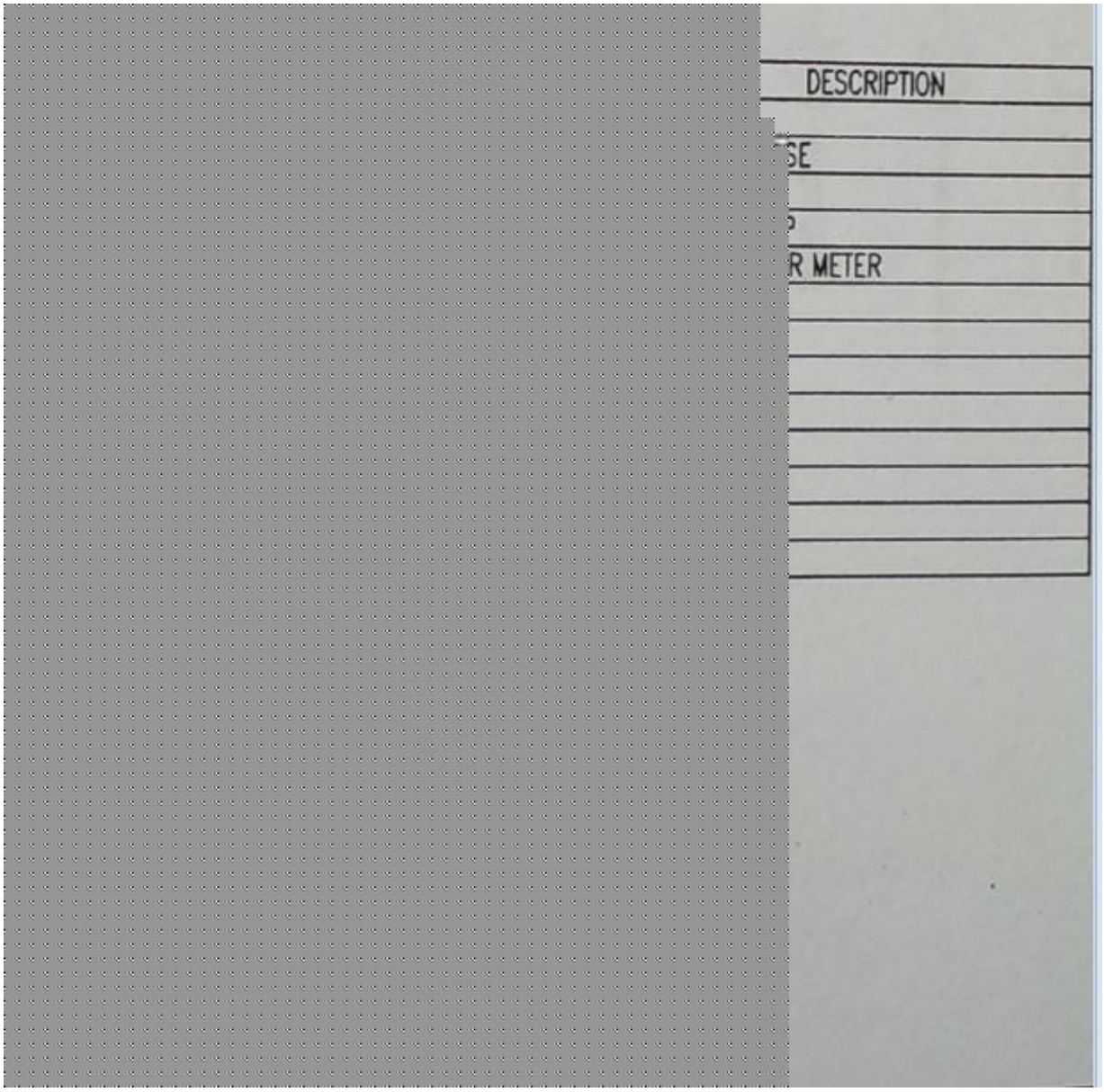
Setelah mengetahui posisi atau sumber listrik mengalir kemana, maka mesin pompa siap untuk dikendalikan sesuai yang dikendalikan oleh operator. Karena di rumah pompa waduk pluit ini masih menggunakan sistem manual.



Sistem kendali untuk mesin pompa hidup dan mati.



Gambar diatas adalah pengawatan sebelum menuju mesin pompa.

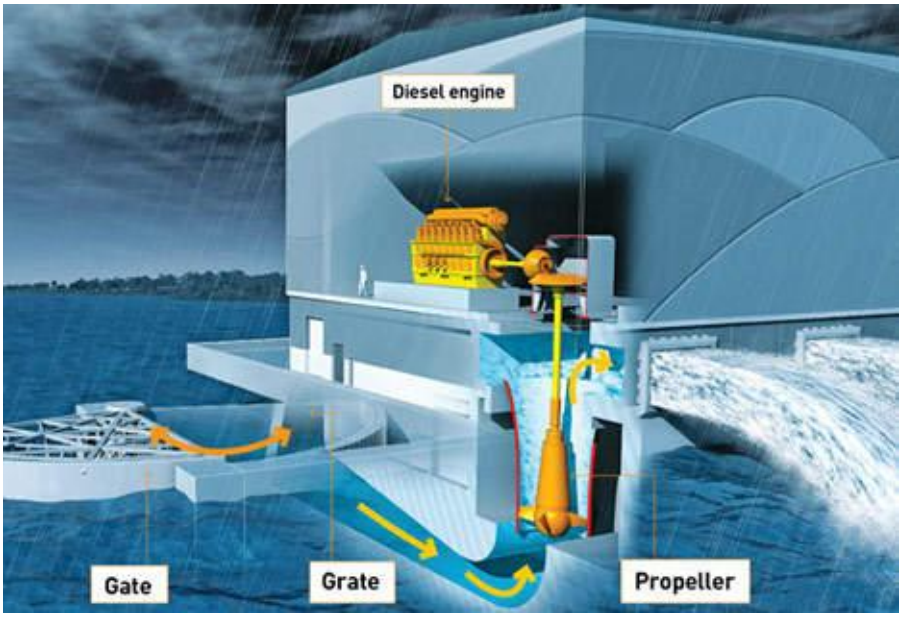


Sesudah gambar pengawatan, diatas adalah gambar untuk mendeskripsikan setiap keterangan yang terdapat pada gambar.

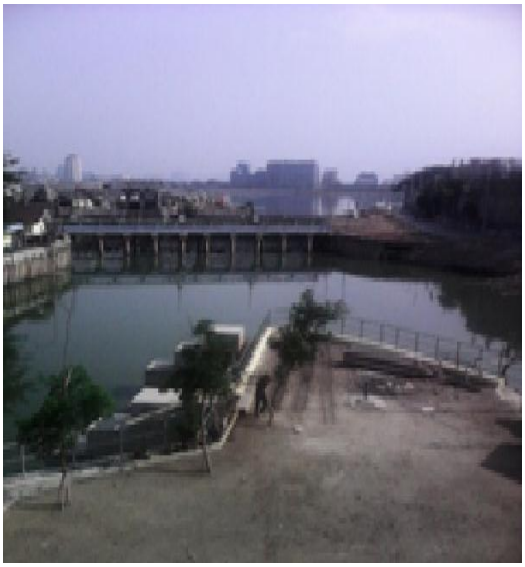
Lampiran 5. Sistem Drainase Waduk Pluit Dengan Menggunakan Sistem Polder

Dibawah ini adalah gambar rumah pompa banjir waduk pluit tampak depan dan samping.

Gambar dibawah adalah contoh sistem menyedotan air dengan menggunakan mesin pompa.



Berikut adalah gambar sistem polder dalam.



Berikut adalah gambar sistem polder dalam.

BIOGRAFI PENULIS

Dodi Tri Wibowo dilahirkan 12 Desember 1991 di Cikarang, Kota bekasi, Jawa Barat, dari pasangan Bapak Widodo dan Ibu Tri Astuti sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara. Kaka pertama Ratna Widyastuti, Kaka kedua Angger Aji Wibowo. Penulis memiliki nama panggilan Dodi. Pendidikan yang ditempuh adalah di SDN Cipayung 01 Kec. Cikarang Timur, Kab. Bekasi tahun 1998 – 2004, SMPN 2 Cikarang Utara tahun 2004 – 2007, SMAN 1 Cikarang Pusat tahun 2007 – 2010. Ketika di SMA, Penulis sering berbaur dengan temen-teman sehingga sampai sekarang penulis masih di ingat oleh teman lama. Setelah lulus dari SMAN 1 Cikarang Pusat, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi di Universitas Negeri Jakarta (UNJ) dengan mengambil jurusan Pendidikan Teknik Elektro pada tahun 2010. Pada saat perkuliahan penulis melaksanakan Praktek Ketrampilan Mengajar (PKM) di SMK Perguruan Cikini Jl. Alur Laut Blok NN No. 1 Plumpang, Jakarta Utara pada tahun 2014 selama 1 semester. Kemudian penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Kementerian Kehutanan, Gedung Manggala Wanabakti, Jl. Gatot Subroto, Jakarta tahun 2014.