

**DYNAMIC WATERFALL MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DAN PLC OMRON CP1E**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

SUPRAMONO

NIM :14458002

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG
2018**

PERNYATAAN
ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh SARJANA TEKNIK (Strata 1) Program Studi Teknik Elektro, serta saya bersedia diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 20 Agustus 2018

Penulis,

Supramono

NIM : 14458002

Dynamic Waterfall menggunakan Metode Logika Fuzzy dan PLC Omron CP1E

by Supra Mono

Submission date: 04-Oct-2018 04:25PM (UTC+0700)

Submission ID: 1013636716

File name: TA_Pramono_Kelas_Sore.pdf (2.44M)

Word count: 8950

Character count: 50221

**DYNAMIC WATERFALL MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DAN PLC OMRON CP1E**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

SUPRAMONO

NIM :14458002

46

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERDEKA MALANG

2018

PERNYATAAN**ORISINALITAS TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh SARJANA TEKNIK (Strata 1) Program Studi Teknik Elektro, serta saya bersedia diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 20 Agustus 2018

Penulis,

Supramono

NIM : 14458002

ABSTRAK

PLC dirancang dengan tujuan untuk menggantikan logika relai konvensional. Sebuah PLC memiliki rangkaian masukan, keluaran, CPU dan catu daya yang tersusun didalam satu modul. Dalam penelitian ini digunakan PLC Omron tipe CP1E untuk mengontrol 24 katup selenoida. Pada penelitian ini digunakan 2 variabel sebagai masukan logika samar yaitu waktu dan tekanan. Waktu diperoleh dari program pewaktu pada PLC dan tekanan diperoleh dari sistem air tertutup. Variabel tekanan dibagi menjadi tiga himpunan keanggotaan yaitu rendah dengan kisaran 0-0,4 bar, sedang 0,2-0,6 bar dan tinggi 0,4-0,8 bar. Sedangkan variabel waktu terdiri dari tiga tingkatan yaitu sebentar 0-0,6 detik, normal 0,5-1 detik dan lama 0,9-1,5 detik. Dengan menggunakan metode logika samar ini diharapkan bisa mendapatkan sistem pendukung keputusan yang tepat sesuai dengan variabel masukan dan aturan logika yang sudah dibuat. Adapun keluaran dari metode logika samar berupa tingkat kejelasan air dalam bentuk objek dan tulisan 2 dimensi. Nilai kejelasan bentuk objek pada rentang 0-1 pada salah satu percobaan untuk membentuk objek pola Off bergeser. Pada nilai tekanan 0.206 bar, tingkat kejelasan bentuk objek adalah 0.811 dan pada tekanan 0.41 bar, tingkat kejelasannya adalah 0.532. Kesimpulan yang dihasilkan tekanan dan waktu sangat berpengaruh pada tingkat kejelasan bentuk objek dari air yang dihasilkan.

Kata Kunci : Air Terjun, Katup Selenoida, PLC.

ABSTRACT

PLC is designed with the aim to replace conventional relay logic. A PLC has an input, output, CPU and power supply circuit arranged in one module. In this study the CP1E type Omron PLC was used to control 24 solenoid valves. In this study, 2 variables are used as input for cryptic logic, namely time and pressure. Time is obtained from the timer program on the PLC and pressure is obtained from a closed water system. The pressure variable is divided into three membership sets, namely low with the range 0-0.4 bar, medium 0.2-0.6 bar and height 0.4-0.8 bar. While the time variable consists of three levels, namely briefly 0-0.6 seconds, normal 0.5-1 seconds and 0.9-1.5 seconds long. By using this vague logic method, it is expected to get the right decision support system in accordance with the input variables and logic rules that have been made. The output of the logic method is vague in the form of the level of clarity of water in the form of objects and 2-dimensional writing. The value of object shape clarity in the range 0-1 in one of the experiments to form the Off pattern object shifts. At a pressure value of 0.206 bar, the level of clarity of the object's shape is 0.811 and at the pressure of 0.41 bar, the degree of clarity is 0.532. The conclusion generated by pressure and time is very influential on the level of clarity of the shape of the object from the water produced.

Keywords: Waterfall, Solenoids Valve, PLC.

PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang latar belakang munculnya ide perancangan *Dynamic Waterfall* menggunakan logika *Fuzzy* dan PLC (*programmable logic controller*) Omron CP1E menggunakan *software CX programmer* versi 9.5 dan akan dibahas juga rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Begitu juga perkembangan yang sangat pesat dibidang elektronika dan sistem kontrol *digital*. Salah satu teknologi yang cukup terkenal dalam dunia elektronika dan sistem kontrol adalah PLC. Pada tahun 1960 pertama kali PLC diperkenalkan dengan tujuan perancangannya adalah untuk menggantikan sistem relai konvensional[1]. Sebuah PLC memiliki modul *input*, *output*, CPU dan *power supply* dalam satu modul. PLC memiliki keunggulan pada *software* sehingga akan lebih mudah dibuat, dirubah, dimodifikasi dengan merubah program didalamnya dan memiliki akurasi yang tinggi dalam melakukan eksekusi program[2]. Salah satu *software* yang sangat terkemuka dari PLC Omron adalah *CX-Programmer*. Dengan *software* ini kita akan lebih mudah dalam memonitor dan menemukan *troubleshooting* dengan bantuan program *simulator*.

Pada penelitian sebelumnya yaitu pengendali alat musik angklung menggunakan PLC, *Output* dari PLC digunakan untuk mengontrol *solenoid* aktuator[3]. Sedangkan pada penelitian ini *output* dari PLC digunakan untuk menggerakkan *water solenoid valve*. Untuk menentukan kejelasan bentuk objek dari air yang dihasilkan digunakan metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*[4]. Setingan *timer* dalam PLC dan tekanan air didalam *close loop water system* dijadikan *input* dari logika *fuzzy* untuk menghasilkan sebuah *output* yang berupa keluaran air dalam bentuk objek 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dibuat “*Dynamic Waterfall* menggunakan Metode Logika *Fuzzy* dan PLC Omron CP1E” yang

menggunakan *solenoid valve* sebagai peralatan *output*, yang akan membuka dan menutup sesuai dengan setingan *timer*. *Solenoid* inilah yang akan mengontrol keluarnya air sehingga akan membentuk suatu objek dan tulisan 2 dimensi. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam memahami pengontrolan berbasis logika *digital* khususnya pada PLC Omron.

55

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perancangan *Dynamic Waterfall* menggunakan PLC Omron CP1E adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang air terjun yang dapat menampilkan pola dalam bentuk objek 2 Dimensi dan tulisan 2 Dimensi.
2. Bagaimana mengontrol tampilan pola yang berbentuk objek dan tulisan 2 Dimensi agar tampil secara terus menerus dan bergantian.
3. Bagaimana merancang sistem *close loop* pada aplikasi air terjun .

8

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai oleh penulis melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang air terjun yang dapat menampilkan objek 2 Dimensi dan tulisan 2 Dimensi.
2. Mengontrol tampilan objek 2 Dimensi dan tulisan 2 Dimensi agar tampil secara terus menerus.
3. Merancang sebuah *close loop water system*.

10

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan permasalahan yang ada, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas PLC Omron tipe CP1E.
2. Hanya membahas pembuatan pola dalam bentuk objek 2 Dimensi.
3. Hanya membahas masalah untuk tulisan 2 Dimensi .
4. Hanya membahas *solenoid valve* khusus untuk air, tipe normal open, dengan tegangan AC 220 Volt, dan *pressure* yang diijinkan 0,2-1,0 bar.

17

1.5. Metode Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode penelitian yang meliputi:

1. Observasi

Melalui metode ini, penulis melakukan penelitian terhadap komponen yang dibutuhkan, membandingkan fungsinya dan mengambil kesimpulan atas data yang diperoleh.

2. Studi Pustaka

Pada metode ini penulis melakukan pengambilan materi terkait dari buku-buku, jurnal penelitian, internet dan sumber lain yang dapat dijadikan sebagai referensi.

3. Penelitian dan Eksperimen

Metode dengan melakukan proses penelitian, perancangan alat dan simulasi dari perancangan alat yang telah dibuat.

1.6 . **Sistematika Penulisan**

Dalam penelitian ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut: Bab 1 membahas tentang latar belakang pengambilan judul penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan. Pada Bab 2 menjelaskan tentang tinjauan pustaka dari sistem kontrol menggunakan PLC, logika fuzzy, solenoid valve, water pump dan materi penunjang lainnya yang digunakan sebagai acuan pada bab berikutnya. Metode penelitian dijelaskan pada Bab 3. Dalam bab ini dibahas mengenai perancangan keseluruhan sistem, analisis mengenai sistem yang akan dibangun, dan perancangan sistem kontrol menggunakan PLC dan fuzzy logic yang meliputi perancangan perangkat lunak maupun perangkat keras. Hasil dan analisis dalam perancangan dijelaskan pada Bab 4. Sedangkan untuk kesimpulan dan saran dibahas pada Bab 5.

1.7. **Manfaat Penelitian**

Pembuatan tugas akhir ini diharapkan bisa memberikan manfaat bagi mahasiswa khususnya mahasiswa teknik elektro dengan konsentrasi sistem kontrol dan elektronika dan menambah wawasan dalam bidang sistem kontrol berbasis digital menggunakan PLC dan fuzzy logic. Melalui tugas akhir ini diharapkan peneliti dapat mengaplikasikan ilmu yang di dapat selama

perkuliahan. Manfaat bagi masyarakat dengan dirancangnya alat ini adalah diharapkan bisa menikmati keindahan air yang divisualisasikan kedalam bentuk pola 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi serta diharapkan bisa membuka peluang bisnis baru dengan nilai jual secara ekonomis yang tinggi bagi yang berminat dan menekuninya.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Bab 2 ini membahas tentang beberapa tinjauan pustaka atau referensi secara singkat yang menjadi dasar untuk melakukan penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini. Adapun materi yang akan dibahas dalam bab ini meliputi PLC, *Fuzzy Logic Control*, *Water Pump*, *Solenoid*.

2.1. PLC (*Programmable Logic Controller*)

Sesuai dengan namanya PLC merupakan sebuah *device* elektronika berbasis *microprocessor* yang dilengkapi memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dalam bentuk *digital* untuk menjalankan fungsi-fungsi semisal *logika*, *timing*, pencacah dan aritmatik untuk tujuan pengontrolan sebuah proses atau mesin-mesin serta dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman[5]. Tidak seperti komputer, pengontrol ini dirancang untuk bekerja dilingkungan industri dan dilengkapi dengan *Input* dan *Output* khusus.

Mula-mula PLC digunakan untuk menggantikan logika *relay* konvensional. Sebuah sistem kontrol konvensional harus dilakukan pengawatan untuk melakukan fungsi khusus. Ketika sistem tersebut memerlukan perubahan maka pengawatannya harus diubah dan dimodifikasi yang memerlukan waktu dan biaya tambahan. Bayangkan jika itu terjadi pada sebuah industri maka sudah pasti akan menimbulkan masalah baru dan proses produksi akan terganggu tentunya. Karena struktur PLC didasarkan pada struktur arsitek komputer maka pengontrolan dengan PLC tidak hanya mampu melakukan tugas pensaklaran *relay*, akan tetapi juga mendukung aplikasi ALU (*Arithmetic Logical Unit*). Kelebihan lainnya pengontrolan PLC juga menawarkan *reabilitas solid state*, pemakaian daya yang sedikit dan kemudahan untuk perluasan atau *ekspansi*.

2.1.1. PLC Omron CP1E E60 SDR-A

PLC yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Omron type CP1E E60SDR-A yang memiliki 60 terminal yaitu 36 terminal *Input* dan 24 terminal *output*. Pemilihan ini didasarkan pada kebutuhan pengontrolan *output* sebanyak 24 *solenoid valve*. Pada PLC tersebut juga sudah dilengkapi dengan *USB port*

sehingga sangat membantu dalam transfer, *monitoring* dan simulasi sebuah program dengan komputer. Terminal *input* berfungsi untuk menerima sinyal dari perangkat elektronika untuk diproses oleh CPU sesuai dengan program yang telah dibuat oleh *user* dan pada akhirnya akan menghasilkan sebuah *output*. Dalam penelitian ini *output* dari PLC dihubungkan langsung dengan *solenoid valve* untuk pengontrol aliran air. Selain modul *input* dan *output*, PLC ini dilengkapi USB *port* dengan sistem komunikasi RS 232 dan *expansion I/O* yang memungkinkan untuk dilakukan penambahan *input* dan *output*. Jenis data yang dikirim adalah data dalam bentuk *biner* (*bit per bit transfer*) dengan kecepatan transmisi (*baud rate*) yang umum dipakai adalah 9600 (*bit per detik*).



Gambar 2.1. PLC Omron CP1E E60 SDR-A

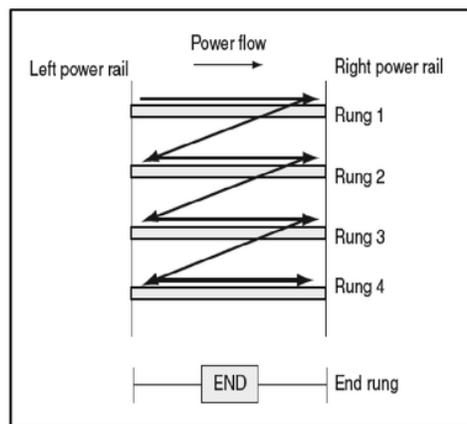
Dalam sebuah PLC terdapat peta memori. Adapun klasifikasi dari peta memori tersebut adalah sebagai berikut[6] :

1. IR (*Internal Relay*) digunakan sebagai pengendali *Input* maupun *output* PLC.
2. AR (*Auxiliary Relay*) digunakan untuk tujuan tertentu misal *transmission counter*, bendera dan bit kendali.
3. SR (*Special Relay*) berfungsi sebagai bit bendera dan bit kendali yang digunakan untuk melihat operasi PC.
4. DM (*Data Memory*) digunakan untuk menyimpan data dalam bentuk *word* (16 bit) dan mempertahankan data tersebut apabila ada gangguan daya.
5. TR (*Temporary Relay*) adalah memori yang menyediakan delapan bit yang digunakan hanya untuk logika *load* dan *out*.

6. TC (*Timer / Counter*) digunakan sebagai pewaktu dan pencacah.
7. HR (*Holding Relay*) digunakan untuk menyimpan/memanipulasi berbagai variasi data dan dapat diakses secara *word* (16 bit) atau secara bit (1 bit) dan tetap mempertahankan status pada saat terjadi gangguan pada PLC.
8. UM (*Using Memory*) pada PLC *type* C200HS diartikan sebagai bagian memori yang dapat dikonversi dan ditransfer ke ROM dan akan disimpan pada *battery* yang ada pada CPU.
9. LR (*Link Relay*) digunakan untuk menyalurkan data antara PC dengan menggunakan *RS 232* .

2.1.2. Ladder Diagram PLC

Metode pemrograman yang paling sering dipakai dalam PLC adalah *ladder diagram*. Menulis program dalam PLC sama halnya membuat rangkaian pensaklaran. *Ladder diagram* mempunyai 2 garis horisontal yang menggambarkan jalur daya dan komponen rangkaian disusun pada garis vertikal yang ada diantara garis horisontal. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada skema *ladder diagram* pada Gambar 2.2. yang merupakan skema dari sebuah *ladder diagram* PLC.



Gambar. 2.2. Skema *Ladder Diagram* PLC

Cara membaca *ladder diagram* adalah sebagai berikut:

1. Dua buah garis vertikal menunjukkan jalur daya. Garis disebelah kiri bernilai positif dan sebelah kanan adalah negatif.
2. Tiap tiap anak tangga yang digambarkan dalam garis horisontal mendefinisikan operasi dalam sebuah proses kendali.

3. Pembacaan *ladder diagram* diawali dari kiri ke kanan pada anak tangga yang teratas. Begitupun juga disetiap anak tangga berikutnya. Tahap-tahap dalam sebuah *ladder diagram* ini adalah siklus sebuah program.
4. Tiap anak tangga diawali dengan sebuah masukan atau dan harus diakhiri dengan keluaran.
5. Perangkat-perangkat listrik ditampilkan sesuai dengan keadaan aktualnya, suatu saklar yang dalam keadaan terbuka sampai sebuah objek menutupnya diperlihatkan sebagai terbuka dan begitu pula sebaliknya.
6. Sebuah perangkat bisa digambarkan lebih dari satu anak tangga, huruf dan angka digunakan untuk memberi label pada perangkat tersebut.
7. *Input* dan *output* dalam PLC diidentifikasi melalui alamat-alamatnya, dan untuk kode dari setiap *input* dan *output* dibuat dengan standart dari perusahaan manufaktur pembuat PLC tersebut.

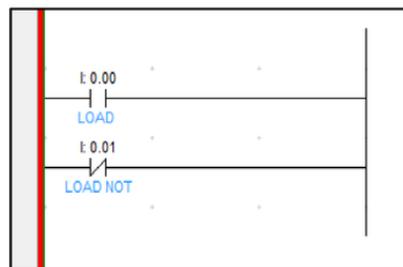
2.1.3 Instruksi dalam PLC

Pada PLC dengan konsep pemrogramannya menggunakan *ladder diagram* maka digunakan instruksi disetiap kendali operasi. Instruksi itu berupa sebuah logika *digital* yang terdapat pada garis horisontal *ladder diagram*.

Instruksi tersebut adalah[7] :

1. *Load (LD)*, *Load Not*

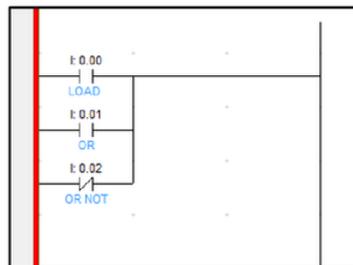
Instruksi ini dipakai diawal sebuah *ladder diagram* untuk memulai proses. Instruksi *Load* dipakai untuk membuat kontak NO (*normally open*) yaitu kontak dengan keadaan normalnya adalah terbuka, dan instruksi *Load Not* merupakan kebalikan dari instruksi *load* yang dipakai dalam membuat kontak yang keadaan awalnya tertutup atau NC (*normally close*). Pada Gambar 2.3 adalah instruksi load dalam sebuah *ladder diagram* PLC.



Gambar 2.3. Instruksi *Load*

2. *OR* dan *OR Not (NOR)*

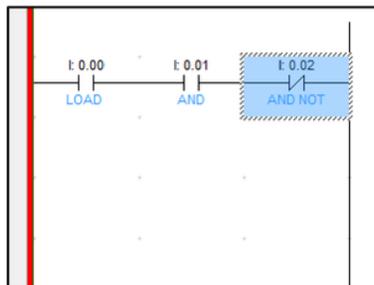
Instruksi ini digunakan apabila memerlukan dua buah inputan yang disusun secara paralel. Input pertama yang merupakan awalan dari gerbang logika adalah LD atau LD Not, sedangkan masukan berikutnya adalah OR atau OR Not. Instruksi OR digunakan untuk membuat kontak NO (*normally open*) secara paralel, sedangkan OR Not digunakan untuk membuat kontak NC (*normally close*) secara paralel.



Gambar 2.4. Instruksi OR dan NOR

3. *AND* dan *AND Not (NAND)*

Penggunaan instruksi ini pada saat kondisi dimana kita membutuhkan dua buah kontak (bisa berupa NO atau NC) dalam 1 *network*. Gambar 2.5. menunjukkan instruksi AND dan NAND dalam suatu *ladder diagram*.



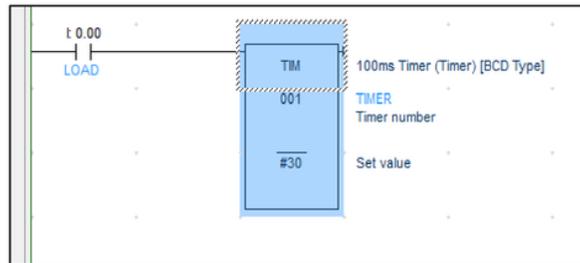
Gambar 2.5. Instruksi AND dan NAND

Instruksi ini ditempatkan setelah instruksi *load* atau *load not*. Atau bisa diasumsikan bahwa instruksi OR adalah instruksi *load* dan OR Not adalah instruksi *load not* akan tetapi letaknya tidak ditempatkan pada awal sebuah *network*.

4. *Timer*

Instruksi *timer* pada PLC pada dasarnya sama dengan *timer* konvensional yaitu mengubah kondisi suatu instruksi setelah beberapa saat (tergantung

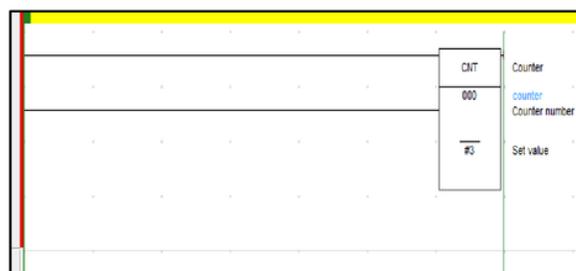
dari lama setingan waktu). Timer dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu *On delay* dan *Off delay*. *Timer On delay* digunakan untuk mengaktifkan instruksi setelah beberapa saat. Sedangkan *timer Off delay* digunakan untuk menonaktifkan instruksi setelah beberapa saat. Gambar 2.6. merupakan contoh sebuah *timer*.



Gambar. 2.6. Instruksi *Timer*

5. Counter

Ada beberapa fungsi yang berkaitan dengan *counter* diantaranya: CTU (*Up counter*) yaitu nilai *counter* akan dinaikan untuk setiap pulsa yang masuk dan kontaktor akan berubah kondisinya jika pulsa yang masuk telah sama dengan nilai *setting* pada *counter* tersebut. CTD (*Down counter*) merupakan kebalikan dari *Up counter*. Nilai *counter* akan diturunkan, kontaktor akan berubah kondisi jika pulsa yang masuk telah sama dengan nilai *setting* pada *counter* tersebut. CTUD (*Up/Down counter*) merupakan gabungan dari CTU dan CTD serta reset[8]. Gambar 2.7 adalah simbol aplikasi dari sebuah *counter* didalam *ladder diagram* PLC.



Gambar. 2.7. Instruksi *Counter*

2.1.4. CX Programmer Omron versi 9.5

Salah satu *software* pemrograman dalam PLC Omron adalah *CX Programmer*. *CX Programmer* adalah *software* yang *compatible* hampir dengan

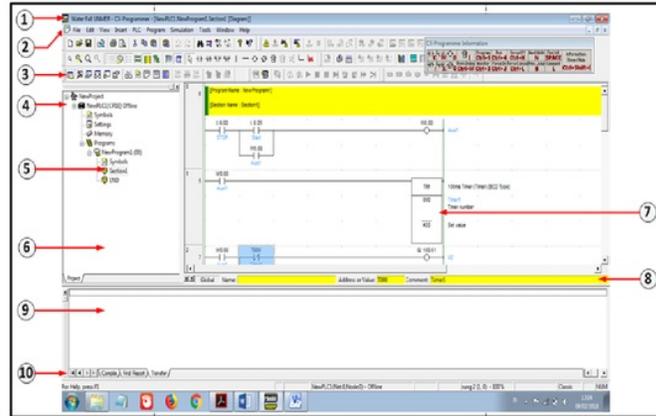
semua PLC merk Omron. Aplikasi *CX Programmer* merupakan sebuah aplikasi yang dapat kita *install* pada komputer, untuk mendapatkan aplikasi ini kita bisa *download* di internet atau biasanya kita peroleh dalam aplikasi dalam bentuk *software* saat kita membeli sebuah PLC type Omron. Tabel 2.1 merupakan bagian-bagian utama dari *software CX Programmer* dan fungsinya.

Tabel 2.1. Bagian utama *CX Programmer*

Nama Bagian	Fungsi
1. <i>Title Bar</i>	Menampilkan data tersimpan pada <i>CX-programmer</i> .
2. <i>Menu</i>	Opsinya untuk memilih menu utama.
3. <i>Toolbar</i>	Opsinya untuk memilih fungsi dengan menekan tombol
4. <i>Section</i>	Dapat membagi program ke dalam beberapa blok pilihan.
5. <i>Project Workspace Project Tree</i>	Mengatur program dan data. Dapat membuat duplikat dari setiap element dengan melakukan <i>Drag</i> dan <i>Drop</i> diantara proyek yang berbeda atau melalui suatu proyek.
6. <i>Ladder Window</i>	Layar sebagai tampilan atau membuat <i>diagram ladder</i> .
7. <i>Output Window</i>	Menunjukkan informasi <i>error</i> saat melakukan <i>compile</i> , menunjukkan hasil pencarian koil didalam <i>list form</i> menunjukkan detail dari <i>error</i> yang ada saat <i>lading</i> proyek.
8. <i>Status Bar</i>	Menunjukkan suatu informasi seperti nama PLC, status <i>online / offline</i> , lokasi dari <i>cell</i> yang sedang aktif.
9. <i>Information Window</i>	Menampilkan <i>window</i> yang menunjukkan <i>shortcut key</i> yang digunakan pada <i>CX Programmer</i> .
10. <i>Symbol Bar</i>	Menampilkan nama, alamat atau nilai dan <i>comment</i> dari <i>symbol</i> yang sedang dipilih <i>cursor</i> .

Untuk menginstal *CX Programmer* versi 9.5 diperlukan sebuah komputer dengan *Operating System* minimum adalah *Windows 2000 SP2* atau *Windows XP* dengan kecepatan CPU lebih dari 1 Giga Hz. Untuk menjalankan aplikasi ini diperlukan memori *hardisk* bebas sebesar 512 MB dan untuk transfer data digunakan kabel komunikasi USB *port* tipe RS 232. Untuk memulai menulis sebuah program dalam *CX Programmer* kita harus menginstall aplikasi tersebut

dalam komputer kita. Setelah proses instalasi sukses langkah langkah nya adalah pilih [Start]-[Program]-[OMRON]-[CX One]-[CX Programmer] sehingga muncul tampilan awal dari seperti.Gambar 2.8 merupakan tampilan dari halaman *CX Programmer* versi 9.5.



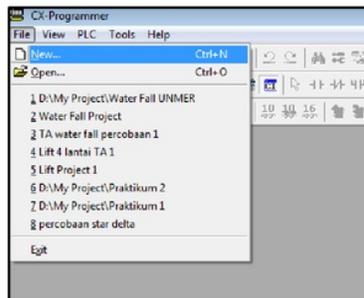
Gambar 2.8. Tampilan *CX Programmer* 9.5

2.1.5 Membuat *New Project* pada *CX Programmer*

Untuk memulai penulisan sebuah program pada *CX Programmer* kita harus membuat *new project* dan harus melakukan seting terhadap konfigurasi tipe PLC, *network* dan CPU. Adapun langkah-langkah untuk membuat *project* baru adalah sebagai berikut :

1. Memilih [*File*]-[*New*] dari menu utama

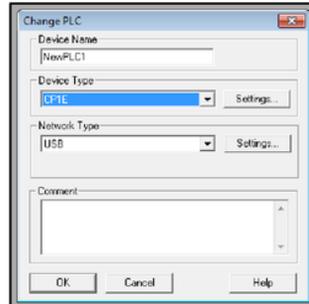
Seting PLC sesuai dengan tipe yang kita gunakan seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Tampilan *New Program* pada PLC

2. Memilih [*CP1E*] dari daftar *device* PLC yang tersedia. Gambar 2.10. adalah salah satu tampilan *device* PLC. Pada penelitian perancangan *dynamic*

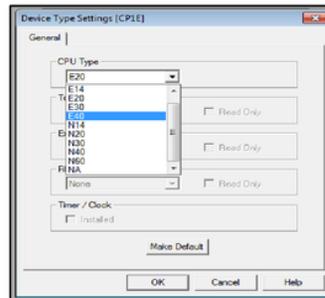
waterfall menggunakan tipe PLC CP1E dengan komunikasinya melalui *port* USB.



Gambar 2.10. Tampilan *DeviceType* PLC

3. Memilih [*Setting*]-[*CPU Type*]

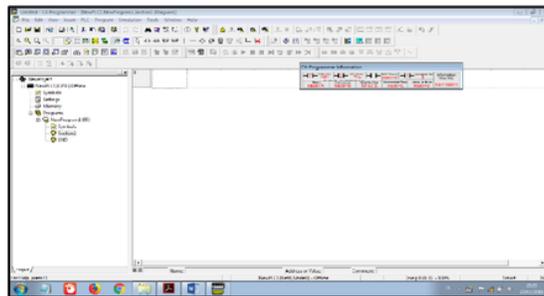
Kotak dialog dari *device type* PLC akan ditunjukkan pada monitor ketika pemilihan *device* PLC telah selesai. Untuk mengganti sebuah tipe *network* bisa dilakukan dari Gambar 2.11. adalah contoh tampilan pilihan *CPU type* PLC. Akan muncul beberapa pilihan yang telah disediakan.



Gambar 2.11. Tampilan *Seting* CPU PLC

4. Konfirmasi [USB] pada *network* tipe pilih [OK].

Gambar 2.12. merupakan tampilan *new program* pada *CX programmer*



Gambar 2.12. Tampilan *New Project* CX Programmer.

35
2.2. Fuzzy Logic Control

Logika *fuzzy* pertama kali dikenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1956 untuk pertama kali melalui tulisannya tentang teori himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan metode yang tepat untuk menyelesaikan sebuah logika yang merepresentasikan suatu nilai diantara 0 dan 1. Menurut Fanoel Thamrin[9] logika *fuzzy* didasarkan pada logika *boolean* yang secara umum digunakan dalam sebuah sistem *komputasi*. Dalam mengekspresikan nilai dari suatu besaran, logika *fuzzy* menggunakan bahasa *linguistic* yang didalamnya mengandung unsur ketidakpastian, ketidaktepatan, *noisy*, dan sebagainya. *Fuzzy* ini digunakan untuk menjembatani antara bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti. Fungsi keanggotaan dari himpunan klasik hanya memiliki 2 nilai yaitu 0 dan 1. Gambar 2.13 adalah diagram alir logika *fuzzy*.



Gambar 2.13. Diagram Alir *Fuzzy*

Logika *fuzzy* dikembangkan dari himpunan *fuzzy*, dan himpunan klasik yang sudah dipelajari selama ini disebut himpunan tegas (*crisp set*). Secara sigkat *theorem fuzzy* memungkinkan komputer dapat berlogika tidak hanya pada skala hitam-putih, (0-1/ya-tidak), tetapi juga dalam skala abu-abu. Dalam penelitian ini logika *fuzzy* digunakan sebagai *input* untuk membandingkan besaran tekanan air pada pipa, adapun metode yang digunakan sama seperti fungsi *if-else* yang biasa digunakan pada PLC.

Dalam logika *fuzzy* ada beberapa konsep, diantaranya :

1. Pada umumnya logika *fuzzy* diterapkan pada masalah yang ada didalamnya ketidakpastian, tidak tepat, *noisy* dan lain-lain.
2. Memudahkan bahasa yang ada pada mesin untuk diartikan dalam bahasa manusia
3. Logika *fuzzy* bisa berkembang sesuai dengan pola pikir manusia.

Sedangkan untuk mengimplementasikan *fuzzy logic* ada tahapan yang harus dilalui yaitu :

1. *Fuzzification*, adalah suatu proses perubahan input dan masukan dari bentuknya tegas (*crisp*) menjadi bentuk *fuzzy* dan biasanya dikeluarkan dalam himpunan *fuzzy*.
2. *Interference system* (evaluasi *rule*), adalah acuan dalam menjelaskan relasi *variable input* atau masukan dan keluaran dimana variabel yang diproses dan dihasilkan berbentuk *fuzzy*. Sebagai penjelasan antara *input* dan *output* biasanya "IF THEN"
3. *Defuzification*, adalah proses dimana variabel yang bentuknya *fuzzy* diubah menjadi pasti (*crisp*) sehingga dapat dikirimkan ke alat-alat kendali.

Fuzzy membership digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy*. Yang pertama ada representasi linier naik digunakan untuk menghitung pemetaan kenaikan dari 0 (nol) ke 1 (satu), kedua ada representasi linier turun digunakan untuk menghitung pemetaan penurunan dari 1 (satu) ke 0 (nol), ketiga ada representasi kurva segitiga adalah gabungan dari 2 garis linier (naik dan turun), keempat ada representasi kurva trapesium adalah gabungan dari 2 garis linier (naik dan turun) dan terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (satu), dan yang kelima ada representasi kurva bentuk bahu, yaitu daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Himpunan *fuzzy* bahu, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*.

Logika *fuzzy* mempunyai beberapa komponen antara lain :

a. Variabel *linguistic*

Variabel ini merupakan variabel yang memiliki nilai linguistik. Contoh variabel linguistik adalah kecepatan, *pressure*, dan sebagainya.

b. Nilai *linguistic*

Nilai *linguistic* atau terma merupakan nilai dari variabel *linguistik*, contohnya untuk variabel *linguistik* jumlah kendaraan bisa berupa tidak ada, sedikit, sedang, banyak, sangat banyak.

c. Nilai kuantitatif dan derajat keanggotaan

Nilai kuantitatif merupakan nilai eksak yang mewakili nilai *linguistik*. Fungsi keanggotaan ini menunjukkan derajat keanggotaan dari sebuah predikat. Derajat keanggotaan yaitu nilai yang terdapat pada variabel *linguistik* yang dipetakan ke interval $[0,1]$. Nilai pemetaan inilah yang disebut sebagai nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan. Hubungan-hubungan pemetaan pada nilai *linguistik* dan nilai keanggotaan (dari 0 sampai 1) yang digambarkan kedalam grafik fungsi sehingga didapatkan suatu fungsi yang disebut sebagai fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* [10].

d. Operator *fuzzy*

Operator *fuzzy* terdiri dari operasi-operasi yang sama seperti himpunan tegas atau *crisp*, mulai dari union (hubungan OR), *intersection* (hubungan AND), komplemen, perkalian cartesian, dan selisih himpunan. Berikut definisi dari operator untuk logika *fuzzy* :

1. Gabungan (*union*)

$$A \cup B = \{ x \mid x \in A \text{ atau } x \in B \}$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \sqcup \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

2. Irisan (*intersection*)

$$A \cap B = \{ x \mid x \in A \text{ dan } x \in B \}$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \sqcap \mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

3. Komplemen

$$A' = \{ x \mid x \in A, x \in X \}$$

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

4. Perkalian cartesian (*cartesian product*)

$$A \cdot B = \{ (a, b) \mid a \in A \text{ dan } b \in B \}$$

5. Selisih (*difference*)

$$A - B = \{ x \mid x \in A \text{ dan } x \notin B \} = A \cap B'$$

e. Rule dan Implikasi

Implikasi merupakan cara untuk menyatakan *rule*. Misalkan diberikan komposisi *rule* A dan *rule* B, maka Implikasi dinyatakan dalam : *IF A THEN B*

Keterangan :

A disebut *anteseden*.

B disebut *konsekuen*.

Implikasi ini digunakan untuk menentukan nilai linguistik dan nilai kuantitatif dari B jika diberikan A. Bisa digunakan berbagai macam teknik, tapi untuk metode Mamdani, yang digunakan adalah metode min (sama seperti *AND*).

2.2.1. *Fuzzy Mamdani*

Aplikasi logika *fuzzy* Mamdani digunakan untuk mengambil keputusan memadukan *input* yang berupa besaran tekanan air didalam *piping system* dan waktu dari setingan *timer* didalam PLC, sehingga mendapatkan *output* berupa tingkat kejelasan bentuk objek. Kemudian disesuaikan dengan *range* keanggotaan pada variabel *output* sehingga diperoleh keakurasian yang bervariasi yaitu sangat jelas, jelas dan kurang jelas sesuai kondisi input dari *fuzzy logic*. Dalam penelitian ini digunakan metode Mamdani atau sering juga dikenal dengan nama metode *Min - Max*. Dalam metode ini, pada setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab-akibat”) *anteseden* yang berbentuk konjungsi (*AND*) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk *minimum (min)*, sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk *maksimum (max)*. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan empat tahapan yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada Metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Dalam penentuan tingkat kejelasan dari *waterfall*, variabel *input* terdiri dari satu yaitu tekanan air sedangkan satu variabel *output* yaitu tingkat kejelasan bentuk objek dalam menghasilkan visualisasi pola 2 dimensi dan bentuk tuisan 2 dimensi. Variabel *output* ini dibentuk berdasarkan data dari *set value timer* dan tekanan pada *close loop water system*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah pembentukan himpunan *fuzzy*, maka dilakukan pembentukan aturan *fuzzy*. Aturan - aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Tiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk

yang memetakan antara *input-output* adalah *IF-THEN*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut *antecedent*, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut *konsekuen*[11]. Setelah aturan dibentuk, maka dilakukan aplikasi fungsi implikasi. Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN, yang berarti tingkat keanggotaan yang didapat sebagai konsekuen dari proses ini adalah nilai minimum dari variabel tekanan air didalam *piping system*. Sehingga didapatkan daerah *fuzzy* pada variabel *output* untuk masing-masing aturan.

3. Komposisi Aturan

Pada metode Mamdani, komposisi antar fungsi implikasi menggunakan fungsi *MAX* yaitu dengan cara mengambil nilai maksimum dari *output* aturan kemudian menggabungkan daerah *fuzzy* dari masing-masing aturan dengan operator *OR*.

4. Penegasan (*Defuzzifikasi*)

Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan tegas pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. *Defuzzifikasi* yang digunakan dalam menentukan tingkat kejelasan objek air yang berbentuk pola dan tulisan 2 Dimensi dengan metode *centroid*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

2.3. *Water Pump*

Dalam penelitian ini digunakan sebuah pompa listrik untuk memindahkan air dari *water tank* menuju *solenoid valve*. Pompa adalah suatu alat yang prinsip kerjanya memindahkan *fluida* (zat cair) dari suatu tempat ketempat lain, dengan cara menaikkan *pressure* (tekanan) dan kecepatannya atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak (*driver*) menjadi energi potensial sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan head yang dimilikinya[12]. *Pressure* atau tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas[13]. Prinsip dasar pompa adalah motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak putar untuk memutar poros untuk memutar *impeler*. Saat pompa beroperasi terjadi perbedaan tekanan antara bagian hisap

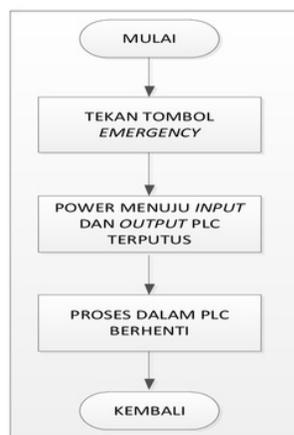
(*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Karena perbedaan tekanan inilah akhirnya membuat keadaan sisi hisap dari pompa hampir vakum. Keadaan inilah yang akan menghisap *fluida* cair sehingga bisa berpindah dari suatu tempat ke tempat lain. Gambar 2.14 adalah pompa yang dipakai dalam perancangan *dynamic waterfall*.



Gambar 2.14. Water Pump

2.4. Perancangan *System Safety (Emergency)*

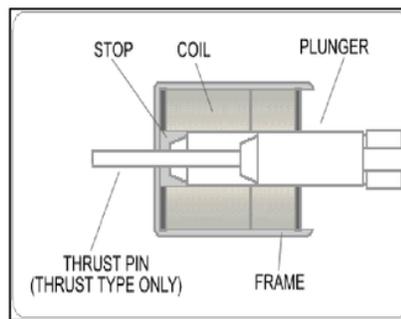
System safety dirancang untuk memberikan perlindungan (proteksi) terhadap personal, peralatan dan lingkungan dari dampak suatu peristiwa darurat yang teridentifikasi [14]. Gambar 2.15 adalah *flowchart* dari sistem *emergency* ini. Tujuan *system safety* dalam penelitian ini difungsikan untuk memutus jalur daya didalam PLC dengan menekan tombol *Emergency Stop*.



Gambar 2.15. *Flowchart* Sistem *Emergency*

2.5. *Solenoid*

Solenoid adalah sebuah alat yang berfungsi merubah aliran listrik menjadi gerak *linear*. Cara kerja sebuah *solenoid* mirip dengan elektromagnet, sebuah *solenoid* disusun dari sebuah kumparan kawat tembaga dengan dinamo (silinder logam) ditengah kumparan tersebut. Ketika kumparan diberikan arus listrik maka *angker / plunger* ditarik ke pusat kumparan[15]. Hal ini memungkinkan *solenoid* untuk menarik (dari satu ujung) atau mendorong (dari yang lain). Apabila aliran listrik di putus maka medan magnet akan hilang dan pegas akan mendorong *angker* pada keadaan semula. Gambar 2.16. adalah bagian-bagian dari sebuah *solenoid*.



Gambar 2.16. Bagian-bagian *Solenoid*

METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang sebuah metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan mengaplikasikan logika fuzzy pada sistem kontrol menggunakan PLC Omron dengan tipe CP1E.

3.1. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat variabel yang akan diuji dan digunakan. Variabel tersebut adalah parameter yang ditentukan sebagai indikator perbandingan. Ada 2 parameter yang menentukan keberhasilan dalam penelitian ini yaitu akurasi *timer* dan pengaturan *pressure* air di dalam *piping system*.

3.1.1. Pressure

Pressure atau tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas. Sesuai dengan rumus fisika untuk mendapatkan tekanan ada dua buah syarat yang harus dipenuhi yaitu gaya dan luas penampang. Didalam penelitian ini gaya dihasilkan dari energi listrik yang dikonversi oleh sebuah motor listrik (pompa). Pada saat pompa berputar maka *impeller* akan berputar sehingga mendorong air untuk bergerak sepanjang pipa. Pompa merubah energi listrik menjadi energi gerak melalui media air disepanjang pipa. Sedangkan luas penampang digunakan sebuah pipa PVC berdiameter 3/4 inchi sepanjang 10 meter. Pada penelitian ini tekanan maksimal dari pompa adalah 5 bar. Sementara kebutuhan untuk selenoid adalah sebesar 0,2 – 0,8 bar, sehingga perlu dibuat sebuah sistem agar tekanan air menjadi 0,8 bar. Sehingga perlu ditambahkan *over flow* pada sistem pipa sehingga tekanan 0,8 bar bisa di dapatkan.

3.1.2. Timer (Pewaktu)

Timer adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menunda waktu. *Timer* pada PLC mempunyai ketelitian yang lebih baik daripada *timer* konvensional. *Timer* yang sering digunakan dalam PLC adalah jenis *On delay*. *Timer* memiliki satu masukan aktivasi serta dua parameter yaitu *Timer Number* dan *Set Value*. Untuk *Timer Number* diisi dengan nomor pewaktu dan *Set Value* diisi dengan nilai waktu tundaan antara 0000 sampai dengan 9999 (999,9 detik).

3.2. Rancangan Penelitian

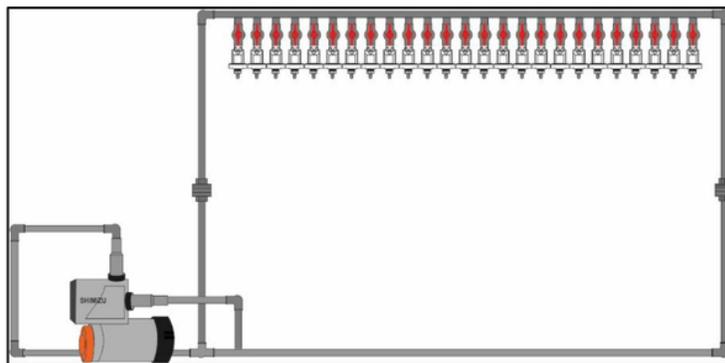
Perancangan alat ini terdiri dari beberapa bagian yaitu sistem *close loop piping system* yang terhubung dengan sebuah pompa dan rangkaian *solenoid valve, frame, dan bottom water tank* untuk tempat penampungan air. Penelitian ini juga menggunakan sebuah alat elektronik PLC merk Omron type CP1E E60SDR-A dengan 60 I/O yang berfungsi untuk menyimpan dan menjalankan program dalam bentuk *ladder diagram*. Input PLC ini terhubung dengan tombol *emergency stop* dan beberapa tombol *push button*. Sedangkan *output* dari PLC difungsikan untuk mengontrol 24 pcs *solenoid valve*.

3.2.1. Perencanaan Perangkat Keras

Pada perangkat keras dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian utama yaitu bagian mekanikal dan bagian elektrikal. Untuk bagian mekanikal meliputi *close loop piping system, bottom water tank* dan *frame*. Sedangkan perencanaan bagian elektrikal mencakup perancangan program *digital logic*, pengalamatan *input* dan *output* PLC, pengawatan kabel untuk tombol *push button* dan *emergency stop* serta pengawatan *solenoid valve* sebagai output PLC dan perancangan kabel *power* untuk *water pump*.

3.2.2. Close Loop Piping System

Close loop piping system ini terbuat dari pipa PVC dengan diameter 3/4 inchi. Pipa ini dirancang sebagai tempat untuk sirkulasi air dari *water tank*. Gambar 3.1. menunjukkan perancangan piping sistem yang terhubung dengan sebuah *water pump*.

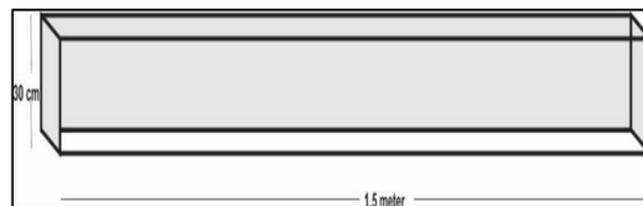


Gambar 3.1. *Close Loop Piping System*

Dimensi dari pipa air ini mempunyai tinggi 2 meter dan lebar 1,5 meter. *Piping system* ini menggunakan pipa PVC berdiameter 3/4 inchi dengan total panjang 10 meter. Bagian ujung dari *piping system* ini terhubung dengan sebuah pompa air untuk menghisap dan mendorong air dari *bottom water tank* ke sepanjang pipa hingga sampai ke ujung *solenoid valve* yang terhubung dengan *neple* tempat keluarnya air. Adapun perancangan sistem yang dibuat terlihat pada Gambar 3.2.

3.2.3. *Bottom Water Tank*

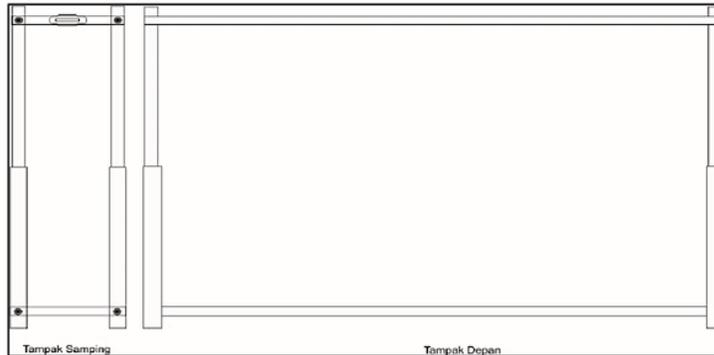
Bottom water tank berfungsi sebagai tempat penampungan air. Air dipompa menggunakan *water pump* keseluruhan *piping system*. Dengan bantuan *water pump* inilah air dinaikan tekananya. *Water tank* ini terbuat dari kaca dengan lapisan dengan tebal 5 mm. Ukuran dimensi dari *water tank* adalah panjang: 150cm, lebar: 30cm dan tinggi: 30cm. Pada saat *solenoid* membuka maka air ditampung di *water tank* dan secara *continue* akan dipompakan ke sistem pipa. Desain dari bentuknya bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. *Bottom Water Tank*

3.2.4. *Frame*

Frame berfungsi untuk menopang *close loop piping system* agar tidak terjadi goncangan dan tetap stabil pada saat *water pump* dan *solenoid valve* bekerja. Sehingga tetap aman dan sekaligus bisa menambah keindahan. Material yang digunakan untuk pembuatan *frame* ini adalah besi *galvanis*. Di sisi belakang *frame* ada sebuah *board* yang sebagai mounting dari PLC. Desain dari *frame* ini dibuat untuk bisa di stel ketinggiannya. Ada 2 ukuran rangka horisontal dimana dibagian bawah ukuranya lebih besar dari pada bagian atas. Cara penyetelan *frame* cukup dengan menurunkan atau menaikkan *frame* bagian atas dengan membuka terlebih dahulu baut penahan yang berada disamping kanan dan kiri rangka horisontal. Gambar 3.3. menunjukan desain dari *frame*.



Gambar 3.3. *Frame*

3.2.5. Perencanaan *Input Output Hardware PLC*

Sebelum membuat program, perlu perencanaan alamat *input* dan *output* terlebih dahulu. Dalam penelitian ini menggunakan PLC Omron CP1E E60SDRA[13] dengan 60 *input* dan *output*. Pada PLC ini disediakan tiga *channel* untuk *input* dan tiga *channel* untuk *output*. Untuk *input* digunakan adalah 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 pada *channel* 0. Sedangkan *output* yang digunakan adalah 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 pada *Channel* 100, 101, 102. Program yang dibuat ditulis dalam bentuk *ladder diagram* menggunakan *software CX Programmer*. Kelebihan dari *CX Programmer* ini adalah kita bisa mensimulasikan program sebelum ditransfer ke PLC sehingga memungkinkan kita untuk memodifikasi program apabila kita menginginkan perubahan. Ada juga fasilitas *auto online* untuk memonitor jalannya program tersebut. Adapun perencanaan inisialisasi dari *input* dan *output* PLC bisa dilihat pada Tabel 3.1. dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Perencanaan *Input* PLC Omron

INPUT	FUNGSI
0.0	Tombol <i>Emergency Stop</i>
0.1	Tombol manual program 1
0.2	Tombol manual program 2
0.3	Tombol manual program 3
0.4	Tombol manual program 4
0.5	Tombol manual program 5
0.6	Tombol auto (program 1-5)

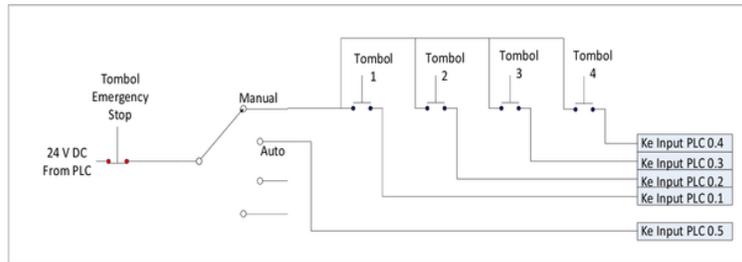
Tabel 3.2. Perencanaan *Output* PLC Omron

OUTPUT	FUNGSI
100.0	<i>Solenoid</i> nomor 1
100.1	<i>Solenoid</i> nomor 2
100.2	<i>Solenoid</i> nomor 3
100.3	<i>Solenoid</i> nomor 4
100.4	<i>Solenoid</i> nomor 5
100.5	<i>Solenoid</i> nomor 6
100.6	<i>Solenoid</i> nomor 7
100.7	<i>Solenoid</i> nomor 8
101.0	<i>Solenoid</i> nomor 9
101.1	<i>Solenoid</i> nomor 10
101.2	<i>Solenoid</i> nomor 11
101.3	<i>Solenoid</i> nomor 12
101.4	<i>Solenoid</i> nomor 13
101.5	<i>Solenoid</i> nomor 14
101.6	<i>Solenoid</i> nomor 15
102.7	<i>Solenoid</i> nomor 16
102.0	<i>Solenoid</i> nomor 17
102.1	<i>Solenoid</i> nomor 18
102.2	<i>Solenoid</i> nomor 19
102.3	<i>Solenoid</i> nomor 20
102.4	<i>Solenoid</i> nomor 21
102.5	<i>Solenoid</i> nomor 22
102.6	<i>Solenoid</i> nomor 23
102.7	<i>Solenoid</i> nomor 24

3.2.6. Perancangan *Push Button* dan *Emergency System*

Dalam penelitian ini menggunakan 1 buah *selector swith*, 5 buah *push button* dan 1 buah tombol *emergency stop*. *Selector switch* untuk pengoperasian dengan *mode manual* atau *mode auto*. Untuk *mode manual* terdiri dari 5 *sub mode*

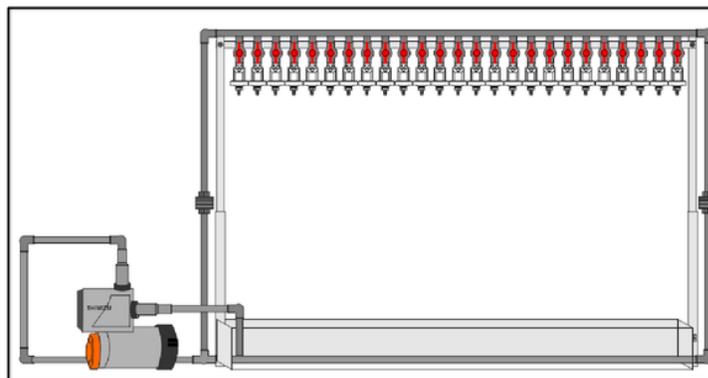
yaitu program 1, program 2, program 3 dan program 4 dan program 5. Sedangkan untuk *mode auto* kelima program tersebut akan berjalan bergantian. *Emergency button* digunakan apabila dalam keadaan darurat, apabila ditekan maka seluruh sistem akan berhenti. Adapun rencana susunan *push button* dan *emergency button* ditunjukkan pada Gambar 3.4.



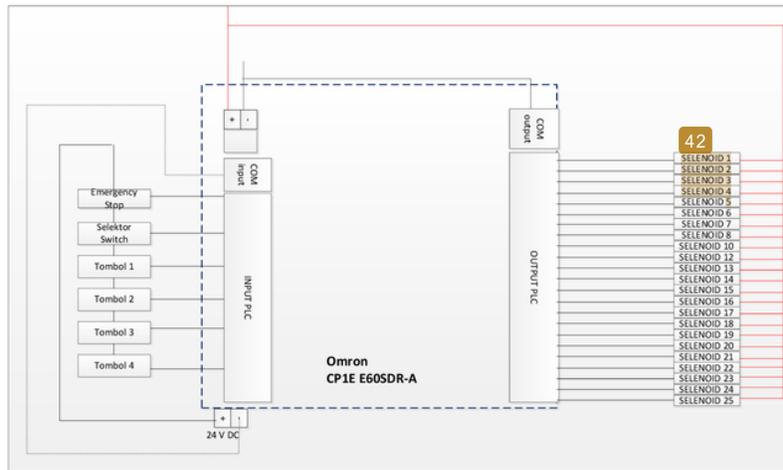
Gambar 3.4. Skema Perancangan *Push Button* dan *Emergency Stop*

3.2.7. Perencanaan Model Sistem Keseluruhan

Model dari keseluruhan dapat dikelompokkan kedalam dua kategori utama yaitu *water system* dapat dilihat pada Gambar 3.5. dan elektrikal *control system* dapat dilihat pada Gambar 3.6. Ada 2 bagian utama dalam penelitian ini yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi *piping system*, *water tank*, dan *frame*. Sedangkan perangkat lunak adalah sebuah program yang telah dibuat dalam bahasa program berbentuk *ladder diagram* yang ditulis dengan software *CX Programmer*.



Gambar 3.5. Rangkaian Keseluruhan Sistem



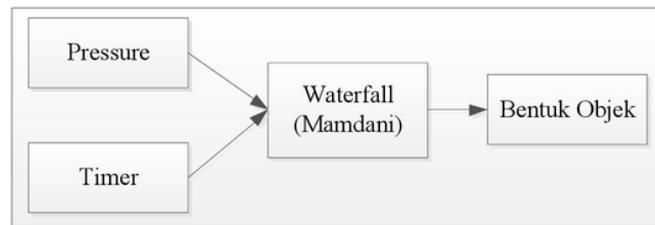
Gambar 3.6. Rangkaian Keseluruhan PLC Omron

3.3. Perencanaan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak terdapat 2 bagian utama yaitu program yang ditulis dan perancangan sistem *emergency*. Untuk perancangan program terdapat 5 buah program yaitu program 1, program 2, program 3, program 4 dan program *auto* dimana ketika program ini dijalankan maka program 1 sampai 4 akan berjalan bergantian. Sedangkan sistem *emergency* dibuat untuk keadaan tertentu misal ada kecelakaan atau kondisi tertentu yang berpotensi menimbulkan bahaya, baik pada alat maupun manusia alat dan manusia.

3.3.1. Perencanaan Logika Fuzzy

Pada penelitian ini metode *fuzzy logic* diaplikasikan untuk mendapatkan bentuk objek. Input dari logika *fuzzy* dalam penelitian ini berupa 2 variabel yaitu *pressure* dan *timer* sedangkan *output* berupa bentuk objek yang dihasilkan dari air. Gambar 3.7. adalah blok diagram program *fuzzy* yang direncanakan.



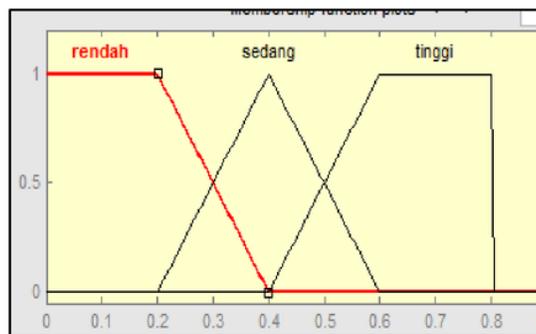
Gambar 3.7. Blok Diagram Program Fuzzy.

3.3.2. Aplikasi Model Fuzzy Mamdani

Dalam penentuan pengambilan keputusan didalam penelitian ini, digunakan *fuzzy* dengan metode mamdani. Langkah awal dibuatlah sebuah fungsi keanggotaan (*membership function*), dimana setiap nilai dari sebuah himpunan keanggotaan akan menentukan hasil *output* berupa tingkat kejelasan dari bentuk objek. Dilanjutkan dengan tahap selanjutnya yaitu menentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan variabel *input* dan *output* seperti pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.

3.3.3. Menentukan Himpunan Fuzzy

Pada variabel *input* berisi besaran tekanan (*pressure*), didefinisikan dalam tiga himpunan *fuzzy*. Untuk merepresentasikan variabel besaran tekanan digunakan bentuk kurva setengah segitiga kanan untuk himpunan *fuzzy* Rendah, bentuk kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* Sedang dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* Tinggi. Gambar 3.8. adalah fungsi keanggotaan dari *pressure*.



Gambar 3.8. Fungsi Keanggotaan Pressure

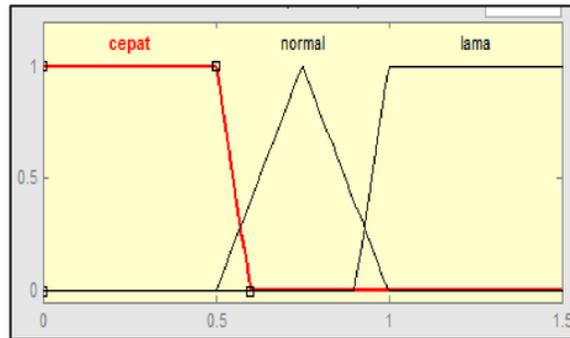
Dimana sumbu horizontal merupakan nilai *input* dari variabel tekanan dalam satuan Bar, yang dibagi menjadi tiga domain himpunan *fuzzy* : Rendah (0-0,4) bar, Sedang (0,2-0,6) bar dan Tinggi (0,4-0,8) bar. Sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*.

$$Rd(x) \begin{cases} 0 & ; x \geq 0,4 \\ (0,4 - x) / (0,2) & ; 0,2 < x \leq 0,4 \\ 1 & ; x \leq 0,2 \end{cases}$$

$$\mu_{Sd}(x) \begin{cases} (x - 0,2) / (0,6 - 0,2) & ; 0,4 < x < 0,6 \\ (0,6 - x) / (0,6 - 0,4) & ; 0,4 \leq x \leq 0,6 \\ 1 & ; x = 0,4 \\ 0 & ; x \leq 0,2 \text{ atau } x \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu Tg(x) \begin{cases} 0 & ; x \geq 0,4 \\ (x - 0,4) / (0,4) & ; 0,4 < x \leq 0,8 \\ 1 & ; x \geq 0,6 \end{cases}$$

Himpunan *fuzzy* dari fungsi keanggotaan waktu (*timer*) diperoleh berdasarkan percobaan yang dilakukan terlebih dahulu terhadap alat uji yaitu *solenoid valve* yang telah terintegrasi kedalam *close loop piping system*. Pada variabel waktu pengaturan *timer* direpresentasikan kedalam tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Sebentar (0-0,6 sec), Normal (0,5-1,0 sec) dan Lama (0,7-1,5 sec).



Gambar 3.9. Fungsi Keanggotaan Waktu

$$\mu Cp(z) \begin{cases} 0 & ; z \leq 0,6 \\ (0,6 - z) / (0,1) & ; 0,5 < z \leq 0,6 \\ 1 & ; z \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu Nm(z) \begin{cases} (z - 0,5) / (1 - 0,5) & ; 0,5 < z < 1 \\ 1 & ; z = 0,75 \\ (1 - z) / (1 - 0,75) & ; 0,75 \leq z \leq 1 \\ 0 & ; z \leq 0,5 \text{ atau } z \geq 1 \end{cases}$$

$$\mu Lm(z) \begin{cases} 0 & ; z \leq 0,9 \\ (z - 0,9) / (0,6) & ; 0,9 < z < 1,5 \\ 1 & ; z \geq 1,5 \end{cases}$$

3.3.4. Menentukan Rule (aturan) Fuzzy

Langkah selanjutnya setelah menentukan himpunan *fuzzy* adalah perencanaan aturan *fuzzy*. Aturan-aturan dibuat untuk menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Tiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk memetakan antara *input-output* adalah *IF-THEN*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut *anteseden*, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut *konsekuen* [14]. Berdasarkan hasil dari fungsi keanggotaan diatas, maka dirancang sebuah basis kaidah *fuzzy* (*Rule Evaluation Fuzzy*). Adapun bentuk dari

rule yang akan dirancang adalah : *IF (Anteseden) THEN (Konsekuen)*. Sehingga dari tabel tersebut dapat dibuat *rule* atau aturan *fuzzy* yang nanti akan digunakan dalam proses penentuan bentuk objek :

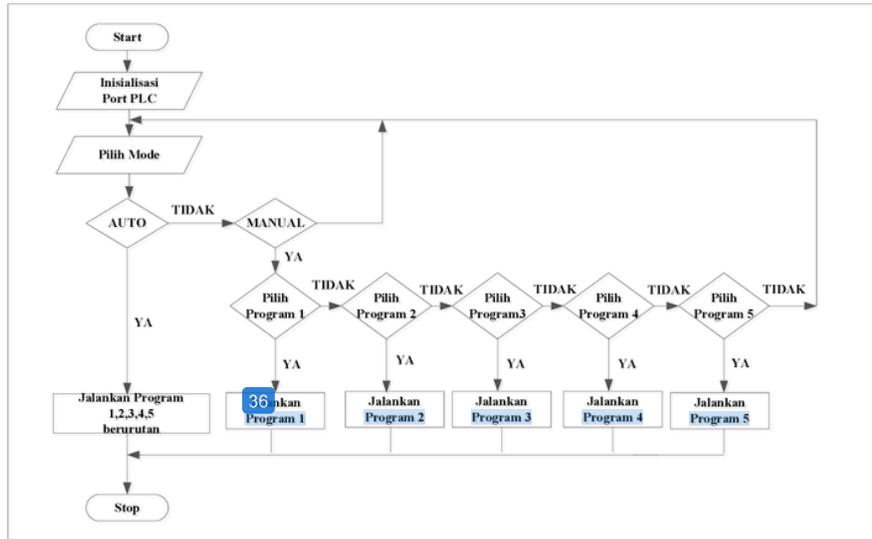
1. *IF (pressure rendah) and (timer cepat) then (bentuk objek jelas)*
2. *IF (pressure rendah) and (timer normal) then (bentuk objek jelas).*
3. *IF (pressure rendah) and (timer lama) then (bentuk objek kurang jelas)*
4. *IF (pressure sedang) and (timer cepat) then (bentuk objek jelas)*
5. *IF (pressure sedang) and (timer normal) then (bentuk objek sangat jelas)*
6. *IF (pressure sedang) and (timer lama) then (bentuk objek kurang jelas)*
7. *IF (pressure tinggi) and (timer cepat) then (bentuk objek kurang jelas)*
8. *IF (pressure tinggi) and (timer normal) then (bentuk objek kurang jelas)*
9. *IF (pressure tinggi) and (timer lama) then (bentuk objek kurang jelas)*

3.3.5. Defuzzifikasi

Langkah terakhir dalam proses ini adalah *defuzzifikasi* atau disebut juga tahap penegasan, yaitu untuk mengubah himpunan *fuzzy* menjadi bilangan *real*. *Input* dari proses penegasan ini adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. *Defuzzifikasi* yang digunakan dalam menentukan akurasi *solenoid* dalam membentuk suatu pola dari air kedalam bentuk objek 2 dimensi.

3.3.6. Perencanaan program *Manual* dan *Auto*

Pada penelitian ini penulis ingin membuat program yang nantinya akan mengontrol *solenoid valve* sebagai *output* PLC, sehingga didapatkan keluaran air dalam bentuk pola 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi. Ada 5 program yang dibuat dalam penelitian ini yaitu program 1, program 2, program 3, program 4, program 5 dan program *auto running*. Untuk menjalankan program 1 sampai dengan program 5 dijalankan secara *manual* dengan menekan tombol *push button* 1, 2, 3, 4, 5. Sedangkan *mode auto* dijalankan dengan mengarahkan posisi *selector switch* ke posisi *auto*. Adapun rencana dari sistem didalam PLC yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.10 yang merupakan flowchart dari sebuah program yang ditulis dalam *ladder diagram* PLC.



Gambar 3.10. Flowchart sistem PLC

3.4. Teknik Pengujian dan Pengambilan Hasil Penelitian

Proses pengujian alat dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas masing-masing alat yang ada pada perancangan sistem *dynamic waterfall*. Pada penelitian ini pengujian keseluruhan meliputi pengujian sistem *input-process-output* dari PLC Omron CP1E. Metode dari penelitian ini menggunakan aplikasi dari logika *fuzzy* untuk penyalaan *water pump*. Output PLC dihubungkan dengan *solenoid valve* yang berfungsi sebagai kran otomatis sehingga didapatkan keluaran air yang dinamis mengikuti setingan *timer* didalam *ladder diagram* PLC. Pengujian dititikberatkan pada fungsi akurasi dari gabungan beberapa rangkain *timer* didalam PLC dan responsibilitas *solenoid valve* sebagai *output* PLC. Dengan perpaduan kedua fungsi tersebut diharapkan tercipta sebuah *dynamic waterfall*.

3.5. Proses Penyimpulan Hasil Penelitian

Proses dari hasil penyimpulan hasil penelitian terdiri dari 2 proses yaitu :

a. Fungsionalitas Keseluruhan

Proses penyimpulan hasil pengujian keseluruhan fungsi dari setiap rangkain perlu dilakukan supaya dapat diketahui sejauh mana fungsi dari tiap modul dan rangkain elektronika yang terintegrasi dapat bekerja dengan baik.

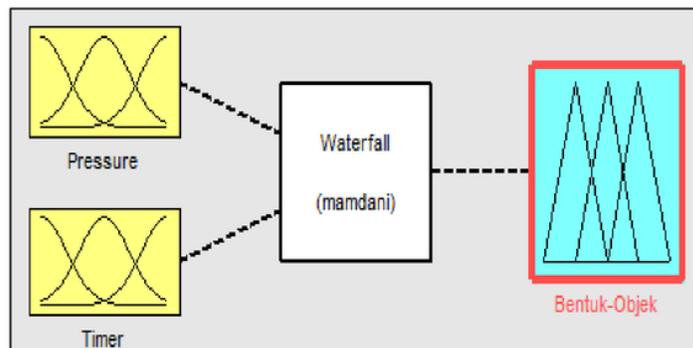
b. Setingan *Pressure*

Pressure dari air menentukan bentuk dari objek hasil pengujian. Perlu melakukan pengujian berkali-kali dengan pengaturan *pressure* yang berbeda untuk mendapatkan visualisasi pola yang mendekati bentuk sesungguhnya. Setingan *pressure* ini dipadukan dengan setingan *timer* pada *ladder diagram* PLC sampai didapatkan bentuk objek sesuai dengan yang diinginkan.

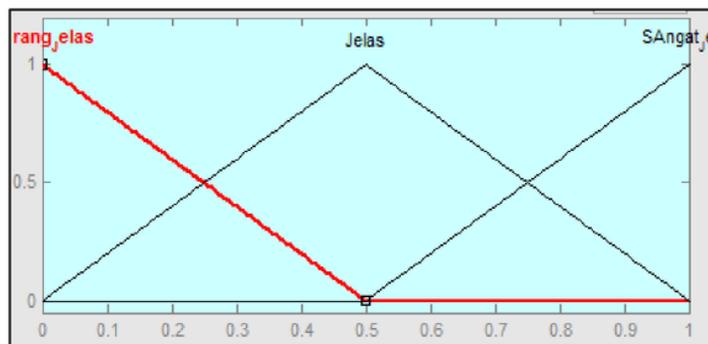
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

4.1. Fuzzy Mamdani dengan Matlab

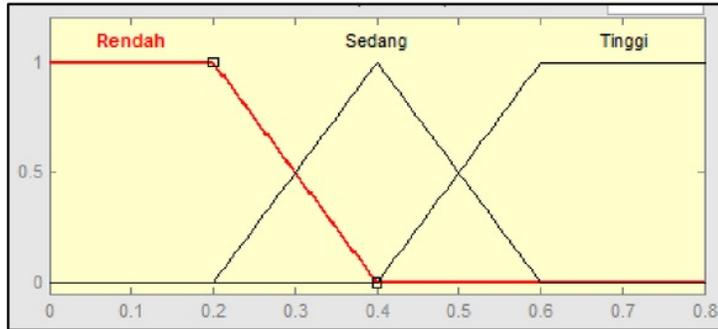
Pada pengaplikasian Fuzzy di MATLAB pertama kali adalah penentuan pada variabel, ada 2 input yang kita gunakan yaitu adalah *pressure* (tekanan) dan *timer* (waktu). Kedua variabel ini akan menentukan bentuk yang menyerupai objek 2 dimensi dari air keluaran *solenoid*. Terdapat 5 bentuk objek dan 5 bentuk huruf yang dihasilkan dari penelitian ini, setiap bentuk objek mempunyai setingan *timer* dan tekanan air yang berbeda.



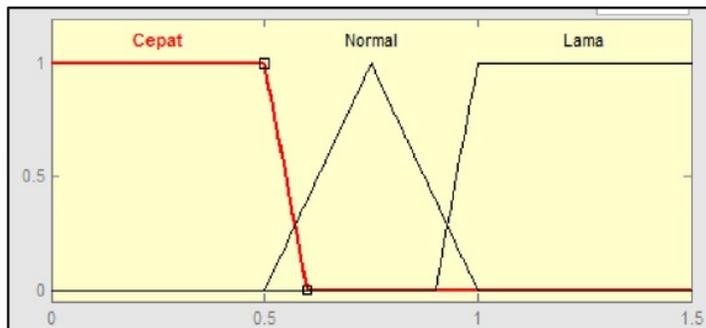
Gambar 4.1. Input Output Waterfall



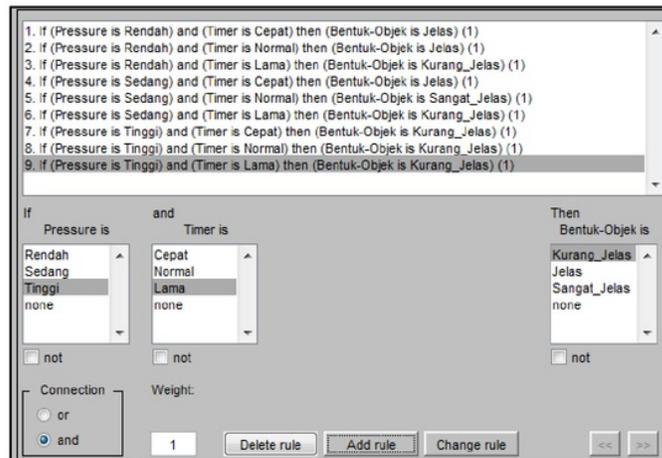
Gambar 4.2. Fungsi Keanggotaan Output Bentuk Objek



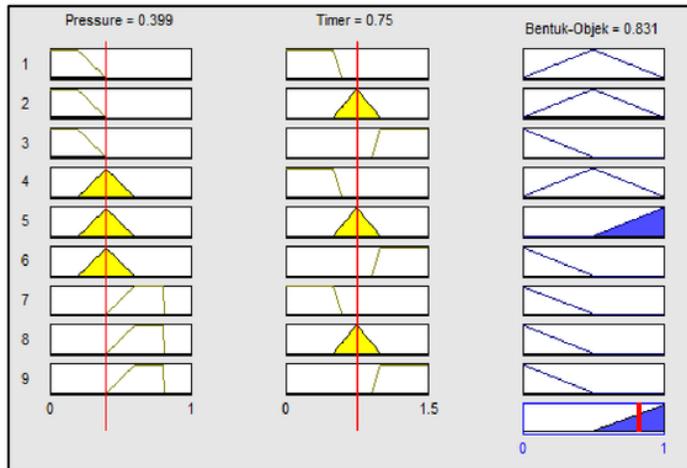
Gambar 4.3. Membership Function dari Pressure (Tekanan)



Gambar 4.4. Membership Function dari Timer

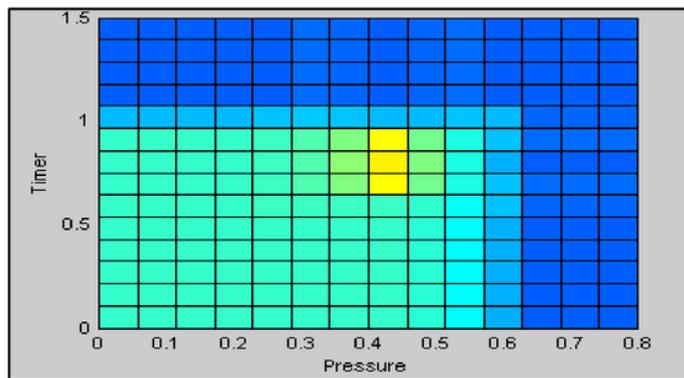


Gambar 4.5. Rule Editor digunakan untuk pengaturan Fuzzy Logic



Gambar 4.6. *Rule Viewer* digunakan untuk melihat *Output* nilai *Fuzzy*

Fuzzy Mamdani digunakan sebagai penentu dalam pengambilan keputusan yang didapat dari 2 buah variable *input* yang paling tepat untuk menghasilkan *output* berupa air pada *solenoid* yang mendekati atau paling jelas dengan bentuk objek yang sudah direncanakan.



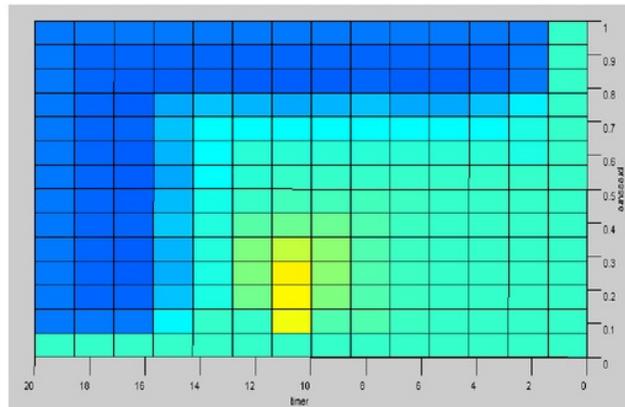
Gambar 4.7. *Surface Viewer* untuk melihat perbandingan waktu dan *Pressure*

4.2. Pengujian Pola *OFF* Bergeser

Pada percobaan pola *Off* bergeser kondisi *Timer* dan *Pressure* yang digunakan adalah sesuai pada data Tabel 1. Pada table 1 menunjukkan nilai *Timer* (ms) dan *Pressure* (*Bar*) pada pola 1 *off* bergeser pada PLC.

Tabel.4.1. Data *Timer* dan *Pressure* Percobaan *OFF* Bergeser

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
1-24	1,2	0,2 - 0.4



Gambar 4.8. *Surface Viewer* pada Pola *OFF* Bergeser



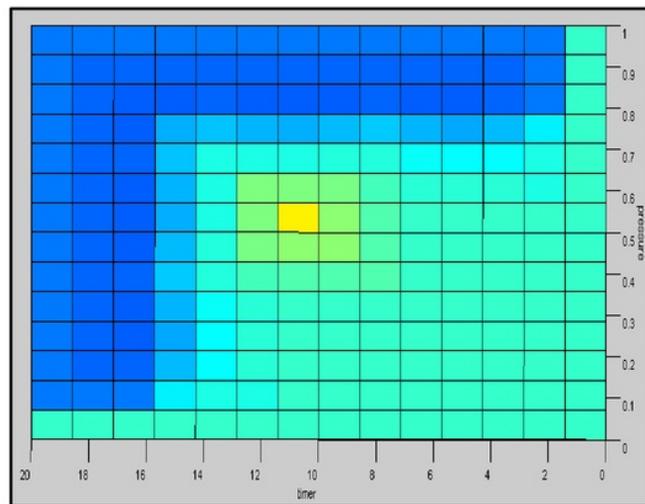
Gambar 4.9. Gambar Hasil Pengujian Pola *OFF* Bergeser.

4.3. Pengujian Pola 2 Segitiga

Pada percobaan ini ada 5 *auxiliary* bantu yang menggerakkan *selenoid*. Yaitu *auxiliary* W10.00, W10.01, W10.02, W10.03 dan W10.04. Pada Tabel 4.2. berikut adalah table hasil pengujian pada program 2 segitiga.

Tabel 4.2. Data *Timer* dan *Pressure* Percobaan 2 (2 Segitiga) .

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
7,18	1,3	0,4
6,8,17,19	1,1	0,4
5,9,16,20	0,9	0,4
4,10,15,21	0,7	0,4
2,11,14,22	0,5	0,4



Gambar 4.10. *Surface Viewer* Pengujian Pola 2 Segitiga



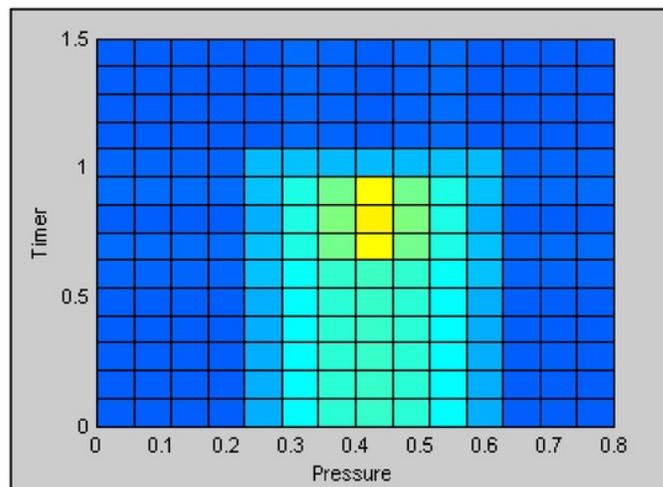
Gambar 4.11. Hasil Pengujian Pola 2 Segitiga

4.4. Pengujian Pola *ON Bergeser (Single)*

Berikut adalah data *seting timer* dan *pressure* untuk pola ON bergeser

Tabel 4.3. Data *Timer* dan *Pressure* Pola *ON Bergeser*

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
Sel 1-24	0,2	0,35 - 0,5



Gambar 4.12. *Surface viewer* Pengujian Pola ON Bergeser



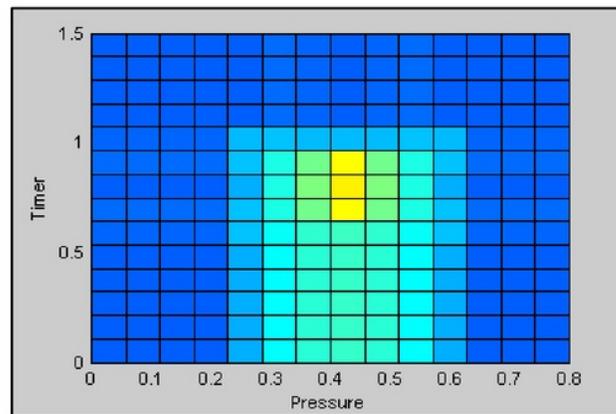
Gambar 4.13. Gambar Hasil Pengujian Pola ON Bergeser

4.5. Pengujian Pola Papan Catur

Adapun data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan Pola Papan Catur terdapat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4. Data *Timer* dan *Pressure* Pola Papan Catur

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
Sel 1,2,3,4,5,6,7,8	0,3	0,5
Sel 9,10,11,12,13,14,15,16	0,3	0,5
Sel 17,18,19,20,21,21,23,24	0,3	0,5



Gambar 4.14. *Surface viewer* Pengujian Objek Papan Catur



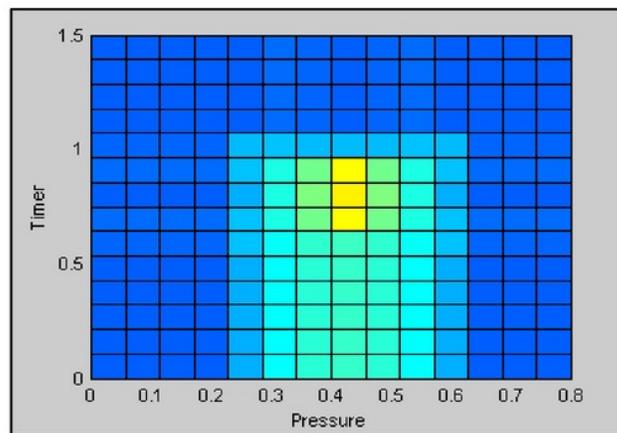
Gambar 4.15. Hasil Pengujian Pola Papan Catur

4.6. Pengujian Pola Geser Kanan Kiri (Triple)

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola geser kanan kiri bisa dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Data *Timer* dan *Pressure* Pola Geser Kanan Kiri

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
Sel 1-24	0,3	0,4



Gambar 4.16. *Survace viewer* Pengujian Pola Geser Kanan Kiri



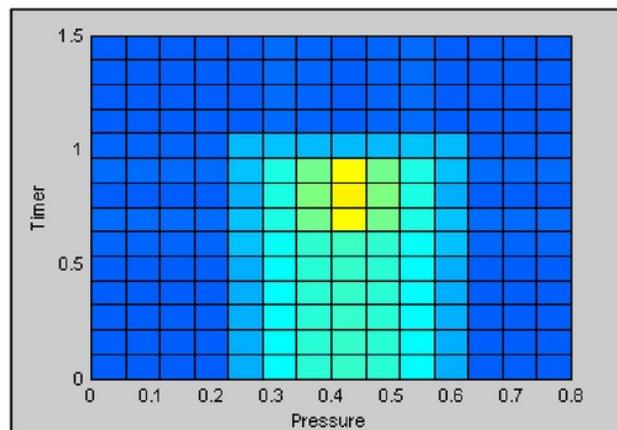
Gambar 4.17. Hasil Pengujian Pola Geser Kanan Kiri

4.7. Pengujian Bentuk Huruf U

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola bentuk huruf U, dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data *Timer* dan *Pressure* Pengujian Objek Huruf U

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
6,7,8,16,17,18	0,3	0,4 - 0,5
9,10,11,12,13,14	0,06	0,4 - 0,5



Gambar 4.18. *Surface viewer* Pengujian Objek Huruf U



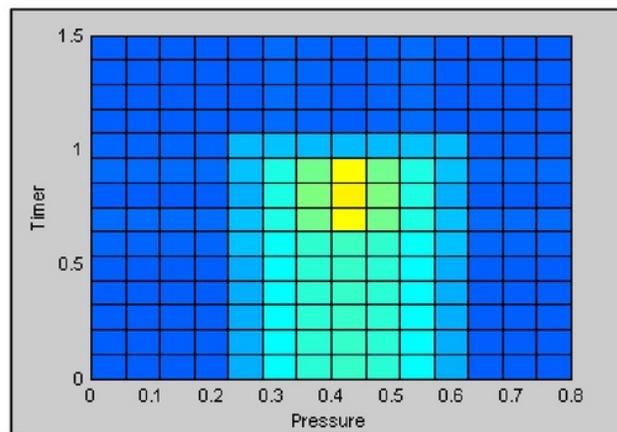
Gambar 4.19. Hasil Pengujian Objek Huruf U

4.8. Pengujian Bentuk Huruf N

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola bentuk huruf N, dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Data *Timer* dan *Pressure* Pengujian Objek Huruf N

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
6,7,8,16,17,18	0,3	0,4 - 0,5
9,10,11,12,13,14	0,06	0,4 - 0,5



Gambar 4.20. *Survace Viewer* Pengujian Objek Huruf N



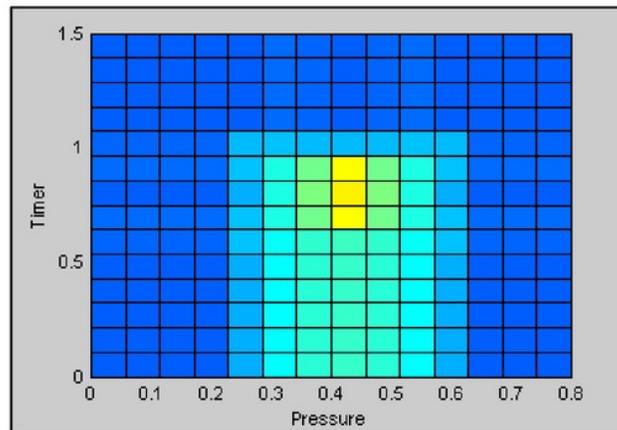
Gambar 4.21. Hasil Pengujian Objek Huruf N

4.9. Pengujian Bentuk Huruf M

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola bentuk huruf M, dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data *Timer* dan *Pressure* Pengujian Objek Huruf M

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
6,7,8,16,17,18	0,3	0,4 - 0,5
9,10,11,12,13,14,15	0,06	0,4 - 0,5



Gambar 4.22. *Surface viewer* Pengujian Objek Huruf M



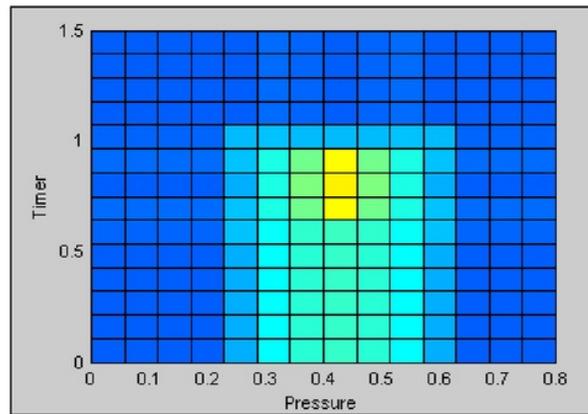
Gambar 4.23. Hasil Pengujian Objek Huruf M

4.10. Pengujian Bentuk Huruf E

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola bentuk huruf E, dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Data *Timer* dan *Pressure* Pengujian Objek Huruf E

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
6,7,8,9	0,3	0,4 - 0,5
10,11,12,13,14	0,06	0,4 - 0,5
15,16	0,06	0,4 - 0,5



Gambar 4.24. *Surface viewer* Pengujian Objek Huruf E



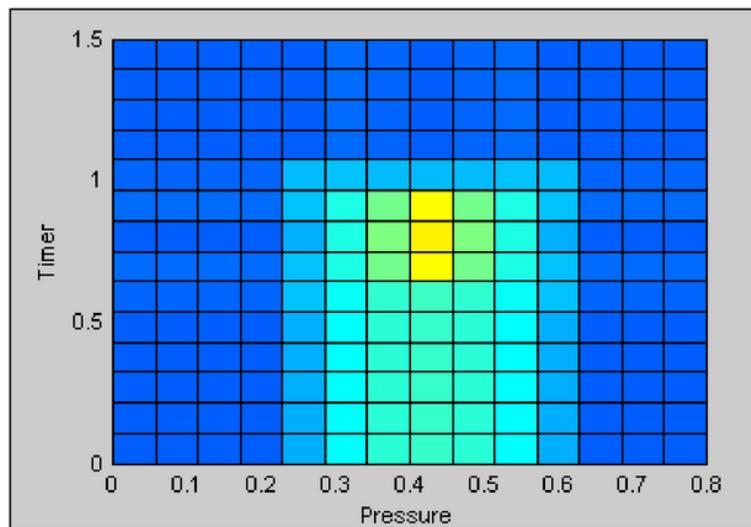
Gambar 4.25. Hasil Pengujian Objek Huruf E

4.11. Pengujian Bentuk Huruf R

Berikut adalah data *pressure* dan *timer* untuk menghasilkan pola bentuk huruf R dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Data *Timer* dan *Pressure* Pengujian Objek Huruf R

SELENOID	Timer Seting (s)	Pressure (bar)
6,7,8,9	0,3	0,4 - 0,5
10	0,06	0,4 - 0,5
11	0,06	0,4 - 0,5
12	0,06	0,4 - 0,5
13	0,06	0,4 - 0,5
14	0,06	0,4 - 0,5
15	0,06	0,4 - 0,5
16	0,06	0,4 - 0,5
17	0,06	0,4 - 0,5



Gambar 4.26. *Surface viewer* Pengujian Objek Huruf R



Gambar 4.27. Hasil Pengujian Objek Huruf R

BAB 5

7 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan, pembuatan dan pengujian alat yang telah dilakukan, maka sistem pengontrolan menggunakan PLC Omron CP1E adalah sangat efektif untuk mengontrol 24 *solenoid valve* yang memerlukan akurasi dengan ketelitian sampai 0,5 detik. *Input* dari logika fuzzy dalam penelitian ini adalah *pressure* yang mempunyai nilai linguistik rendah, sedang, tinggi dan *timer* dengan anggota himpunan cepat, normal, lama. Adapun *output* dari logika fuzzy adalah bentuk objek dengan 3 tingkat kejelasan kurang jelas, jelas dan sangat jelas. Dari semua percobaan yang telah dilakukan dapat dibagi dalam 2 macam percobaan yaitu pengujian bentuk pola 2 dimensi dan pengujian bentuk tulisan 2 dimensi. Untuk pengujian bentuk pola 2 dimensi terdiri dari 5 percobaan yaitu pengujian pola *off* bergeser, pola 2 segitiga, pola *on* bergeser, pola papan catur dan pola *on* bergeser kanan kiri. Pada pengujian bentuk pola 2 dimensi ini digunakan timer TIM 100 ms. Sedangkan pada pengujian bentuk tulisan 2 dimensi ada 5 huruf yang dilakukan penelitian yaitu huruf U, N, M, E, dan R. Timer yang digunakan dalam pengujian ini adalah TIMH 10 ms. Kesimpulan secara keseluruhan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Perancangan air terjun berbentuk pola 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi berhasil dibuat dengan hasilnya berupa 5 pola dengan nilai *error* 0,1 dan untuk bentuk tulisan 2 dimensi nilai *error* 0,2.
2. Tampilan objek 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi berhasil dibuat secara *continue* dengan interval waktu 10 detik untuk setiap bentuk objek dan 0,4 detik untuk setiap bentuk tulisan 2 dimensi.
3. *Close loop water system* sudah berhasil dibuat yang dilengkapi dengan pompa dan penampungan air yang mempunyai volume 0,8 liter / detik.

5.2. Saran

Terdapat beberapa saran, mengingat demi penyempurnaan dan pengembangan penelitian ini, sebagai berikut :

1. Tipe *Solenoid Valve* yang digunakan perlu diubah dengan spesifikasi lebih kecil untuk hasil *printing water* yang lebih halus.
2. Penambahan *Solenoid Valve* dirasa diperlukan untuk pelebaran bentuk yang dihasilkan, sehingga hasil *printing water* dari PLC akan lebih bagus hasilnya.
3. Pemilihan peralatan *output* PLC bisa diprioritaskan dengan peralatan yang mempunyai tegangan DC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yuni Wahyuni, Paduan Pembuatan *User Interface Programmable Logic Controller* (PLC) dengan Studi Kasus *Water Treatment Plant*, Seminar Nasional Teknologi 2015, ITN Malang.
- [2]. Badaruddin, Peodelan Sistem Kontrol Pada Sistem Pengolahan Air Limbah dengan Menggunakan PLC. *Journal Teknik Elektro Universitas Mercubuana, Jakarta*, 2014.
- [3]. Dinis D.C Soares, Pengendali Alat Musik Angklung menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC), Jurusan Teknik Elektro UNMER Malang, 2015.
- [4]. Wahyu Dirgantara, Sistem Peringatan Dini Untuk Deteksi Kebakaran pada Kebocoran Gas LPG menggunakan *Fuzzy Logic Control*, *Jurnal EECCIS* Vol. 11, No. 1, April 2017
- [5]. Hendry Putra Rahadi, Abstraksi, Perancangan Dan Implementasi *Programmable Logic Controller* (PLC) Sederhana Berbasis Field *Programmable Gate Array* (FPGA) Iwan Agustiawan, Universitas Telkom Bandung, 2013
- [6]. Stefanus Raka Prabasworo Wisnu Murti, Sistem Penyimpanan Barang Otomatis kedalam Rak Menggunakan PLC Omron CPM2A, Universitas Santa Dharma, Yogyakarta, 2016
- [7]. Juhari, Dipl. Eng. S.Pd, Instalasi Motor Listrik, *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia*, 2013
- [8]. Hendro Utomo, Implementasi *Automatic Transfer Switch* Berbasis PLC pada Laboratorium Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. *Journal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Januari 2014
- [9]. Eko Wibisono, *Traffic light* menggunakan Logika *Fuzzy* pada PLC (*Programable Logic Control*), Politeknik Negri Batam, 2017

- [10] Puput Dani Prasetyo Adi, ⁸ Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban Ruang Operasi Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Metode Logika Fuzzy, Pasca Sarjana universitas Hasanuddin, Makasar, 2012
- [11] Aji Ridhamuttaqin, ²⁶ Rancang Bangun Model Sistem Pemberi Pakan Ayam Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic Control*, Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 2013
- [12] Jauhari Malau, ²² Analisa *Pressure Drop* Pada Sistem Perpipaan *Fuel Oil* Boiler Pada PT. PLN Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Sicanang-Belawan Dengan Menggunakan *Pipe Flow Expert*, Journal E-Dinamis, Volume 3, no.3 Desember 2012, ISSN 2338-1035
- [13] ³⁰ I Wayan Arta Wijaya, Pemanfaatan Energi Surya Untuk Menggerakan Pompa Motor DC Yang Dikontrol Mikrokontroler ATmega 8535, Seminar Nasional dan Expo Elektro 2014, Teknik Elektro Universitas Udayana
- [14] Arif Guritno, ⁸ Penerapan konsepsi *Safety Instrumented System (SIS)* untuk *Upgrading* Sistem Instrumentasi dan Kontrol Pada Fasilitas Pemurnian Uap *Geothermal Power Plant*. PROSIDING SNIATI 2017
- [15] Alfian Yuli Wicaksono, Simulasi Pemanfaatan Selenoid Pendorong Berbasis Mikrokontroler Sebagai Pemecah Kaca Otomatis, ⁴⁷ The 18th FSTPT International Symposium, UNILA Bandar Lampung, 2015

Dynamic Waterfall menggunakan Metode Logika Fuzzy dan PLC Omron CP1E

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

eprints.uny.ac.id

Internet Source

3%

2

Submitted to Universitas Multimedia Nusantara

Student Paper

2%

3

repository.usu.ac.id

Internet Source

1%

4

ftp.unpad.ac.id

Internet Source

1%

5

repository.upnyk.ac.id

Internet Source

1%

6

eprints.upnjatim.ac.id

Internet Source

1%

7

etheses.uin-malang.ac.id

Internet Source

1%

8

www.scribd.com

Internet Source

1%

9

eprints.undip.ac.id

	Internet Source	1%
10	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	1%
11	anggifernadi.blogspot.com Internet Source	1%
12	pelita-informatika.com Internet Source	1%
13	www.eepis-its.edu Internet Source	1%
14	pt.scribd.com Internet Source	<1%
15	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1%
16	undana.ac.id Internet Source	<1%
17	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1%
18	securite.bmtechnic.com Internet Source	<1%
19	irzamechanical.wordpress.com Internet Source	<1%
20	docplayer.info Internet Source	<1%

21 dokumen.tips Internet Source <1%

22 jurnal.polindra.ac.id Internet Source <1%

23 Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper <1%

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

25 Submitted to Politeknik Negeri Sriwijaya Student Paper <1%

26 repository.unika.ac.id Internet Source <1%

27 repository.ipb.ac.id Internet Source <1%

28 plc3fase.blogspot.com Internet Source <1%

29 jurnaleccis.ub.ac.id Internet Source <1%

30 erepo.unud.ac.id Internet Source <1%

31 fr.scribd.com Internet Source <1%

32 a-research.upi.edu

Internet Source

<1%

33

repository.unib.ac.id

Internet Source

<1%

34

slideplayer.info

Internet Source

<1%

35

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1%

36

Kirsi Korhonen, Outi Salo. "Exploring Quality Metrics to Support Defect Management Process in a Multi-site Organization - A Case Study", 2008 19th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE), 2008

Publication

<1%

37

Submitted to UIN Sunan Ampel Surabaya

Student Paper

<1%

38

repository.wima.ac.id

Internet Source

<1%

39

vdocuments.site

Internet Source

<1%

40

library.binus.ac.id

Internet Source

<1%

41

www.slideshare.net

Internet Source

<1%

42	ml.scribd.com Internet Source	<1%
43	www.ganto.or.id Internet Source	<1%
44	es.scribd.com Internet Source	<1%
45	www.docstoc.com Internet Source	<1%
46	media.neliti.com Internet Source	<1%
47	sipil.ft.unand.ac.id Internet Source	<1%
48	www.jurnal.lapan.go.id Internet Source	<1%
49	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1%
50	library.gunadarma.ac.id Internet Source	<1%
51	Poningsih Poningsih, Sundari Retno Andani. "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Dispensasi Pembayaran Uang Kuliah", Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika), 2018 Publication	<1%

52	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1%
53	blog.uad.ac.id Internet Source	<1%
54	cemplonjalanjalan.blogspot.co.id Internet Source	<1%
55	repository.upi.edu Internet Source	<1%
56	alqodir.co.id Internet Source	<1%
57	Paul Close, Emiko Ohki-Close. "Supranationalism in the New World Order", Springer Nature, 1999 Publication	<1%
58	Lecture Notes in Computer Science, 2013. Publication	<1%

Exclude quotes Off
Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

**DYNAMIC WATERFALL MENGGUNAKAN
METODE LOGIKA FUZZY DAN PLC OMRON CP1E**

TUGAS AKHIR

**Telah disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar S1**

Disusun Oleh :

SUPRAMONO

NIM :14458002

Malang, 20 September 2018

Penguji 1

Penguji 2

Anggraini Puspita Sari, S.T., M.T.
NIDN : 0716088605

Basitha Febrinda Hidayatulail, S.T., M.T.
NIDN :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Eng. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T.
NIDN : 0005128001

Puput Dani Prasetyo Adi, S.Kom., M.T.
NIDN : 1231128501

**Program Studi Teknik Elektro
FT–UNMER Malang
Ketua,**

Dr. Eng. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T.
NIDN : 0005128001

ABSTRAK

PLC merupakan sebuah peralatan elektronika berbasis *microprocessor* yang dilengkapi memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dalam bentuk *digital*. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat visualisasi dari air yang membentuk objek 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi secara kontinyu. Dalam penelitian ini digunakan PLC Omron tipe CP1E untuk mengontrol 24 *solenoid valve*. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *fuzzy logic* dengan 2 variabel masukan yaitu tekanan dan waktu untuk mendapatkan tingkat kejelasan bentuk objek 2 dimensi. Dengan menggunakan metode logika *fuzzy* maka telah didapatkan sistem pendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam menentukan tingkat kejelasan bentuk objek dengan keakurasian 0.811 pada percobaan menggunakan tekanan 0.4-0.5 bar dan waktu 0.5-1 *second*. Dari pengujian alat yang telah dilakukan tampilan objek dalam bentuk pola 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi berhasil dibuat secara kontinyu dengan interval waktu 10 detik untuk setiap objek bentuk pola dan 0,4 detik untuk setiap bentuk tulisan 2 dimensi.

Kata Kunci : Air Terjun, *Solenoid Valve*, PLC.

ABSTRACT

PLC is a electronic equipment based microprocessor equipped with memory that can be programmed to store instructions in digital form. The purpose of this study is to create a visualization of water that forms 2-dimensional objects and 2-dimensional writing continuously. In this study Omron type CP1E PLC was used to control 24 solenoid valves. The method used in the research is fuzzy logic method with 2 input variables, namely pressure and time to get the level of clarity of the object shape. By using the fuzzy logic method, the right decision support system has been obtained in determining the level of clarity of the object shape with 0.811 accuracy in the experiment using a pressure of 0.4-0.5 bar and a time of 0.5-1 seconds. From the testing of tools that have been carried out the display of objects in the form of 2-dimensional patterns and 2-dimensional writing successfully made with a 10-second interval for each pattern-shaped object and 0.4 seconds for each 2-dimensional writing.

Keywords: *Waterfall, Solenoids Valve, PLC.*

KATA PENGANTAR

Dalam rangka pelaksanaan tugas akhir, penulis melakukan penelitian. Penelitian ini dibuat dalam rangka memperdalam tentang sistem pengontrolan dengan menggunakan metode logika *Fuzzy* dan PLC Omron CP1E. Atas ijin Allah SWT penelitian ini dapat selesai sesuai dengan harapan. Penulisan penelitian ini diawali dengan adanya permasalahan tentang bagaimana merancang air terjun yang dapat menampilkan pola dalam bentuk objek 2 dimensi dan tulisan 2 dimensi. Keinginan untuk memperdalam pengetahuan dibidang elektronika dan kontrol khususnya PLC.

Dalam proses pendalaman materi dan pengerjaan tugas akhir, melibatkan banyak pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Anwar Sanusi, S.E., M.Si. Selaku Rektor Universitas Merdeka Malang.
2. Bapak Ir. Zulkarnain Arief, MSA. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
3. Bapak Dr. Eng. Dwi Arman Prasetya, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang dan selaku pembimbing 1 yang selalu meluangkan waktu memberikan arahan, saran, mengkoreksi program yang penulis buat dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Anggraini Puspita Sari, ST, MT., selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Puput Dani Prasetyo Adi, S.Kom.,MT. selaku dosen pembimbing II yang selalu meluangkan waktu memberikan arahan, saran, mengkoreksi program yang dibuat dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ibu Basitha Febrinda Hidayatulail, SST., MT., Bapak Aries Boedi Setiawan, ST., MM., Bapak Ir. Abd Rabi', M.Kom., Bapak Ir. H. Nachrowie, M.Sc., Bapak Rahman Arifuddin, ST., MT, Bapak Wahyu Dirgantara, ST, MT., Bapak Anggara Trisna Nugraha, ST., MT., Terima kasih atas segala motivasi dan dukungannya.

7. Seluruh Staff karyawan TU Bapak Hary dan Bapak Atim, Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang atas bantuan dukungan motivasinya dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Bapak, Ibu dan Istri atas motifasi, dan kesabarannya, do'a yang tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberikan cinta kasih dengan tulus dan ikhlas semenjak kecil serta dukungan dan bantuan secara moral maupun material kepada saya.
9. Saudaraku dan teman-teman yang telah memberikan semangat dan dukungan.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu penulisan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan yang dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua dan menambah ilmu kita semua.

Malang, 20 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR	
LEMBAR CEK PLAGIASI	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
LEMBAR PERSEMBAHAN DAN MOTTO	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Penulisan	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
1.7. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)	5
2.1.1. PLC Omron CP1E E60SDR-A	6
2.1.2. <i>Ladder Diagram</i> PLC	7
2.1.3. Instrksi dalam PLC	8
2.1.4. <i>CX Programmer</i> versi 9.5	10
2.1.5. Membuat <i>New Project</i> pada <i>CX Programmer</i>	11
2.2. <i>Fuzzy Logic Control</i>	14
2.2.1. <i>Fuzzy Mamdani</i>	17

2.3.	<i>Water Pump</i>	19
2.4.	Perencanaan <i>system safety (Emergency)</i>	19
2.5.	<i>Solenoid</i>	20
BAB 3	METODE PENELITIAN	
3.1.	Variabel Penelitian	21
3.1.1.	<i>Pressure</i>	21
3.1.2.	<i>Timer</i> (Pewaktu)	21
3.2.	Rancangan Penelitian.....	22
3.2.1.	Perencanaan Perangkat Keras.....	22
3.2.2.	<i>Close Loop Water System</i>	22
3.2.3.	<i>Bottom Water Tank</i>	23
3.2.4.	<i>Frame</i>	23
3.2.5.	Perencanaan <i>Input Output Hardware PLC</i>	24
3.2.6.	Perancangan <i>Push Button</i> dan <i>Emergrncy System</i>	25
3.2.7.	Perencanaan Model Sistem Keseluruhan	26
3.3.	Perancangan Perangkat Lunak.....	27
3.3.1.	Perancangan Logika <i>Fuzzy</i>	27
3.3.2.	Aplikasi Model <i>Fuzzy Mamdani</i>	28
3.3.3.	Menentukan Himpunan <i>Fuzzy</i>	28
3.3.4.	Menentukan <i>Rule</i> (aturan) <i>Fuzzy</i>	29
3.3.5.	<i>Defuzzifikasi</i>	30
3.3.6.	Perencanaan program <i>Manual</i> dan <i>Auto</i>	30
3.4.	Teknik Pengujian dan Pengambilan Hasil Penelitian.....	31
3.5.	Proses Penyimpulan Hasil Penelitian.....	31
BAB 4	HASIL DAN ANALISIS	
4.1.	<i>Fuzzy Mamdani</i> dengan MATLAB.....	33
4.2.	Pengujian Pola <i>OFF</i> Bergeser.....	36
4.3.	Pengujian Pola 2 Segitiga.....	38
4.4.	Pengujian Pola <i>ON</i> Bergeser (<i>Singgle</i>)	39
4.5.	Pengujian Pola Papan Catur.....	40
4.6.	Pengujian Pola Geser Kanan Kiri (<i>Triple</i>).....	41
4.7.	Pengujian Bentuk Huruf U.....	43

4.8. Pengujian Bentuk Huruf N.....	44
4.9. Pengujian Bentuk Huruf M.....	45
4.10 Pengujian Bentuk Huruf E.....	46
4.11. Pengujian Bentuk Huruf R.....	48

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN A *Auto Program 1-5 dan Huruf UNMER*

LAMPIRAN B *Data Sheet*

B-1 PLC Omron CP1E

B-2 Pompa Shimizu

B-3 *Solenoid Valve*

LAMPIRAN C *Bukti Publikasi Jurnal*

LAMPIRAN D *Dokumentasi*

D-1 Foto Alat

D-2 Desain Alat

D-3 Instalasi

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. PLC Omron CP1E E60SDR-A.....	6
Gambar 2.2. Skema <i>Ladder Diagram</i> PLC.....	7
Gambar 2.3. Instruksi <i>Load</i>	8
Gambar 2.4. Instruksi OR dan NOR	9
Gambar 2.5. Instruksi AND dan NAND	9
Gambar 2.6. Instruksi <i>Timer</i>	10
Gambar 2.7. Instruksi <i>Counter</i>	10
Gambar 2.8. Tampilan <i>CX Programmer 9.5</i>	12
Gambar 2.9. Tampilan <i>New Program</i> pada PLC	12
Gambar 2.10. Tampilan <i>Device Type</i> PLC	13
Gambar 2.11. Tampilan <i>Setting</i> CPU PLC	13
Gambar 2.12. Tampilan <i>New Project CX Programmer</i>	13
Gambar 2.13. Diagram Alir <i>Fuzzy</i>	14
Gambar 2.14. <i>Water Pump</i>	19
Gambar 2.15. <i>Flowchart</i> Sistem <i>Emergency</i>	19
Gambar 2.16. Bagian-bagian <i>Solenoid</i>	20
Gambar 3.1. <i>Close Loop Piping System</i>	22
Gambar 3.2. <i>Bottom Water Tank</i>	23
Gambar 3.3. <i>Frame</i> (a) Tampak Samping	24
(b) Tampak Depan	24
Gambar 3.4. Skematik Perancangan <i>Push Button</i> dan <i>Emergency Stop</i> ...	26
Gambar 3.5. Rancangan Sistem Mekanik Keseluruhan.....	26
Gambar 3.6. Rangkaian Keseluruhan PLC Omron.....	27
Gambar 3.7. <i>Blok Digaram</i> Program <i>Fuzzy</i>	27
Gambar 3.8. Fungsi Keanggotaan <i>Pressure</i>	28
Gambar 3.9. Fungsi Keanggotaan Waktu	29
Gambar 3.10. <i>Flowchart</i> Sistem PLC.....	31
Gambar 4.1. <i>Input Output Waterfall</i>	33
Gambar 4.2. Fungsi Keanggotaan <i>Output</i> Bentuk Objek	33

Gambar 4.3. <i>Membership Function</i> dari <i>Pressure</i> (Tekanan)	34
Gambar 4.4. <i>Membership Function</i> dari <i>Timer</i> (waktu).....	34
Gambar 4.5. <i>Rule Editor Fuzzy Logic</i>	35
Gambar 4.6. <i>Rule Viewer</i> digunakan untuk melihat <i>Output</i> nilai <i>Fuzzy</i>	35
Gambar 4.7. <i>Surface Viewer</i> untuk melihat perbandingan waktu dan <i>Pressure</i>	36
Gambar 4.8. <i>Surface viewer</i> pada Pola <i>Off</i> Bergeser.....	37
Gambar 4.9. Gambar Hasil Pengujian Pola <i>OFF</i> Bergeser.....	37
Gambar 4.10. <i>Surface viewer</i> pada Pola 2 Segitiga	38
Gambar 4.11. Gambar Hasil Pengujian Pola 2 Segitiga	39
Gambar 4.12. <i>Surface viewer</i> pada Pola <i>ON</i> Bergeser	39
Gambar 4.13. Gambar Hasil Pengujian Pola <i>ON</i> Bergeser.....	40
Gambar 4.14. <i>Surface viewer</i> pada Pola Papan Catur.....	41
Gambar 4.15. Hasil Pengujian Pola Papan Catur	41
Gambar 4.16. <i>Surface viewer</i> pada Pola Geser Kanan Kiri.....	42
Gambar 4.17. Hasil Pengujian Pola Geser Kanan Kiri.....	42
Gambar 4.18. <i>Surface viewer</i> pada Bentuk Huruf <i>U</i>	43
Gambar 4.19. Hasil Pengujian Bentuk Huruf <i>U</i>	44
Gambar 4.20. <i>Surface viewer</i> pada Bentuk Huruf <i>N</i>	44
Gambar 4.21. Hasil Pengujian Bentuk Huruf <i>N</i>	45
Gambar 4.22. <i>Surface viewer</i> pada Bentuk Huruf <i>M</i>	46
Gambar 4.23. Hasil Pengujian Bentuk Huruf <i>M</i>	46
Gambar 4.24. <i>Surface viewer</i> pada Bentuk Huruf <i>E</i>	47
Gambar 4.25. Hasil Pengujian Bentuk Huruf <i>E</i>	47
Gambar 4.26. <i>Surface viewer</i> pada Bentuk Huruf <i>R</i>	48
Gambar 4.27. Hasil Pengujian Bentuk Huruf <i>R</i>	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Bagian utama <i>CX-Programmer</i>	11
Tabel 3.1. Perancangan <i>Input</i> PLC Omron CP1E	24
Tabel 3.2. Perancangan <i>Output</i> PLC Omron CP1E	25
Tabel 4.1. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pola OFF Bergeser	37
Tabel 4.2. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pola 2 Segitiga	38
Tabel 4.3. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pola ON Bergeser.....	39
Tabel 4.4. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pola Papan Catur	40
Tabel 4.5. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pola Geser Kanan Kiri.....	41
Tabel 4.6. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pengujian Objek Huruf U.....	43
Tabel 4.7. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pengujian Objek Huruf N.....	44
Tabel 4.8. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pengujian Objek Huruf M	45
Tabel 4.9. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pengujian Objek Huruf E	47
Tabel 4.10. Data <i>Timer</i> dan <i>Pressure</i> Pengujian Objek Huruf R.....	48