

## MODIFIKASI DAN PENAMBAHAN METODE FUZZY LOGIC CONTROLLER(FLC) PADA PROSES FILLING MESIN COMPACT 3 IN 1 CUP SEALER

Muhammad Hizbullathif<sup>1</sup>, Ii Munadhif<sup>2</sup>, Muhammad Anis Mustaghfirin<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
E-mail: muhammadhizbullathif@student.ppns.ac.id

### Abstrak

Mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer* merupakan inovasi mesin pengemas minuman dalam kemasan gelas otomatis. Mesin ini memiliki 3 tahap proses, yaitu *filling* (mengisi), *sealing* (menyegel/menutup), dan *packaging* (mengemas). Pada proses pengisian air masih didapati air yang meluap saat gelas penuh, selain mengalami kerugian materi, tumpahan air juga akan mengotori produk dan mesin terutama untuk produk berwarna dan berperisa. Kondisi tersebut tidak dapat dipungkiri dikarenakan masih menerapkan bantuan timer dalam mengontrol valve. Tujuan dari penelitian yaitu meningkatkan kualitas dari proses *filling* pada mesin dengan meniadakan air yang meluap, maka dari itu dilakukan “modifikasi dan penambahan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC) pada proses *filling* mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer*”. Sistem menggunakan *input sensor* jarak ultrasonik dan *water flow sensor* yang kemudian diolah menggunakan metode pengendalian FLC menghasilkan *output* berupa sudut bukaan pada *control valve*. Pada penerapan *fuzzy logic* pada sistem ini *output* menyimpang sebesar 0,534%. Untuk *time response* yang dihasilkan pada kondisi tangki penuh, terisi setengah dan surut secara berurutan 2,214 detik, 3,023 detik dan 3,249 detik untuk mengisi air dari kosong hingga penuh.

**Kata Kunci:** Proses *Filling*, FLC, *Control Valve*, Sensor Ultrasonik, *Water Flow Sensor*.

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer* merupakan hasil dari inovasi tim PPNS pada program Calon Perusahaan Pemula Berbasis Teknologi (CPPBT) Tahun 2018. Inovasi ini muncul untuk mengatasi kurang meratanya pelaku usaha minuman kemasan. Perlu diketahui sektor usaha ini didominasi pengusaha besar, khususnya perusahaan multinasional yang masih mendominasi usaha ini. Industri minuman kemasan untuk pasar dalam negeri pun masih didominasi oleh perusahaan besar bahkan perusahaan asing. Sementara itu, UKM dan Koperasi yang terlibat dalam industri minuman kemasan sebenarnya sangat banyak bahkan mencapai 99,5%, tetapi produk UKM ini hanya memenuhi 15% dari total kebutuhan Nasional.. Rendahnya volume produksi tersebut diantaranya dikarenakan mahalnya peralatan untuk pengemasan minuman dengan kapasitas besar.

Dalam aspek harga telah diatasi dengan inovasi dari tim PPNS ini, ditambah untuk mesin sejenis di kelas menengah ke bawah

memberikan fitur *packaging* adalah nilai lebih. Namun dari berbagai kelebihan yang ada, didapati bagian yang kurang efisien yaitu pada sub-proses *filling* tepatnya saat pengisian air yang masih mengandalkan *solenoid valve* dan *timer*, sehingga dipastikan terdapat air yang tumpah. Maka dari itu dalam tugas akhir ini *solenoid valve* akan digantikan *control valve*. Pemilihan *control valve* karena memiliki kemampuan dalam mengatur proses (L. Zhang et.al, 2012). Proses yang akan dikendalikan pada tugas akhir ini berupa *flow* yang berarti aliran atau debit air.

Pengaturan debit air bisa dijadikan solusi dalam pengisian air untuk meminimalisir air yang tumpah. Dengan menerapkan metode *fuzzy logic control* (FLC) pengendalian *control valve* secara otomatis dapat dilakukan cukup dengan memberikan *input* jarak dan debit air.

#### 1.2 Tujuan

Dari rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengendalikan debit air menggunakan *control valve* dan mengendalikan proses pengisian air

pada gelas menggunakan modul mikrokontroler Arduino Mega 2560.

2. Mengendalikan *control valve* menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dengan *input waterflow sensor*, dan sensor ultrasonik dan mengetahui tingkat keakuratan pada proses pengisian air pada gelas.

### 1.3 Batasan Masalah

1. Sistem yang diaplikasikan dalam bentuk *prototype*.
2. Tidak membahas mekanika fluida yang mempengaruhi besar kecil aliran air.
3. Metode PLC yang digunakan adalah *fuzzy Sugeno*.
4. *Control valve* yang digunakan adalah *ball valve* yang digerakkan menggunakan Motor Servo.
5. Penelitian hanya berfokus pada proses pengisian air (*filling*) mesin *compact 3 in 1 cup sealer*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Fuzzy Logic Control (FLC)

FLC merupakan metode pengendalian yang didasarkan pada logika *fuzzy* (samar). Istilah Logika *Fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lofti A. Zadeh. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Kusumadewi, 2004).

### 2.2 Sensor

#### 2.2.1 Ultrasonic Sensor HC-SR04

Sensor Ultrasonic tergolong dalam kategori *proximity sensor* (sensor jarak) dengan prinsip kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik.

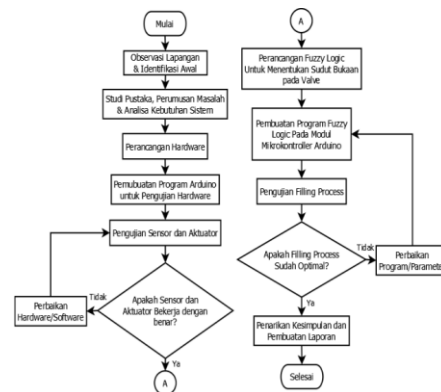
#### 2.2.2. Water Flow Sensor

*Water flow sensor* adalah sensor yang mempunyai fungsi sebagai penghitung debit air yang mengalir yang dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam nilai satuan Liter. Sensor ini terdiri dari beberapa bagian yaitu katup plastik, rotor air, dan sensor *hall effect*.

### 2.3 Control Valve

*Control valve* adalah komponen instrumentasi yang ada hampir diseluruh pabrik industri terutama di industri migas, kimia dan petro kimia, *control valve* mempunyai banyak sekali ragamnya, tetapi pada dasarnya fungsi *control valve* adalah sebagai perangkat untuk mengatur besaran proses, adapun yang dimaksud besaran proses adalah suatu keadaan yang dapat menunjukkan kondisi proses yang sedang beroperasi, misalnya tentang besaran aliran, tentang besaran tekanannya, tentang besaran suhunya, tentang ketinggian isi sebuah tangki, dan ada beberapa besaran lain yang bisa dikontrol dengan menggunakan *control valve*. (L. Zhang et.al, 2012).

### 2.4 Flowchart Diagram



Gambar 2.1 Flowchart Metodologi Penelitian

### 2.5 Observasi Lapangan

Observasi dilaksanakan langsung dengan melakukan pengamatan pada mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer*. Tujuan dari observasi ini untuk lebih memahami fungsi dari bagian proses pengisian air.

### 2.6 Identifikasi Awal

Pada tahap ini dilakukan klasifikasi masalah yang didapatkan dari observasi lapangan berupa pengamatan langsung terhadap mesin dan masukan dari pengembang. Didasari hasil masukan dan pengamatan pada mesin, timbul beberapa masalah yang teridentifikasi, yaitu:

1. Pada proses pengisian air, masih mengandalkan *solenoid valve* yang sangat bergantung pada *timer*.
2. Belum adanya sistem penanggulangan terjadinya *error* berupa gelas tidak terumpan ke dalam *bracket*, sehingga

jika tidak diawasi air akan tetap mengalir pada *bracket* yang kosong.

## 2.7 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan tujuan mencari referensi dalam penelitian sehingga ketika menyusun tugas akhir dapat diterapkan metode yang digunakan.

## 2.8 Perumusan Masalah

Setelah melakukan observasi lapangan dan studi pustaka maka dibuat perumusan masalah.

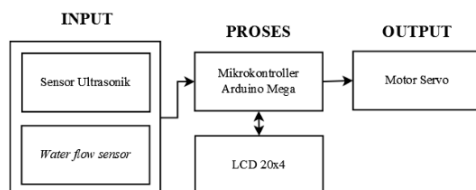
## 2.9 Analisa Kebutuhan Sistem

Setelah melakukan observasi, timbul beberapa rumusan masalah terkait kondisi saat ini dari proses *filling* mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer*. Terdapat beberapa kelemahan yang menimbulkan penurunan kualitas produk. Sehingga dengan adanya analisa kebutuhan sistem ini dapat mengidentifikasi apa saja yang kurang dari sistem yang ada sekarang. Dari analisa tersebut maka dibutuhkan beberapa komponen untuk memodifikasi mesin *Compact 3 in 1 Cup Sealer*. Berikut beberapa komponen yang dibutuhkan:

1. Arduino Mega 2560,
2. *Fuzzy Logic Control* (FLC),
3. *Control valve*

## 2.10 Perencanaan Sistem

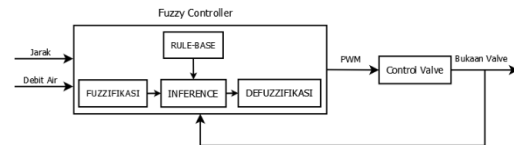
### 2.10.1 Diagram Fungsional Sistem



Gambar 2.2 Diagram Fungsional Sistem

Pada Gambar 2.2 dapat jelaskan bahwa saat terjadi proses pengisian air, sensor ultrasonik akan membaca jarak antara sensor dengan obyek yang ada dihadapannya. Sedangkan *water flow sensor* mendeteksi debit air yang melewati sensor. Hasil pembacaan masing – masing sensor diproses oleh Arduino Mega untuk dijadikan referensi dalam mengatur sudut pada motor servo yang berfungsi sebagai penggerak bukaan valve. LCD 20x4 akan menampilkan hasil pembacaan sensor dan pengendalian sudut motor servo.

### 2.10.2 Diagram Blok FLC pada sistem



Gambar 2.3 Diagram Blok Pengendalian FLC

Pada Gambar 2.3 menunjukkan proses pengendalian *fuzzy logic controller* pada sistem. Input masuk dilakukan proses fuzzifikasi, kemudian berdasarkan keanggotaan di mana *input* ditempatkan, dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan rule base yang telah dibuat. Kesimpulan yang masih berupa data *fuzzy* dilakukan proses defuzzifikasi sehingga hasil *output* keluar. Kemudian dilakukan konversi *output* dalam bentuk sinyal PWM sehingga motor servo dapat bergerak ke sudut yang dimaksud.

## 2.11 Perancangan Hardware

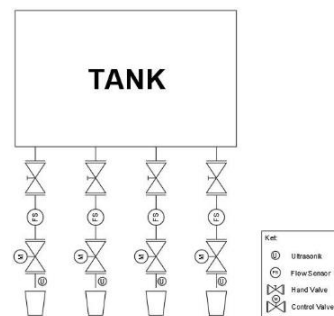
### 2.11.1 Perancangan I/O Arduino Mega 2560

Pada perancangan I/O ini terdiri atas beberapa komponen diantaranya:

1. Komponen *input*, komponen *input* terdiri atas:
  1. **Toogle Switch/ Saklar**
  2. **Potensimeter**
  3. **Sensor Ultrasonik**
  4. **Water flow sensor**
2. Komponen *output*, komponen *output* terdiri atas:
  1. **Motor Servo**
  2. **LCD 20x4**

### 2.11.2 Konfigurasi Valve dan Sensor

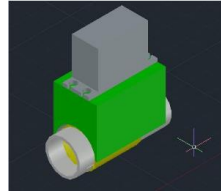
Pada gambar 2.4 akan ditunjukkan rancangan dari susunan *valve* beserta sensor pada proses pengisian air yang akan diterapkan selama tugas akhir ini.



Gambar 2.4 Konfigurasi Valve dan Sensor pada Proses Pengisian Air

### 2.11.3 Control Valve

Desain mekanik dari *control valve* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Desain Rancangan *Control Valve*

## 2.12 Perancangan Program

Dalam pengerjaan tugas akhir dibutuhkan beberapa program untuk keberlangsungan penelitian, diantaranya

### 2.12.1 Program Pengujian Sensor dan Aktuator

Berisi program untuk melakukan pembacaan sensor jarak ultrasonik dan sensor debit air. Program ini juga men-drive motor servo sehingga dapat bergerak pada sudut yang direncanakan dan memerintahkan lcd 20x4 untuk menampilkan pembacaan sensor dan posisi sudut motor servo.

#### 2.12.2 Program Fuzzy

Berisikan program pengendalian metode fuzzy logic controller. Dengan input yang didapat dari pembacaan sensor, logika fuzzy secara otomatis akan memerintahkan servo bergerak ke sudut yang dihasilkan.

#### 2.12.3 Program Utama

Merupakan perpaduan 2 program sebelumnya, jika diterapkan akan memberikan 2 mode pengendalian untuk mengisi air pada gelas, yaitu mode pengujian / manual dan mode otomatis yang menerapkan logika fuzzy.

## 2.13 Perancangan Logika Fuzzy

Pada tahapan ini dibuat rancangan logika fuzzy diantaranya adalah dimulai dengan tahap fuzzifikasi, inference atau ruled based menggunakan metode Takagi Segeno Kang (TSK) orde nol, dan terakhir defuzzifikasi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengerjaannya tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu perancangan hardware, perancangan software dan dilanjutkan dengan pengujian performa dari prototype.

### 3.1 Perancangan Prototype dan Hardware

Pada tahap ini dilakukan pembuatan prototype, terdapat 2 macam prototype disini, yaitu prototype plant dan prototype mekanik control valve. Setelah prototype selesai, dilanjutkan dengan perancangan dan

pemasangan hardware. Hardware yang digunakan di antaranya LCD 20x4, I2C, ultrasonic sensor, water flow sensor, motor servo, push button, saklar, dan Arduino.

### 3.2 Pembuatan Prototype

Prototype control valve dibangun dengan men-couple ball valve dengan motor servo. untuk men-couple valve dengan servo terdapat komponen tambahan yang terpasang pada valve sehingga rotasi servo dapat dikirim ke rotor valve. Kemudian pada salah satu penghubung valve terpasang plat baja yang terhubung dengan dudukan servo bertujuan untuk menahan gerakan dari badan valvedan servo, sehingga cukup rotor saja yang bergerak.

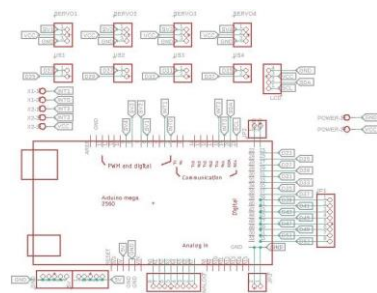
Untuk prototype plant dibuat dengan mempertimbangkan format desain dari plant yang sudah ada. Prototype plant terdiri dari tangki penampungan air dengan ukuran  $\pm 20\text{cm} \times 30\text{cm} \times 40\text{cm}$  yang ditopang oleh baja profil setinggi 65cm. Di bagian bawah tangki terhubung dengan 4 line untuk aliran air yang tersusun secara parallel. Di setiap line-nya akan tersusun oleh water flow sensor dan control valve secara seri. Gambar 3.1 di bawah ini adalah tampilan dari prototype.



Gambar 3.1 *Prototype* Tampak Depan dan Tampak Kiri

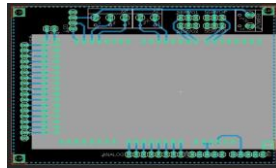
### 3.3 Pembuatan PCB

Setelah wiring dari keseluruhan hardware berhasil dirancang, dilanjutkan dengan pembuatan PCB. Pembuatan PCB dimulai dengan mendesain skematik rangkaian berdasarkan rancangan dari wiring hardware.



Gambar 3.2 Desain Skematik PCB

Setelah skematik rangkaian berhasil dibuat, maka dilanjutkan pendesainan dari Board PCB. Desain Board yang berhasil dibuat ditunjukkan sebagaimana pada Gambar 4.14



Gambar 3.3 Desain Board PCB

### 3.3.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor jarak ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan jarak oleh sensor yang diolah dengan bantuan Arduino Mega kemudian ditampilkan pada layar LCD 20x4 dengan pembacaan manual menggunakan mistar penggaris sebagai acuan data jarak yang sebenarnya. Variasi pengukuran dilakukan dengan cara memberikan tinggi permukaan air yang berbeda pada gelas mulai dari 0cm (gelas tanpa air) hingga 9cm (gelas penuh). Hasil pengujian dan persentase *error* ditampilkan pada Tabel 3.1 sampai dengan Tabel 3.4. Persentase error didapat dari persamaan di bawah:

$$\%error = \frac{|Sp - Su|}{Sp} * 100$$

Keterangan :

Sp = nilai jarak pengukuran menggunakan penggaris

Su = nilai jarak dari pengukuran sensor ultrasonik

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Jarak pada Line 1

No.	Tinggi Permukaan air pada gelas (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Pembacaan Penggaris (cm)		Error (%)
			Real	Pembulatan	
1	0	13	13,2	13	0
2	2	11	11,2	11	0
3	4	9	9	9	0
4	6	7	7,2	7	0
5	8	5	5,2	5	0
6	9	4	4,2	4	0
Error Rata- Rata					0

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Jarak pada Line 2

No.	Tinggi Permukaan air pada gelas (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Pembacaan Penggaris (cm)		Error (%)
			Real	Pembulatan	
1	0	13	13	13	0
2	2	11	11	11	0
3	4	9	8,8	9	0
4	6	7	7	7	0
5	8	5	5	5	0
6	9	4	4	4	0
Error Rata- Rata					0

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Jarak pada Line 3

No.	Tinggi Permukaan air pada gelas (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Pembacaan Penggaris (cm)		Error (%)
			Real	Pembulatan	
1	0	13	13,1	13	0

2	2	11	11,1	11	0
3	4	9	9	9	0
4	6	7	7,1	7	0
5	8	5	5,1	5	0
6	9	4	4,1	4	0
Error Rata- Rata					0

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Jarak pada Line 4

No.	Tinggi Permukaan air pada gelas (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Pembacaan Penggaris (cm)		Error (%)
			Real	Pembulatan	
1	0	13	13,2	13	0
2	2	11	11	11	0
3	4	9	9,2	9	0
4	6	7	7,3	7	0
5	8	5	5,2	5	0
6	9	4	4,2	4	0
Error Rata- Rata					0

### 3.3.2 Pengujian Water Flow Sensor

Pengujian pada *Water Flow Sensor* ini dimaksudkan untuk memperoleh data terkait besar nilai debit air yang dapat diperoleh pada *plant* ini. Nilai debit air maksimal yang keluar dari pengujian pada akan menjadi patokan dalam menyusun *Fuzzy Logic Controller*. Sebagai pertimbangan untuk mengetahui handal tidaknya sensor dalam melakukan pembacaan debit air, diberikan 3 kondisi tinggi permukaan air pada tangki sebagai berikut:

1. Penuh, tinggi permukaan air  $\pm 15$ cm,
2. Setengah tangki, tinggi permukaan air  $\pm 8$ cm,
3. Surut, tinggi permukaan air  $\pm 5$ cm.

Dengan asumsi teori tangki berlubang, kecepatan pancaran air akan semakin cepat dan debit air semakin besar dengan meningkatnya nilai dari tinggi permukaan terhadap lubang. Di bawah ini disajikan Tabel 3.5 hasil pengujian *water flow sensor* YF-B6.

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Debit Air

Kondisi Air pada Tangki	Line/saluran	Debit Max (L/menit)
Penuh (15 cm)	1	13
	2	13
	3	13
	4	13
Setengah (8 cm)	1	12
	2	12
	3	12
	4	12
Surut (5 cm)	1	10
	2	10
	3	10
	4	10

### 3.3.3 Respon Debit Air Terhadap Sudut Buka pada Control Valve

Pengujian dilakukan dengan cara menutup valve secara perlahan sembarimemantau debit yang mengalir dan posisi sudut *control valve* yang digerakkan oleh motor servo. Pengujian menggunakan *water flow sensor* sebagai pembaca debit air, potensiometer untuk

mengendalikan sudut bukaan pada *valve* dan LCD 20x4 sebagai sarana untuk memantau 2 variabel tersebut.

Tabel 3.6 Perbandingan Sudut pada *Valve* Terhadap Debit yang Mengalir

Debit (L/menit)	Rentang Sudut (°)			
	L1	L2	L3	L4
12,12	0 – 34	0 – 35	0 – 37	0 – 37
10,60	35 – 43	36 – 44	38 – 45	38 – 45
9,09	44 – 48	45 – 49	46 – 50	46 – 50
7,58	49 – 53	50 – 54	51 – 55	51 – 55
6,06	54 – 57	55 – 59	56 – 60	56 – 60
4,54	58 – 61	60 – 63	61 – 66	61 – 66
3,03	62 – 68	64 – 70	67 – 72	67 – 72
1,51	69 – 73	71 – 74	73 – 78	73 – 78
0	74 – 90	75 – 90	79 – 90	79 – 90

### 3.3.4 Pengujian Waktu Respon Pengisian Air dengan Bukaan *Valve* yang ditentukan

Pengujian ini ditujukan untuk melihat berapa lama waktu respon pengisian air dengan bukaan *valve* yang ditentukan. Variasi bukaan *valve* yang digunakan sebanyak 4 variasi, yaitu bukaan dengan sudut 0°, 30°, 45° dan 60° dilakukan pada kondisi tangki terisi penuh (ketinggian 15cm). Berikut data hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Waktu Respon Pengisian Gelas dengan Bukaan *Valve* yang ditentukan

Percobaan ke-	Waktu Respon (detik)			
	Sudut 0°	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
1	1,953	2,37	5,866	12,483
2	1,509	2,686	6,189	12,279
3	1,816	2,669	6,044	11,967
4	1,521	2,245	6,209	11,958
5	1,666	2,53	6,177	12,181
6	1,525	2,801	6,186	12,401
7	1,517	2,708	5,919	12,610
8	1,592	2,512	6,018	12,349
9	1,674	2,809	5,908	12,350
10	1,525	2,814	5,912	12,241
Waktu Respon Rata-Rata (detik)	1,6298	2,6144	6,0428	12,2819

### 3.4 Perancangan *Software*

Pada perancangan *software* dimulai dari merancang *flowchart diagram* pengendalian sistem. Sebelum melakukan pemrograman pada modul mikrokontroler Arduino Mega, langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu membuat simulasi *Fuzzy Logic Controller* sebagai metode dalam pengendalian sistem. Dalam memprogram modul Arduino Mega, *software* yang digunakan adalah Arduino IDE. Perancangan *software* pada Tugas Akhir ini meliputi:

1. *Flowchart* Pengendalian Sistem,
2. Perancangan Metode *Fuzzy Logic Controller*,

### 3.5 Pengujian *Software*

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pada sistem yang telah dibuat menggunakan *toolboc fuzzy* Matlab 2014a. Nilai *output* yang dihasilkan oleh aplikasi *toolbox* Matlab berdasarkan *input* yang diberikan kemudian diolah di dalam *rule fuzzy*. Setelah nilai *input* diberikan dalam *toolbox* Matlab, kemudian akan tampil nilai *output* yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy*.

### 3.6 Kecepatan Produksi

Pengimplemntasian *prototype* pada mesin dengan kondisi saat ini jika dikalkulasikan dapat menghasilkan ± 136,4 karton per jam dengan karton berisi 48 gelas. Angka tersebut dihasilkan dengan perhitungan kasar seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyak Karton yang diproduksi} &= \frac{\text{Lama produksi} \times \text{Jumlah line}}{\text{waktu pengisian} \times 48} \\ &= \frac{3600 \times 4}{2,2 \times 48} \\ &= 136,36 \approx 136,4 \end{aligned}$$

Dimana lama waktu produksi adalah 3600 detik (1 jam), jumlah *line* untuk sekali proses pengisian yaitu 4 saluran. 2,2 detik adalah waktu pengisian paling cepat yang didapat dari Tabel 3.7 (2,214 detik ≈ 2,2 detik), dan setiap karton berisi 48 gelas.

## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pengujian pada *prototype* Tugas Akhir yang dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Besar debit air yang mengalir dapat dikendalikan dengan mengatur besar bukaan pada *control valve*. Di mana perubahan debit dari 12,12 L/menit ke 10,60 L/menit membutuhkan perubahan sudut rata – rata yang paling besar, yaitu 35,75°.
2. Pada sistem pengendalian pengisian air pada gelas kemasan menggunakan modul mikroroller Arduino Mega 2560 telah bekerja dengan baik di mana semua *valve* telah menutup sebelum air pada gelas meluap.
3. Pada implementasi sistem pengendalian bukaan pada *control valve* menggunakan metode *fuzzy logic controller* dengan 4 fungsi keanggotaan pada input jarak, 3 fungsi keanggotaan pada input debit air dan 6 fungsi keanggotaan pada output serta menggunakan 12 *rule base fuzzy*, sistem berjalan dengan baik. Metode pengendalian *fuzzy logic*

*controller* yang diterapkan pada *prototype* memberikan *time response* rata – rata 2,214 detik pada kondisi tangki penuh, 3,023 detik pada saat tangki setengah terisi dan 3,249 detik disaat tangki dalam kondisi surut.

4. Tingkat keakuratan pada proses pengisian air pada gelas kemasan sudah termasuk baik, yaitu tidak didapati air yang tumpah selama dilakukan pengujian. Disaat memberikan gangguan berupa menghilangkan 1 gelas atau lebih, sistem juga merespon dengan baik dengan tidak melakukan pengisian pada *line* yang tidak didapati gelas di bawahnya. Namun dibalik keunggulan tersebut, masih terdapat kendala pada *prototype* yang dibuat, volume air yang dituangkan ke dalam gelas masih belum stabil hal ini terlihat pada tinggi permukaan air pada gelas berbeda – beda dari percobaan satu dengan percobaan yang lain. Ketidakstabilan ini dikarenakan belum mempertimbangkan volume yang dialirkan dan hanya bergantung pada sensor jarak ultrasonik dalam menentukan gelas berada pada kondisi penuh.

*Logika Fuzzy Model Mamdani Pada Motor DC*. Jurnal Masyarakat Informatika, 2(3), 27-38.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Kusumadewi, Sri. 2002. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- L. Zhang. dkk. 2012. *Physical-Based Modeling of Nonlinearities in Process Control Valves*. International Conference on Control Engineering and Communication Technology, Liaoning, 2012, pp. 75-78.
- Mustaghfirin, M. Anis, dkk. 2018. *Mesin Compact 3 in 1 Cup Sealer; Pengisi, Penutup dan Pengemas Gelas Minuman dalam Karton*. Laporan Pelaksanaan Kegiatan CPPBT.
- Nasution, H. 2012. *Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan*. ELKHA: Jurnal Teknik Elektro, 4(2).  
[doi:http://dx.doi.org/10.26418/elkha.v4i2.512](http://dx.doi.org/10.26418/elkha.v4i2.512)
- Sutikno, I. Waspada. 2011. *Perbandingan Metode Defuzzifikasi Sistem Kendali*