

Aplikasi Sistem Kendali Fuzzy pada Proses Mixer Yoghurt

Luky Cahyani, Edi Sulistio Budi, Hari Kurnia Safitri

Abstrak - Yoghurt merupakan hasil olahan susu fermentasi yang diminati oleh sebagian masyarakat di Indonesia. Proses pembuatan yoghurt pada umumnya masih dilakukan secara manual seperti memasak diatas kompor dan pengecekan suhu manual dengan thermometer serta cara pengadukan yang masih manual dilihat dari proses pembuatan yoghurt. Kedua hal tersebut sangat penting untuk menghasilkan produk dengan hasil optimal. Pada penelitian ini, dibuat alat mixer yoghurt dengan pengontrol kecepatan putaran motor. Kontrol *Fuzzy* merupakan kontroller untuk menentukan kestabilan suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Kontrol *Fuzzy* ini menggunakan *rule base* sebanyak 9. Pembuatan alat ini bekerja dengan menggunakan mikrokontroler ATmega32 untuk pengendali I/O dari sistem perancangan alat ini yang dapat menghasilkan PWM. *Rotary Encoder* yang digunakan dalam proses mendeteksi kecepatan putaran motor. Motor DC digunakan sebagai *mixer yoghurt* dan juga terdapat alat tambahan, misalnya *keypad* dan LCD. Pada tahap pengujian dengan beban dengan set-point 30 rpm, 35 rpm, dan 40 rpm didapatkan *error* sebesar 2,85 % – 5 %.

Kata Kunci – Alat pembuat *yoghurt*, *mixer yoghurt*, kontrol *Fuzzy*

I. PENDAHULUAN

Yogurt merupakan salah satu produk susu fermentasi yang telah lama dikenal dan mempunyai rasa asam yang spesifik. Peningkatan keasaman membuat yogurt menjadi padat. Yogurt mengandung bakteri yang masih hidup, namun ada pula yang sudah di pasteurisasi. Fermentasi susu karena mikroorganisme sulit tumbuh pada suasana asam dan kondisi kental. Mengatakan bahwa susu fermentasi adalah susu yang berbentuk semi padat dari hasil fermentasi oleh kultur *Lactobacillus bulgaricus* dan

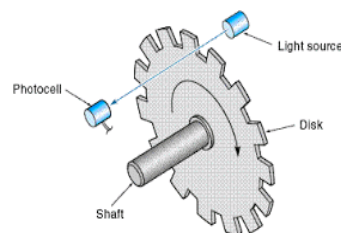
Stepcoccus Thermophilus atau penggunaan salah satu kultur saja. Proses pembuatan yogurt di Indonesia pada umumnya masih menggunakan alat yang sederhana. Proses produksi secara manual memungkinkan hasil produk yoghurt yang kurang maksimal, baik dari segi efisiensi waktu dan hasil dari pembuatan yoghurt. Misalnya pada proses pengadukan merupakan salah satu tahapan yang penting untuk faktor – faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari pembuatan

yoghurt. Faktor tersebut yaitu pengadukan manual saat pembuatan yoghurt. Pengadukan yang tidak stabil pada pembuatan yoghurt akan mengakibatkan fermentasi susu terjadi pengendapan yang akan mengakibatkan hangus dan menimbulkan gelembung – gelembung di permukaan yoghurt.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor Kecepatan Rotary Encoder

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis (*disc*) yang memiliki lubang-lubang yang terdapat pada piringan tersebut. Setelah itu akan ditempatkan LED (*light source*) pada salah satu sisi piringan. Hal ini akan membuat cahaya masuk menuju piringan. Kemudian disisi lain dari piringan ini diletakan photo - transistor (*photocell*) yang bertujuan untuk mendeteksi cahaya LED yang berseberangan. Piringan tipis ini yang nantinya akan dikopel dengan poros motor (*shaft*) ataupun divais berputar lainnya yang ingin di ketahui posisinya, hal ini akan membuat piringan berputar ketika motor tersebut berputar. Apabila cahaya yang berasal dari LED mencapai photo-transistor, maka photo-transistor itu akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi.



Gambar 1 Prinsip Kerja Sensor *Rotary Encoder*

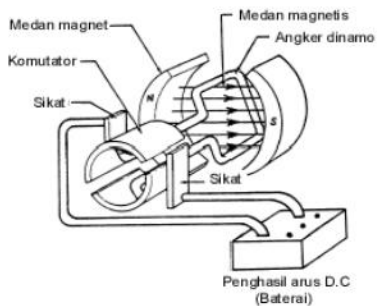
2.2. Motor DC

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Motor DC memerlukan supply tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi

Luky Cahyani adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang

Edi Sulistio dan Hari Kurnia S adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email : edisb@polinema.ac.id, hari.kurnia@polinema.ac.id

energi mekanik kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar) jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak – balik.



Gambar 2 Konstruksi Motor DC

2.3. Mikrokontroler ATmega32

ATmega32 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit berkemampuan tinggi dengan daya yang rendah, dan memiliki 32 x 8 general purpose working register. Kecepatan eksekusi program yang dimiliki ATmega32 lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 clock dengan arsitektur RISC hampir mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz. Memori data dan program yang tidak mudah hilang (*Nonvolatile Program and Data Memories*) dengan Pemrograman Flash memiliki kapasitas 8K Bytes, dan memiliki daya tahan 10000 siklus tulis/hapus program. Fasilitas timer / counter yang ada pada mikrokontroler ini terdiri dari dua buah. *Timer / counter* 8 bit dan satu buah *timer / counter* 16 bit. Fitur-fitur tersebut adalah fitur-fitur yang digunakan dalam proyek akhir ini. Fitur-fitur lainnya yang disediakan ATmega32 adalah adanya 4 kanal PWM, 6 kanal ADC 10 bit, pemrograman serial USART, On-chip Analog Comparator, dan interrupt.

PDIP	
(XCK/T0) PB0	1
(T1) PB1	2
(INT2/AN0) PB2	3
(OC0/AIN1) PB3	4
(SS) PB4	5
(MOSI) PB5	6
(MISO) PB6	7
(SCK) PB7	8
RESET	9
VCC	10
GND	11
XTAL2	12
XTAL1	13
(RXD) PD0	14
(TXD) PD1	15
(INT0) PD2	16
(INT1) PD3	17
(OC1B) PD4	18
(OC1A) PD5	19
(ICP1) PD6	20
PA0 (ADC0)	31
PA1 (ADC1)	32
PA2 (ADC2)	33
PA3 (ADC3)	34
PA4 (ADC4)	35
PA5 (ADC5)	36
PA6 (ADC6)	37
PA7 (ADC7)	38
AREF	39
GND	40
AVCC	41
PC7 (TOSC2)	42
PC6 (TOSC1)	43
PC5 (TDI)	44
PC4 (TDO)	45
PC3 (TMS)	46
PC2 (TCK)	47
PC1 (SDA)	48
PC0 (SCL)	49
PD7 (OC2)	50

Gambar 3 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega32

2.4. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cara tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Teknik ini menggunakan teori matematis himpunan fuzzy. Logika fuzzy berhubungan dengan ketidakpastian yang telah menjadi sifat alamiah manusia [18].

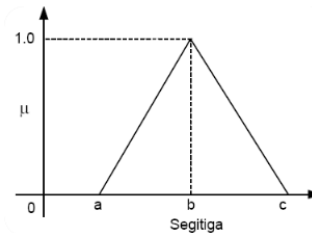
2.4.1. Keanggotaan Fuzzy

Keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaanya yang

memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melakukan pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan yang sering digunakan pada logika fuzzy, antara lain .

1. Representasi segitiga (*triangular*)

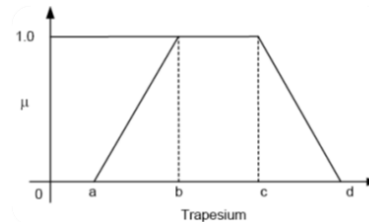
Representasi segitiga (*triangular*) memiliki parameter a, b, dan c dengan formula sebagai berikut:



Gambar 4 Representasi Segitiga

2. Representasi Trapesium

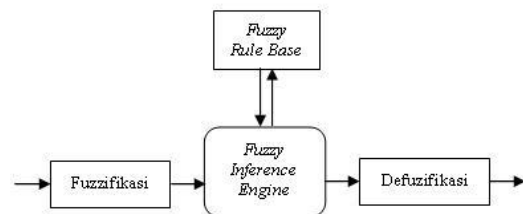
Representasi trapesium memiliki parameter a, b, c, dan d dengan formula sebagai berikut:



Gambar 5 Representasi Trapesium

2.4.2. Dasar Logika Fuzzy

Struktur dasar sistem fuzzy dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6 Struktur Dasar Sistem Fuzzy

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel fuzzy, ini ditujukan agar masukan kontroler fuzzy bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan fuzzy.

2. Fuzzy Rule Base

Merupakan kaidah dasar yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang menunjukkan kepakaran terhadap plant.

3. Interferensi Fuzzy Logic

Interferensi fuzzy adalah sebuah proses formulasi pemetaan masukan terhadap keluaran dengan menggunakan logika fuzzy. Proses dari inferensi fuzzy melibatkan fungsi keanggotaan operator logika fuzzy, dan aturan IF-THEN.

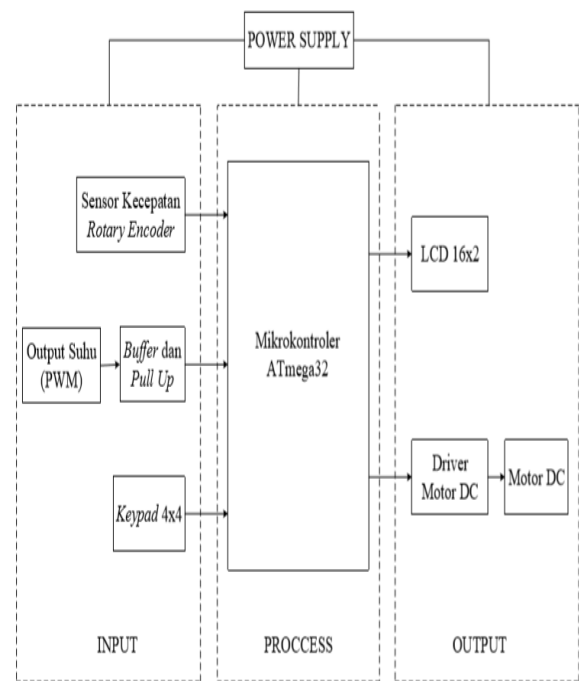
4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan cara untuk mendapatkan nilai tegas dari nilai fuzzy secara representatif. Secara mendasar defuzzifikasi adalah pemetaan dari ruang aksi kendali fuzzy yang didefinisikan dalam semesta pembicaraan keluaran ke dalam ruang aksi kendali nyata (non fuzzy). Proses ini berfungsi untuk menentukan suatu nilai crisp output.

III. METODOLOGI

3.1 Prinsip Kerja Alat

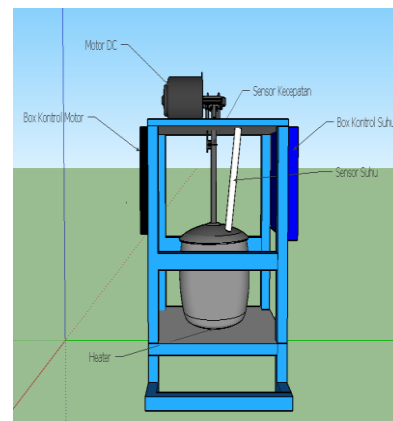
Prinsip kerja dari aplikasi sistem kendali fuzzy pada proses mixer yoghurt yaitu mengontrol kecepatan putaran motor DC pada pembuatan yoghurt. Langkah pertama yaitu susu segar dalam bentuk es dimasukkan terlebih dahulu ke dalam wadah pembuatan yoghurt. Setelah itu proses fermentasi susu menjadi yoghurt di mulai dengan memasukkan nilai set-point kecepatan putaran mixer yoghurt yang dikehendaki dengan media keypad 4 x 4 (set- point 30 rpm, 35 rpm, dan 40 rpm). Selanjutnya, saat nilai set-point tersebut telah dimasukkan maka mikrokontroler akan mengolah data dengan membandingkan pembacaan variable kecepatan putaran motor DC pada *mixer yoghurt* oleh sensor kecepatan rotary encoder dengan nilai masukan pada set-point. Maka perbandingan tersebut akan menghasilkan *error* yang membuat mikrokontroler memerintah motor DC untuk mempercepat atau mengurangi kecepatan putaran. Motor DC akan membuat *mixer yoghurt* berputar sesuai dengan *set-point*. Kontrol *Fuzzy* digunakan untuk mengontrol putaran motor DC pada *mixer yoghurt* berdasarkan set-point yang diinginkan. Display LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan masukan set-point yang diinginkan dan kecepatan putaran motor DC yang dihasilkan. Kecepatan putaran motor DC yang berubah secara otomatis dengan kontrol *fuzzy* dapat diketahui melalui sensor kecepatan rotary encoder yang telah terukur. Untuk proses berhentinya *mixer yoghurt* dibantu dengan logika pada kontrol suhu yang terhubung dengan kontrol *mixer yoghurt* atau dapat dilakukan secara manual dengan saklar ON/OFF.



Gambar 7 Blok Diagram Sistem

3.2 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

Perancangan dan pembuatan mekanik pada *mixer yoghurt* terdiri dari rangka yang terbuat dari *aluminium* berwarna biru, wadah *yoghurt* yang terbuat dari *stainless steel* berwarna *metallic silver* dengan kapasitas 5 liter, motor DC yang terpasang pada mengaduk dan sensor pada tuas pengaduk.



Gambar 8 Perancangan Mekanik

Pada perancangan alat *mixer yoghurt* memiliki beberapa spesifikasi, yaitu :

1. Spesifikasi Mekanik

a. Spesifikasi Mekanik Keseluruhan

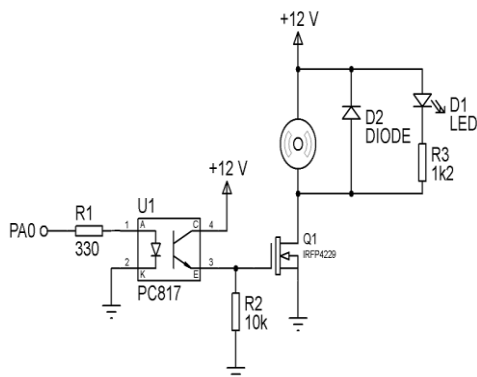
- Bahan = Aluminium
- Panjang = 35 cm
- Lebar = 35 cm
- Tinggi = 70 cm

b. Spesifikasi tangka

- Bahan = Stainless Steel
- Kapasitas = 5 liter

- Diameter = 26 cm
 - Tinggi = 15 cm
 - c. Spesifikasi pengaduk
 - Tinggi = 50 cm
 - Diameter = 20 cm
 - d. Spesifikasi box kontrol
 - Panjang = 30 cm
 - Lebar = 20 cm
 - Tinggi = 10 cm
2. Spesifikasi elektronik
- a. Aktuator = Motor DC (30rpm, 35 rpm, dan 40 rpm yang terkontrol)
 - b. Sensor = Sensor Kecepatan *Rotary Encoder*
 - c. Display = LCD 16x2
 - d. Processor = Mikrokontroler ATmega32
 - e. Driver Motor DC
 - f. Keypad 4x4
 - g. Buffer dan Pull Up
3. Source = 220 Vac

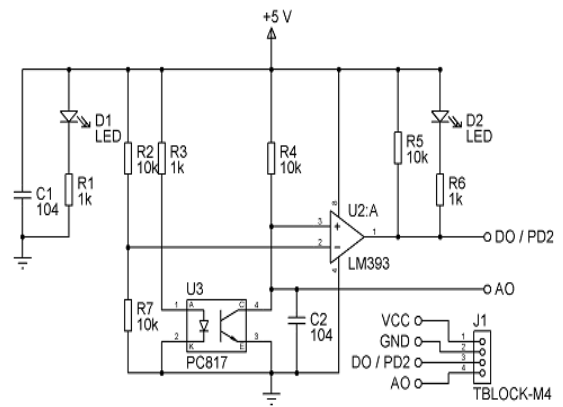
3.3 Perancangan Rangkaian Elektronik
3.3.1 Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 9 Rangkaian Driver Motor DC

Motor DC yang digunakan memiliki tegangan sumber 12 VDC. Sehingga harus dikuatkan melalui *driver* mosfet, mosfet yang digunakan yaitu mosfet tipe IRL4229. Mosfet ini berfungsi sebagai saklar yaitu apabila kaki *gate* mendapatkan sinyal masukan dari mikrokontroler ATmega32 maka akan *ON*. Kaki *drain* mosfet dihubungkan pada tegangan 12 VDC dan kaki *source* mosfet dihubungkan dengan ground. Pada rangkaian *driver* ini digunakan *Optocoupler* PC817 sebagai pemicu mosfet sekaligus sebagai pengaman antara ATmega32 dan mosfet sehingga ATmega32 terhindar dari kerusakan. Selain itu, pemasangan dioda bertujuan sebagai pengaman arus balik agar tidak mempengaruhi kinerja mosfet.

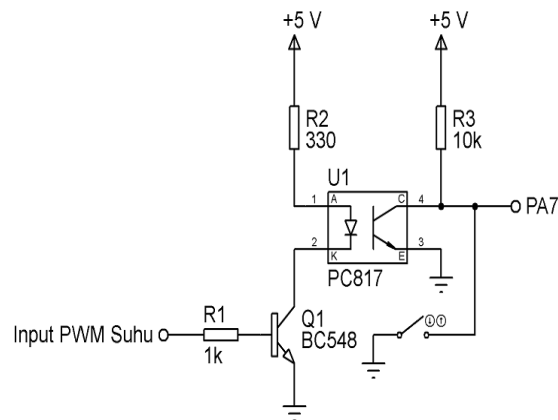
3.3.2 Rangkaian Modul Sensor Kecepatan *Rotary Encoder*



Gambar 10 Rangkaian Sensor Kecepatan *Rotary Encoder*

Pembacaan yang dilakukan oleh sensor kecepatan *rotary encoder* tiap satu putaran penuh pada kondisi logika *toggle* (0 / 1). Pembacaan akan berlogika “0” apabila cahaya LED yang dipancarkan *transmitter* terhalang oleh oleh *rotary disc*, sedangkan akan berlogika “1” jika cahaya diteruskan melalui lubang pada *rotary disc* dan diterima oleh *receiver*. Logika output “0” memiliki tegangan input 0 - 5 V dan logika output “1” memiliki tegangan input 3 – 5 V.

3.3.3 Rangkaian *Buffer* dan *Pull Up*



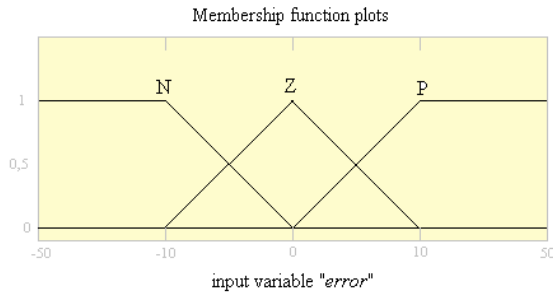
Gambar 11 Rangkaian *Buffer* dan *Pull Up*

Pada alat *mixer yoghurt* ini menggunakan rangkaian *buffer* dan *pull up* yang berfungsi sebagai *input* yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem. Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa rangkaian tersebut mempunyai 6 pin yaitu 2 VCC, 2 GND, dan 2 data yang terhubung pada pin mikrokontroler ATmega32. Pada perancangan ini membutuhkan tegangan sebesar 5 volt.

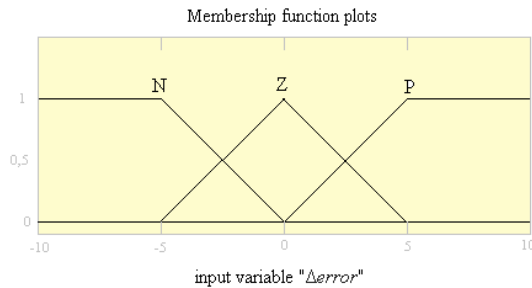
3.4 Perancangan dan Pembuatan Kontrol Logika *Fuzzy*

Pada perancangan dan pembuatan kontrol logika *fuzzy*, yaitu kontrol untuk kecepatan putaran motor DC. Terdiri dari dua masukan dan satu keluaran. Dua masukan tersebut adalah nilai *error* (e) dan nilai $\Delta error$ (Δe). Keluaran PWM untuk kontrol kecepatan putaran motor DC berfungsi menggerakkan *mixer yoghurt* agar berputar sesuai dengan *set-*

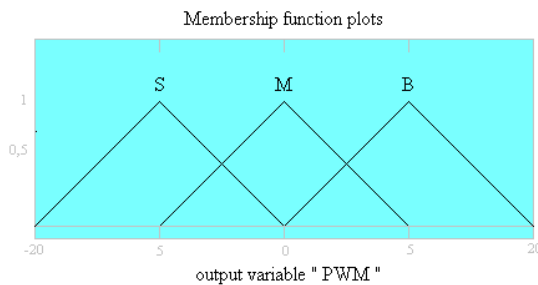
point.



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Input Error



Gambar 13 Fungsi Keanggotaan Input ΔError



Gambar 14 Fungsi Keanggotaan Keluaran PWM

3.4.1 Perancangan Rule Base

Fuzzy rule base berisi pernyataan - pernyataan logika fuzzy berbentuk format tabular yang menyatakan pernyataan kondisi. Penyusunan fuzzy rule base ini sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh plant. Berikut adalah fuzzy rule base yang dapat dibentuk dengan menggunakan format tabular :

Tabel 1 Fuzzy Rule Base

Δe \ e	N	Z	P
N	S	M	M
Z	S	M	B
P	M	M	B

Keterangan :

- N = Negatif
- Z = Zero
- P = Positif
- S = Small
- M = Medium
- B = Big

Penjelasan dari aturan logika fuzzy pada tabel diatas adalah sebagai berikut :

1. Jika input error adalah N dan input Δerror adalah N, maka outputnya S
2. Jika input error adalah N dan input Δerror adalah Z, maka outputnya M
3. Jika input error adalah N dan input Δerror adalah P, maka outputnya M
4. Jika input error adalah Z dan input Δerror adalah N, maka outputnya S
5. Jika input error adalah Z dan input Δerror adalah Z, maka outputnya M
6. Jika input error adalah Z dan input Δerror adalah P, maka outputnya B
7. Jika input error adalah P dan input Δerror adalah N, maka outputnya M
8. Jika input error adalah P dan input Δerror adalah Z, maka outputnya M
9. Jika input error adalah P dan input Δerror adalah P, maka outputnya B

3.4.2 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah suatu proses untuk merubah fuzzy output menjadi crisp output. Hasil dari defuzzifikasi ini yang akan menentukan besarnya PWM yang berpengaruh terhadap besarnya putaran motor DC. Pada perancangan penelitian ini digunakan inferensi fuzzy dengan metode fuzzy Mamdani. Metode inferensi fuzzy Mamdani yang seringkali disebut metode Min – Max. Digunakan metode Min dengan mengambil nilai minimum dari aturan untuk memodifikasi daerah fuzzy. Metode Max digunakan setelah masuk rule di bagian output.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1. Pengujian Driver Motor DC

Tabel 2 Hasil Pengujian Driver Motor DC

PWM	Tegangan (Volt)
0	0
30	1,6
50	3,2
70	4,6
90	6
110	7,5
130	8,4
150	9,1
170	9,8
190	10
210	10,5
230	10,9
255	11,3

Dari hasil pengujian rangkaian driver motor DC ini dapat diketahui bahwa adanya drop tegangan yang cukup berarti pada motor DC. Misalnya pada nilai PWM 255, secara teori seharusnya tegangan yang terukur pada motor yaitu tegangan

maksimal 12 VDC, namun nilai tegangan yang terukur adalah 11,3 VDC. *Drop* tegangan yang terjadi disebabkan oleh konsumsi daya berlebih di komponen dalam motor, seperti pada kumparan dan hambatan dalamnya

4.2. Pengujian Sensor Kecepatan *Rotary Encoder*

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan *Rotary Encoder*

PWM	Sensor (rpm)	Tachometer (rpm)	Error (%)
0	0	0	0
20	0	0	0
30	10,62	10,54	0,759
40	18,42	18,39	0,163
50	27,9	28	0,357
60	37,74	37,5	0,64
70	47,50	47,7	0,419
80	58	57,8	0,346
90	72	71,7	0,418
100	85	84	1,190

Dari perhitungan *error* pada pengujian sensor kecepatan *rotary encoder* didapatkan *error* maksimal sebesar 1,190 % dan *error* minimal sebesar 0 %. *Error* dari hasil pengujian ini tidak cukup besar sehingga dapat ditoleransi dan tidak akan mengganggu kinerja sistem.

4.3. Pengujian *Buffer* dan *Pull Up Resistor*

Pengujian rangkaian *buffer* dan *pull up* dilakukan dengan cara memberikan logika (0 / 1) tekanan pada input masukan sehingga mendapatkan nilai output dengan logika yang sama sesuai dengan masukan. Berikut hasil pengujian dari rangkaian *buffer* dan *pull up* :

Tabel 4 Hasil Pengujian *Buffer* dan *Pull Up*

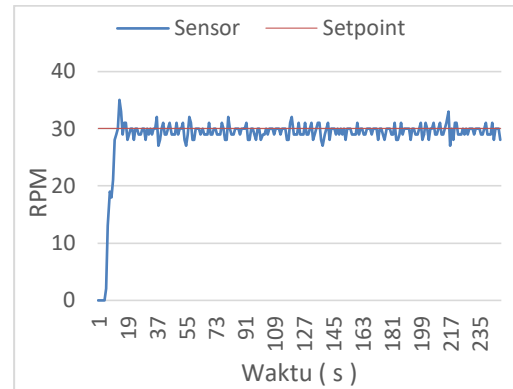
INPUT	OUTPUT
Logika “ 1 ”	Logika “ 1 ”
Logika “ 0 ”	Logika “ 0 ”

Berdasarkan pengujian, hasil pengujian rangkaian *buffer* dan *pull up* diatas dapat diketahui bahwa *buffer* dan *pull up* dapat dapat bekerja dengan baik.

4.4. Pengujian Kontrol Logika *Fuzzy*

Pengujian kontrol logika *fuzzy* untuk alat mixer yoghurt ini dilakukan dengan memasukkan setiap fungsi keanggotaan pada motor seperti yang telah dijelaskan pada perancangan logika fuzzy. Kemudian keanggotaan fungsi tersebut dibuat program yang akan dimasukkan pada mikrokontroler ATmega32 agar sistem alat mixer yoghurt dapat mencapai set-point yang diperlukan, serta dapat menganalisis respon sistem yang diberikan oleh kontrol logika *fuzzy*. Hal ini juga bertujuan untuk mengetahui metode ini dapat mengendalikan kecepatan putaran motor sesuai dengan set-point yang diberikan dengan baik, efektif serta efisien pada saat proses pembuatan yoghurt. Berikut hasil respon sistem pengujian kontrol logika *fuzzy* :

1. Kontrol Logika *Fuzzy Set-point* 30 rpm Tanpa Beban



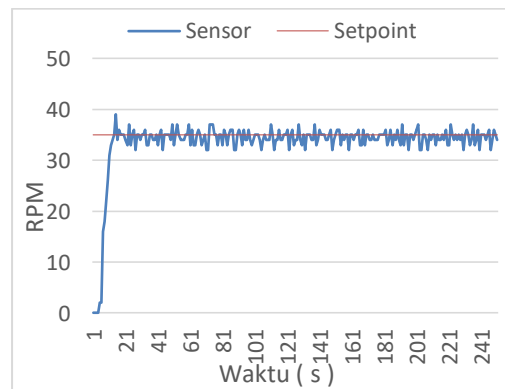
Gambar 15 Respon Sistem *Set-point* 30rpm Tanpa Beban

Diperoleh data:

- Rise time (tr) = 5,5 s
- Pick time (tp) = 7 s
- Settling time (ts) = 8,5 s
- Percent Overshoot (PO) = 16,6 %

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan 30 rpm tanpa beban, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 8,5 detik dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 35 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 30 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada *set-point* yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5%

2. Kontrol Logika *Fuzzy Set-point* 35 rpm Tanpa Beban



Gambar 16 Respon Sistem *Set-point* 35rpm Tanpa Beban

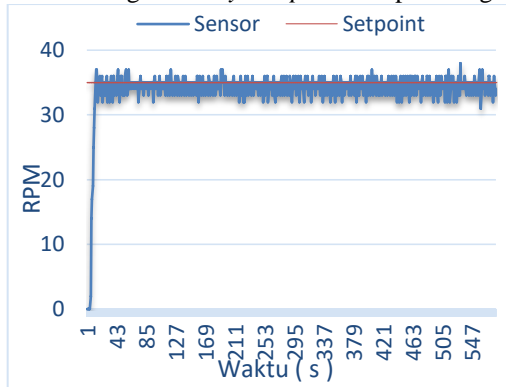
Diperoleh data:

- Rise time (tr) = 6 s
- Pick time (tp) = 7,5 s
- Settling time (ts) = 9 s
- Percent Overshoot (PO) = 11,4 %

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan 35 rpm tanpa beban, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 9 detik dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 39 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 35 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada

set-point yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5%

3. Kontrol Logika *Fuzzy Set-point* 35 rpm Dengan Beban



Gambar 17 Respon Sistem *Set-point* 35rpm Dengan Beban

Diperoleh data:

- Rise time (tr) = 6,5 s
- Pick time (tp) = 7,5s
- Settling time (ts) = 11 s
- Percent Overshoot (PO) = 5,7 %

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan 35 rpm dengan beban, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 11 detik dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 37 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 35 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada *set-point* yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5%

4.5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy* yaitu pengujian ini menggunakan kapasitas volume susu 5 Liter yang sudah dimasak dan didinginkan untuk pembuatan yoghurt dengan menggunakan *setpoint* 35 rpm dalam waktu 30 menit yang bertujuan untuk mengetahui pengadukan yang sesuai dengan hasil yoghurt yang optimal. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No.	Waktu (Menit)	Hasil
1.	10	
2.	20	

3.	30	
----	----	--

Berdasarkan hasil tabel pengujian di atas, setiap hasil tersebut memiliki karakteristik sendiri. Pada menit ke 10 mulai terbentuk gelembung tipis pada permukaan susu. Gelembung ini hanya muncul pada sebagian kecil area susu. Pada menit ke 20 mulai timbul gelembung-gelembung udara di permukaan susu. Pada menit ke 30 gelembung-gelembung udara yang semakin banyak dan susu terlihat memuai. *Error* yang didapatkan pada pengujian ini yaitu sebesar 2,85 %.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perancangan dan pengujian *hardware* yang telah dilakukan, *hardware* telah dibuat sesuai kebutuhan *mixer yoghurt*. Mulai dari rangkaian driver motor DC, sensor kecepatan *rotary encoder*, *buffer* dan *pull up* , LCD 16 x 2, *keypad* 4 x4 dan lain-lain telah bekerja sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh sistem, dapat diambil kesimpulan bahwa *mixer yoghurt* telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik, dengan mengontrol kecepatan motor metode *fuzzy*.
2. Dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy*, respon kecepatan motor *mixer yoghurt* yang dihasilkan dapat menstabilkan kecepatan yang diinginkan.
3. Berdasarkan hasil pengujian dengan beban, *mixer yoghurt* dalam penelitian ini didapatkan hasil yang baik ketika pengadukan dalam kecepatan 35 rpm, karena pembacaan respon sistem mempunyai *error* yang sedikit.

5.2. Saran

1. Dari segi mekanik, pada penutup wadah pembuatan *yoghurt* masih belum disediakan lubang input yang besar, hal tersebut menyebabkan proses memasukan bakteri asam laktat dan perasa pada *yoghurt* menjadi lama, karena harus memakai corong untuk memasukannya. Untuk pegangan wadah *yoghurt* masih menggunakan besi yang dapat menghantarkan panas jadi perlu adanya pegangan wadah *yoghurt* dari bahan plastik agar dapat bebas memindahkan wadah *yoghurt* tersebut.
2. Dari segi elektrik, perlu penggantian *heatsink* di irfp4229 pada *driver* motor DC karna menghasilkan panas yang berlebih dan juga harus memperhatikan estetika pengkabelan pada kabel yang tersambung dengan sensor kecepatan *rotary encoder* dan pada motor DC.
3. Dari segi *software*, perlu adanya metode kontrol lain sebagai perbandingan apakah metode baru yang digunakan lebih baik atau kurang baik dibandingkan

metode logika *fuzzy* yang digunakan pada sistem ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan respon yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardhika, Ryan. 2014. *Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Ekstraksi Madu Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*. Malang : Universitas Brawijaya
- [2] Dekrita, Berlianta Syiamora., Budi Setiyono., Sumardi. 2015. *Perancangan Plant Mesin Mixer Pelembut Dan Pewangi Pakaian Otomatis Menggunakan Kontrol Fuzzy Untuk Pengaturan Level Cairan Berbasis ATmega16*. Semarang : Universitas Diponegoro Semarang
- [3] Dinnullah, Riski Nur Istiqomah., Shafiq Nurdin. 2017. *Penerapan Mesin Pengaduk Yoghurt Sebagai Upaya Peningkatan Produksi*. Malang : Universitas Kanjuruhan Malang.
- [4] Febrianto, Teguh. 2012. *Rancang Bangun Alat Uji Kelayakan Pelumas Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler*. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- [5] Ginting, Elsegustri Pasaribu, Nurzainah. 2005. *Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan Lactobacillus Bulgaricus dan Streptococcus Thermophilus*. Medan : Universitas Sumatera Utara
- [6] Hafsah, Astriana. 2014. *Pengaruh Variasi Starter Terhadap Kualitas Yoghurt Susu Sapi*. Makassar : Universitas Islam Negeri Alauddin
- [7] Handayani, Gemy Nastity. 2014. *Pemanfaatan Susu Skim Sebagai Bahan Dasar Dalam Pembuatan Produk Olahan Makanan Tradisional Dangke Dengan Bantuan Bakteri Asam Laktat*. Makassar : Universitas Islam Negeri Alauddin
- [8] Hudaya, Chairul. 2008. *Motor DC*. Jakarta Pusat : Universitas Indonesia