

SISTEM KENDALI MIXER OTOMATIS DI INDUSTRI MAKANAN

AUTOMATIC MIXER CONTROL SYSTEM IN THE FOOD INDUSTRY

Aknesia Fransiska Saragih¹, Ir. Porman Pangaribuan, M.T.², Agung Surya Wibowo, ST., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Jalan Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹aknesiasaragih@student.telkomuniversity.ac.id, ²porman@telkomuniversity.ac.id,
³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Mixer adalah suatu alat elektro mekanik multiguna yang digunakan sebagai pengaduk bahan baku makanan, zat tertentu, dan berbagai jenis bahan baku lainnya. Penggunaan alat ini tentu tidak lepas dari sistem kendali. Namun sekarang ini *mixer* yang digunakan oleh masyarakat yang dijual di pasaran belum bersifat kendali umpan balik. Hal ini menyebabkan pengguna *mixer* membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih.

Sistem kendali pada tugas akhir ini menggunakan sistem pengendali dengan metode *fuzzy logic*. Metode ini terdiri dari tiga proses yaitu *fuzzyfication*, *fuzzy inference*, dan *defuzzyfication*. Mikrokontroler yang digunakan sebagai dasar pengendali adalah Arduino Uno. Penggunaan *fuzzy logic*, *limit switch* dan sensor *encoder* pada *mixer* ini bertujuan untuk membuat pengaduk berputar sesuai dengan hasil pembacaan dari sensor. Pergerakan kecepatan putar pengaduk dibantu oleh motor AC serta rangkaian TRIAC yang dirancang sebagai pengontrol.

Pada tugas akhir ini, alat *mixer* yang dirancang oleh penulis merupakan *mixer* berskala kecil dengan berat beban maksimal 3 Kg. Kecepatan putar alat *mixer* yang dirancang adalah dengan kecepatan konstan, yaitu 153 rps. Saat pengujian beban berupa 4 Kg tepung, diperoleh waktu 206 detik untuk mencapai *settling time* dengan nilai kecepatan 136,5 rps. Semakin berat beban bahan yang dicampur, maka semakin lama respon sistem mencapai *set point*.

Kata Kunci : *Mixer*, Rangkaian TRIAC, Motor AC, *Fuzzy Logic*, *Encoder*

Abstract

Mixer is a multipurpose electro-mechanical tool used as a stirrer of food raw materials, certain substances, and various other types of raw materials. The use of this tool certainly can not be separated from the control system. But now this *mixer* used by the community sold in the market has not been a control of feedback. This causes the user *mixer* requires more time and energy.

Control system in this final project using a control system with *fuzzy logic* method. This method consists of three processes: *fuzzyfication*, *fuzzy inference*, and *defuzzyfication*. The microcontroller used as the controlling base is Arduino Uno. The use of *fuzzy logic*, *limit switch* and sensor *encoder* in this *mixer* aims to make the stirrer rotate in accordance with the readings from the sensor. Movement of rotary speed of stirrer assisted by AC motor and TRIAC circuit designed as controller.

In this final project, the *mixer* tool designed by the writer is a small scale *mixer* with maximum weight of 3 Kg. The rotational speed of the designed *mixer* is at a constant speed of 153 rps. When testing the load of 4 kg of flour, obtained time 206 seconds to reach the *settling time* with a value of 136.5 rps. The heavier the load of the mixed material, the longer the system response reaches the *set point*.

Keywords : *Mixer*, TRIAC Circuit, AC Motor, *Fuzzy Logic*, *Encoder*

1. Pendahuluan

Dalam sebuah industri makanan, proses pencampuran (*mixing*) bahan - bahan mentah merupakan proses awal yang dilewati. Dibutuhkan *mixer* sebagai alat pengaduk dalam proses pencampuran bahan- bahan. Jenis alat *mixer* yang digunakan akan mempengaruhi kualitas dari hasil bahan - bahan yang dicampur.

Pencampuran (*mixing*) merupakan operasi yang bertujuan mengurangi perbedaan kondisi, suhu, atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan [1]. Secara umum kekurangan dari alat *mixer* yang biasa digunakan (yang dijual

di pasaran) adalah kecepatan pengaduk berputar tidak selalu konstan bila terjadi penambahan bahan ke dalam wadah pencampuran. Dalam penggunaannya, *mixer* bekerja dengan cara memutar bahan - bahan mentah melalui pemutar yang digerakkan oleh motor listrik.

Pengguna alat *mixer* secara umum biasanya mengalami keadaan di mana bahan- bahan yang dari awal pengadukan berada dalam kecepatan normal, tetapi keadaan bahan - bahan belum tercampur dengan baik dan merasa proses pengadukan terlalu lama. Sehingga pengguna alat *mixer* sering mengatur kembali tombol pemilih kecepatan putar pengaduk menjadi lebih cepat dari kecepatan sebelumnya atau sebaliknya. Namun cara tersebut tidak efektif dalam segi waktu dan mengakibatkan alat *mixer* menjadi cepat rusak atau mesin tidak bertahan lama.

Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini akan dibahas cara pengendalian kecepatan putar pengaduk pada *mixer* skala kecil dengan sistem *mixer* otomatis. Berat ataupun penambahan bahan - bahan yang dicampur dalam wadah *mixer*, tidak akan mempengaruhi kecepatan putar pengaduk yang konstan. Dengan menggunakan metode logika fuzzy akan memudahkan pengaduk *mixer* berputar sesuai dengan hasil yang diinginkan.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Konsep Cara Kerja Solusi

Berdasarkan rumusan masalah yang dijabarkan pada Bab I, alat yang menjadi solusi harus dapat bekerja sebagai berikut. Pengguna alat *mixer* memasukkan campuran bahan baku (bahan makanan) ke dalam wadah *mixer*. Kemudian hal pertama yang dilakukan oleh *limit switch* (dalam posisi di bawah wadah *mixer*) adalah mendeteksi ada atau tidaknya beban di dalam wadah. Proses kerja dari *limit switch* ini berfungsi sebagai tombol aktif (*start button*) pada alat atau sebagai penanda bahwa pengaduk dapat melakukan proses *mixing*. Hasil pengukuran dari *limit switch* ini kemudian akan digunakan untuk memprakirakan torsi yang perlu dihasilkan oleh motor, agar kecepatan pengaduk konstan sesuai *setting* awal pada *mixer*. Dari konsep di atas, maka sistem alat *mixer* yang akan diimplementasikan mempunyai masukan berupa kecepatan *reference* yang dari awal sudah ditentukan. *Setting* kecepatan *default* serta keluaran berupa putaran yang konstan. Saat berjalannya proses pengadukan bahan - bahan, LCD yang diposisikan di depan wadah *mixer* akan menampilkan setiap hasil nilai kecepatan.

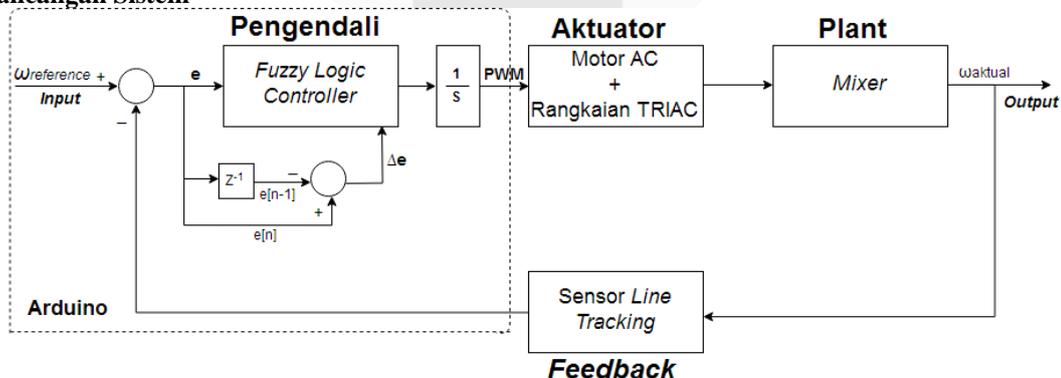
2.2 Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan proses pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (parameter), sehingga berada pada suatu kondisi tertentu yang akan menjadi acuan. Parameter yang mempengaruhi kerja sistem kendali diantaranya pengukuran, perbandingan, perhitungan, dan perbaikan. Ada dua jenis sistem kendali, yaitu sistem kendali *open loop* dan sistem kendali *closed loop*. Perbedaan dari kedua jenis sistem kendali ini adalah umpan balik (*feedback*), dimana pada *open loop* tidak memiliki blok umpan balik sedangkan pada *closed loop* memiliki umpan balik.

2.3 Fuzzy Logic Control

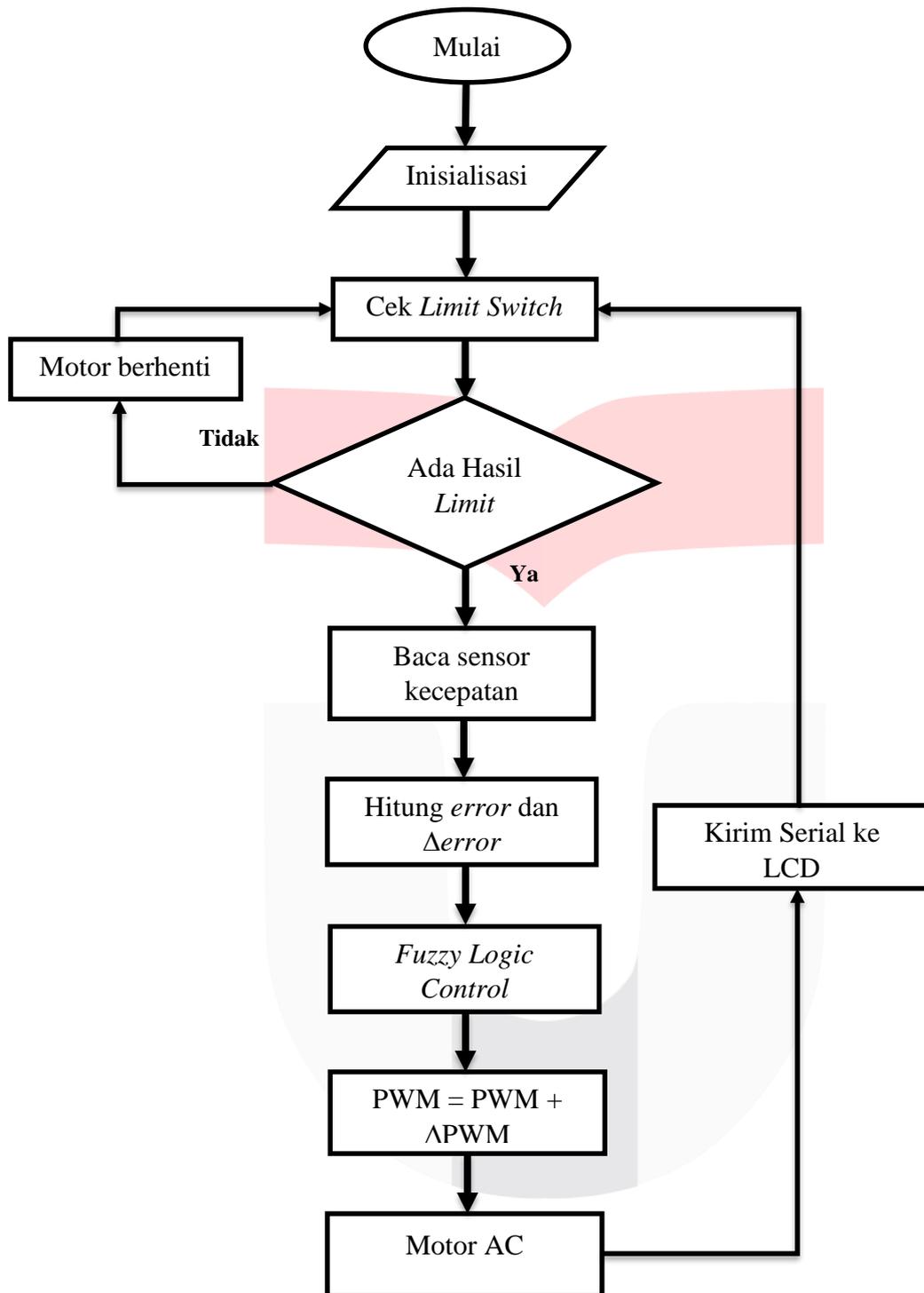
Logika fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 [7]. Pada logika fuzzy tidak dapat ditentukan secara pasti kebenaran suatu nilai. Dalam teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sangat penting menjadi suatu penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Sebab derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dalam logika fuzzy. Terdapat tiga proses dalam metode fuzzy logic ini, yaitu *fuzzyfication*, *fuzzy inference*, dan *defuzzyfication*.

2.4 Perancangan Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali

2.4.1 Perancangan Sistem Perangkat Lunak

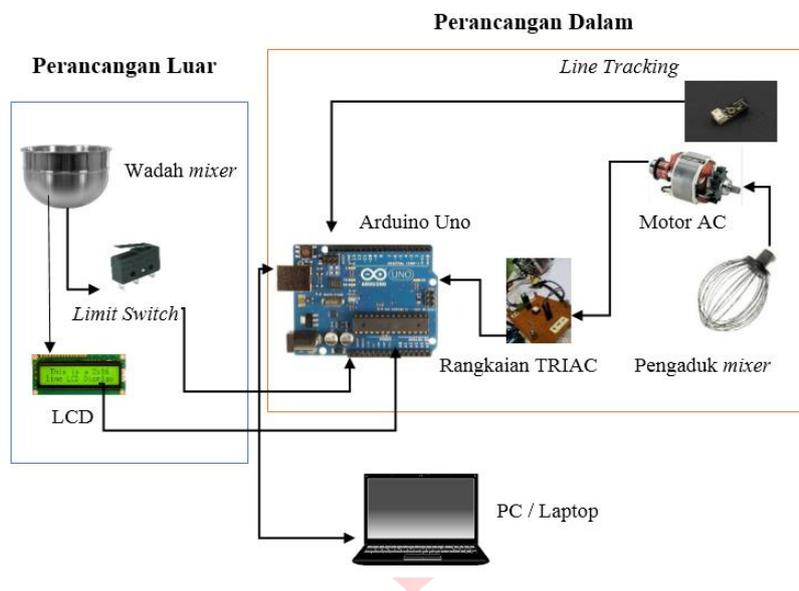


Gambar 2. Flowchart Sistem Keseluruhan

Langkah awal diagram alir sistem pada Gambar 2 di atas merupakan proses inisialisasi *input* dan *output*, kemudian *limit switch* akan mendeteksi ada atau tidaknya bahan yang ada di dalam wadah *mixer*. Jika hasil *limit switch* ada maka proses dilanjutkan, tetapi jika hasil tidak ada maka kembali ke proses baca *limit switch* (mendeteksi kembali ada atau tidaknya bahan). Hasil dari *limit switch* ini akan di proses oleh Arduino Uno, kemudian dilanjutkan dengan membaca sensor kecepatan yang akan menghitung *error* dan delta *error*. Hasil dari perhitungan akan melalui tahap *Fuzzy Logic Controller* sebagai pengendali yang akan menghasilkan keluaran berupa PWM. Dalam proses *Fuzzy Logic Controller* ini akan mengubah variabel numerik menjadi variabel *fuzzy* melalui fungsi keanggotaan (*membership function*). PWM yang dihasilkan setelah melewati proses *Fuzzy Logic*

Controller akan membuat motor bergerak (pengaduk mixer dapat berputar sesuai hasil PWM). Setiap hasil kecepatan (rps) akan ditampilkan pada LCD yang sudah dirancang di depan wadah mixer.

2.4.2 Perancangan Sistem Perangkat Keras



Gambar 3. Gambaran Perancangan Sistem Keseluruhan

Ada beberapa bagian dalam perancangan elektronika, yaitu perancangan bagian dalam alat dan perancangan bagian luar alat. Arduino Uno terhubung dengan beberapa perangkat atau komponen diantaranya rangkaian TRIAC, sensor encoder, limit switch, LCD 16x2 dan PC (personal computer) sebagai peranti untuk menampilkan hasil pembacaan dari sensor selain sebagai penghubung program arduino uno.

3. Pengujian dan Analisis

3.1 Nilai Output Antara MATLAB Dan Arduino

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Nilai Output MATLAB dan Arduino

No.	Nilai e	Nilai Δe	Output MATLAB (ΔPWM)	Output Arduino (ΔPWM)
1.	-150	-70	-70	-70
2.	-100	-30	-55,8	-56
3.	100	-50	27,6	27,58
4.	40	20	37,4	37,39
5.	140	10	65,9	65,88
6.	-130	-70	-70	-70
7.	70	25	48,2	48,22

8.	-120	55	-40	-40
9.	-130	50	-47,9	-47,8
10.	150	50	70	70

Perbedaan nilai *output* yang dihasilkan berbeda sekitar 0,01 dan 0,02. Oleh sebab itu, dalam pengujian ini mengartikan bahwa program yang sudah dibuat dengan menggunakan metode *fuzzy logic* (Sugeno) pada Arduino sudah benar. Program arduino tersebut sudah dapat menjalankan perintah sesuai *rules* dan pembacaan dari sensor ke alat *mixer* yang telah dirancang.

3.2 Respon Sistem Tanpa Beban

3.2.1 Perubahan Nilai *Input Membership Function Error*

Dalam pengujian ini, dilakukan perubahan nilai *input membership function error* dengan 3 kondisi yang berbeda dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Analisis Perubahan *Input Membership Function Error*

Kondisi Nilai <i>Input MF Error</i>	<i>Settling Time</i>	% <i>Error Steady State</i>
MF <i>Error 1</i> [-130 0 130]	26 <i>second</i>	1,05%
MF <i>Error 2</i> [-100 0 100]	17 <i>second</i>	1,13%
MF <i>Error 3</i> [-70 0 70]	10 <i>second</i>	1,31%

Dapat dilihat dari Tabel 2 di atas bahwa semakin kecil nilai *input error* yang diberikan, maka semakin cepat waktu respon sistem untuk mencapai *set point*. Kondisi *membership function error 3* lebih unggul untuk nilai *settling time*, sebab nilai *input error 3* mempengaruhi nilai PWM yang mempercepat kerja motor. Pada kondisi *membership function error 1*, nilai persen *error steady state* yang diperoleh lebih kecil dengan *settling time* yang lebih lama.

3.2.2 Perubahan Nilai *Input Membership Function Delta Error*

Dalam pengujian ini, dilakukan perubahan nilai *input membership function delta error* dengan 3 kondisi yang berbeda dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Analisis Perubahan *Input Membership Function Delta Error*

Kondisi Nilai <i>Input MF Delta Error</i>	<i>Settling Time</i>	% <i>Error Steady State</i>
MF <i>Delta Error 1</i> [-70 0 70]	14 <i>second</i>	1,39%
MF <i>Delta Error 2</i>	17 <i>second</i>	1,30%

[-50 0 50]		
MF Delta Error 3	27 second	1,14%
[-30 0 30]		

Dapat dilihat hasil dari Tabel 3 bahwa nilai *membership function* delta error 1 mempengaruhi kecepatan motor lebih cepat, sehingga lebih unggul untuk nilai *settling time*. Semakin kecil nilai delta error yang diberikan, maka semakin cepat mencapai ke nilai *set point*. Dapat dilihat pada kondisi *membership function* delta error 3, nilai persen *error steady state* yang diperoleh lebih kecil dengan *settling time* yang lebih lama.

3.2.3 Perubahan Nilai Output

Dalam pengujian ini, dilakukan perubahan nilai *output* dengan 3 kondisi yang berbeda dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Analisis Perubahan Output

Kondisi Nilai Output	Settling Time	% Error Steady State
Kondisi Output 1 [-70 0 70]	14 second	1,04%
Kondisi Output 2 [-40 0 40]	27 second	1,25%
Kondisi Output 3 [-10 0 10]	135 second	1,86%

Dapat dilihat dari Tabel 4 di atas bahwa semakin besar nilai *output* yang diberikan, maka semakin cepat waktu respon sistem untuk mencapai *set point*. Kondisi *output* 1 lebih unggul untuk nilai *settling time*, sebab nilai *output* yang diberikan mempengaruhi nilai PWM untuk mempercepat kerja motor. Kondisi *output* 1 lebih unggul untuk nilai *settling time* dan nilai persen *error steady state*, sebab nilai *output* yang diberikan mempengaruhi nilai PWM untuk mempercepat kerja motor.

3.2.4 Perubahan Nilai Set Point

Dalam pengujian ini, dilakukan perubahan nilai *set point* dengan 3 kondisi yang berbeda dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Analisis Perubahan Set Point

Kondisi Nilai Set Point	Settling Time	% Error Steady State
150 rps	24 second	0,88%
130 rps	16 second	1,13%
110 rps	6 second	1,77%

Dapat dilihat dari Tabel 5 di atas bahwa semakin kecil nilai *set point* yang diberikan, maka semakin cepat waktu respon sistem untuk mencapai *settling time*. Kondisi *set point* 110, lebih unggul untuk nilai *settling time*, sebab nilai *set point* tersebut mempengaruhi nilai PWM yang mempercepat kerja motor. Pada kondisi nilai *set point* 1, nilai persen *error steady state* yang diperoleh lebih kecil dengan *settling time* yang lebih lama.

3.3 Respon Sistem Terhadap Berat Beban

Pengujian terhadap berat beban ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon nilai rps dengan *set point* yang sudah ditentukan. Agar mengetahui apa yang akan terjadi pada respon sistem, maka penulis melakukan beberapa kondisi berat beban yang berbeda dalam pengujian.

Tabel 6. Hasil Analisis Respon Perubahan Berat Beban

Kondisi Perubahan Berat Beban	Settling Time	% Error Steady State
0,5 Kg	14 second	1,7%
1 Kg	15 second	2%
1,5 Kg	18 second	1,1%
4 Kg	206 second	4,07%

Dapat dilihat dari Tabel 6 di atas bahwa semakin ringan beban yang ada di dalam wadah, maka semakin cepat waktu respon sistem untuk mencapai *set point*. Pada kondisi beban 0,5 kg lebih unggul untuk mencapai nilai *settling time*, sebab dengan beban yang lebih ringan mempengaruhi kerja motor menjadi lebih cepat. Pada kondisi berat beban 1,5 Kg, nilai persen *error steady state* yang diperoleh lebih kecil dengan *settling time* 18 detik.

3.4 Respon Sistem Terhadap Jenis Beban

Pengujian terhadap jenis beban ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon nilai rps dengan *set point* yang sudah ditentukan. Agar mengetahui apa yang akan terjadi pada respon sistem, maka penulis melakukan beberapa kondisi jenis beban yang berbeda dalam pengujian.

Tabel 7. Hasil Analisis Respon Perubahan Jenis Beban

Kondisi Perubahan Jenis Beban	Settling Time	% Error Steady State
500 Gram Telur	19 second	0,97%
500 Gram Margarin	12 second	1,75%
500 Gram Adonan Padat	23 second	5,75%

Dapat dilihat dari Tabel 7 di atas bahwa hasil pengujian 500 gram margarin lebih unggul untuk mencapai nilai *settling time*. Sebab dengan jenis beban seperti itu lebih mempengaruhi PWM motor bekerja lebih cepat. Pada kondisi jenis beban 500 gram telur, nilai persen *error steady state* yang diperoleh lebih kecil dengan *settling time* 19 detik.

4. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari hasil pengujian serta analisis sistem alat :

1. Dalam pengujian nilai *output* antara simulasi di MATLAB dan Arduino diperoleh nilai yang hampir sama dengan selisih 0,01 dan 0,02 .
2. Pada pengujian respon kecepatan motor terhadap nilai PWM, diperoleh grafik yang bersifat nonlinear (tidak terlalu linear).

3. Apabila nilai *set point* semakin kecil, maka *settling time* semakin kecil. Untuk *set point* 110 *rps* mampu mencapai waktu 6 detik dengan kecepatan 111 *rps*. Saat pengujian dengan *set point* 150 *rps*, diperoleh nilai *error steady state* 0,88% dengan *settling time* 24 detik.
4. Pada pengujian dengan berat beban bervariasi diperoleh respon sistem yang lebih cepat untuk beban yang semakin ringan, yaitu saat kondisi beban 0,5 kg unggul dengan *settling time* 14 detik dan nilai kecepatan 135,5 *rps*. Saat pengujian beban 1,5 kg, diperoleh nilai *error steady state* 1,1% dengan *settling time* 18 detik.
5. Pada saat pengujian jenis beban, diperoleh hasil pengujian 500 gram margarin lebih unggul dengan *settling time* 12 detik dan nilai kecepatan 130,5 *rps*. Saat pengujian jenis beban 500 gram telur, diperoleh nilai *error steady state* 0,97% dengan *settling time* 19 detik.
6. Sistem kendali *fuzzy logic* yang digunakan sudah bekerja dengan baik pada alat *mixer* yang dirancang.

Daftar Pustaka :

- [1] Universitas Sumatera Utara, "Pengertian *Mixing*", <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/51472/4/Chapter%20II.pdf> [Diakses 3 Oktober 2016].
- [2] Andrianto, Heri, dan Darmawan, Aan, "Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman", Informatika Bandung, Januari. 2016, ISBN: 978 – 602 – 1514 – 81 – 8.
- [3] Pitowarno, Endra, "ROBOTIKA: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan", Ed. I – Yogyakarta, C.V ANDI OFFSET, 2006, ISBN: 979 – 763 – 094 – 3.
- [4] Motor Listrik, "Referensi Belajar Elektronika Online", Zona Elektro, <http://zonaelektro.net/motor-listrik/> [Diakses 24 Maret 2017].
- [5] Sanjaya WS, Mada, "Robot Cerdas Berbasis Speech Recognition – Membuat MATLAB dan Arduino", Ed. I – Yogyakarta, C.V ANDI OFFSET, 2016, ISBN: 978 – 979 – 29 – 5181 – 3.
- [6] Wanto, Sus, "Proximity Switch (Sensor Jarak)", Elektro Mekanik, <http://electric-mechanic.blogspot.co.id/2012/09/proximity-switch-sensor-jarak.html> [Diakses, 28 November 2016].
- [7] Kusumadewi, S, "Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan", GRAHA ILMU, Yogyakarta, 2010.
- [8] Jufrika, "Penyearah Gelombang Penuh (Full Wave Rectifier)", <http://www.jufrikablog.com/2015/03/penyearah-gelombang-penuh-full-wave.html> [Diakses 19 Oktober 2016].
- [9] Suyadhi, Taufiq Dwi Septian, "Buku Pintar Robotika", Ed. I – Yogyakarta, C.V ANDI OFFSET, 2010, ISBN: 978 – 979 – 29 – 1746 – 8.
- [10] Budiharto, Widodo, dan Andi, Nalwan, Paulus, "Membuat Sendiri Robot Humanoid", PT Elex Media Komputindo, Jakarta 2009, ISBN: 978 – 979 – 27 – 5625 – 8
- [11] Rangkuti, Syahban, "Arduino & Proteus Simulasi Dan Praktik", Informatika Bandung, November. 2016, ISBN: 978 – 602 – 6232 – 14 – 4
- [12] Ogata, Katsuhiko, "Teknik Kontrol Otomatik", Jilid 1 Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta 1996, ISBN: 979 – 411 – 467 – 7
- [13] Sigit, Riyanto, "ROBOTIKA, SENSOR & AKTUATOR", Jilid 1 Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta 2007, ISBN: 978-979-756-239-7