

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM ROBOT PENGGENGAM BENDA MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF FUZZY LOGIC BASED OBJECT GRIPPER ROBOT SYSTEM

Hafizh Saftian¹, Erwin Susanto², Ratri Dwi Atmaja³

^{1,2}Prodi S1 – Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi S1 – Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hafizaftian@students.telkomuniversity.ac.id, ²erwinelektro@telkomuniversity.ac.id,

³ratriidwiatmaja@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam tugas akhir ini, akan dibuat suatu sistem robot industri yang berfungsi menggenggam benda sesuai dengan kondisi fisik benda tersebut. Nantinya, sistem robot penggenggam ini akan memberikan eksekusi genggam berdasarkan ukuran benda secara semi-otomatis dengan menggunakan sensor jarak ultrasonik untuk mendapatkan gambaran dimensi benda. Pada saat pengambilan keputusan, sistem ini akan menggunakan metoda *fuzzy logic*, sehingga sistem akan menyesuaikan dengan ukuran benda yang dimaksud serta mengelompokkannya ke dalam beberapa bagian seperti benda kecil, benda sedang, dan benda besar. Keberhasilan sistem kerja robot penggenggam benda ini dapat dilihat dari persentase keberhasilan robot untuk menggenggam benda sesuai dengan ukuran benda yang telah disebutkan di atas. Persentase keberhasilan yaitu sebesar 70% dari total benda yang diseleksi. Sistem ini diharapkan akan mempermudah pekerjaan suatu industri serta meningkatkan kemampuan produksi baik dari segi kecepatan untuk memindahkan barang, ketepatan pada saat penyeleksian barang, serta pengambilan suatu keputusan sesuai dengan yang diharapkan oleh produsen.

Kata kunci: robot industri, robot penggenggam, fuzzy logic, sensor jarak ultrasonik

Abstract

In this final project, an industrial robot which has a function to grip an object based on its physical condition will be developed. This robot system will give a gripping execution based on the object's dimension with a semi-automatic system using ultrasonic sensor to get the prediction of object dimension. In the decision maker process, the system using a fuzzy logic control method, so the system can adapt the object's dimension and group it into some types such as small object, medium object, and large object. A percentage of success can be seen by the robot performance to grip the object, according to the object's dimension. The percentage of result is 70% from the total gripped object. The system is expected to facilitates the industrial process and increases the production performance based on the speed of object's moving performance, accuracy of object's selection, and decision making aspect.

Kata kunci: industrial robot, gripper robot, fuzzy logic, ultrasonic sensor

1. Pendahuluan

Robot penggenggam (*gripper robot*) adalah suatu robot yang bertugas untuk menggenggam barang sesuai dengan kondisi fisik barang tersebut. Robot ini menjadi salah satu robot yang banyak digunakan pada bidang industri. Kebutuhan industri untuk memastikan barang yang diproses tetap dalam keadaan aman, dapat difasilitasi dengan suatu penyesuaian kondisi fisik benda, sehingga kekuatan genggam yang diberikan kepada masing-masing benda akan dibedakan sesuai dengan ukuran benda tersebut. Oleh karena itu, suatu penggenggam harus adaptif dengan kondisi benda yang akan digenggam.

Dalam tugas akhir ini, akan dibuat sebuah robot penggenggam yang bertugas untuk menyesuaikan eksekusi genggam yang diberikan dengan benda yang akan digenggam. Selama proses penelitian yang dilakukan, ada beberapa permasalahan yang menjadi topik utama, seperti desain mekanika robot, cara robot mengetahui kondisi benda yang akan digenggam, serta metoda kontrol yang digunakan untuk mengambil sebuah keputusan.

Sebagai bentuk penyelesaian terhadap masalah-masalah pada saat penelitian, sistem ini difokuskan pada beberapa aspek. Pada bagian kontrol, dipilihlah metode *fuzzy logic* karena kondisi benda yang digenggam tidak selalu sama setiap waktunya. Penggunaan metode kontrol *fuzzy logic* pada sistem robot akan disertai dengan analisis yang berguna untuk mengetahui performansi dari sistem yang telah ditanamkan kontrol. Tahap akhir

dari rangkaian penelitian ini adalah pengujian perangkat yang disertai data empiris serta komponen-komponen pendukung, seperti gambar, video, hingga persamaan matematis berupa data yang didapat dari percobaan.

Hasil akhir dari penelitian tugas akhir ini adalah sebuah prototipe robot penggenggam yang dapat melakukan tugas-tugas sebagaimana yang dibutuhkan oleh industri.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem Robot Penggenggam

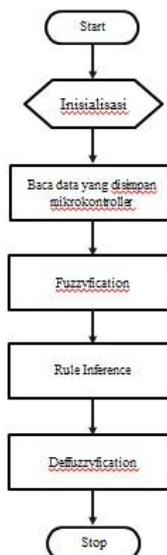
2.1 Robot Penggenggam

Robot penggenggam atau *gripper robot* merupakan robot yang berfungsi untuk menggenggam barang. Robot jenis ini biasa ditemukan pada industri-industri besar yang sudah menggunakan sistem kerja secara semi-otomatis maupun otomatis penuh. Robot penggenggam bekerja berdasarkan kebutuhan pengguna. Kebutuhan pengguna juga akan menentukan berbagai macam aspek pada robot penggenggam, seperti desain dan bentuk penggenggam (*gripper*), kekuatan genggam, daerah operasi kerja robot hingga kepada komponen pendukung pembuatan robot penggenggam.

2.2 Metode Kontrol Fuzzy Logic

Pada sistem robot penggenggam, digunakan metode kontrol *fuzzy logic*. Pemilihan *fuzzy logic* adalah karena beragam bentuk serta kondisi fisik benda yang akan digenggam. Selain itu, posisi benda yang tidak selalu berada pada tempat yang sama membuat kontrol ini dapat dimanfaatkan agar nantinya pergerakan robot penggenggam dapat menyesuaikan kondisi benda serta meminimalisir kemungkinan kerusakan pada benda. Dengan kontrol ini, parameter kekuatan genggam dapat diperkirakan.

Pada *fuzzy logic* dibutuhkan masukan yang jumlahnya lebih dari satu. Oleh karena itu, sistem robot penggenggam ini menggunakan tiga buah masukan yang didapat dari sensor jarak ultrasonik. Nantinya, nilai jarak yang diperoleh akan masuk ke dalam sistem dan diolah sehingga menghasilkan nilai pembentuk sudut servo yang adaptif dan menyesuaikan kondisi benda. Adapun *flowchart* dari sistem pengolahan *fuzzy logic* ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Flowchart Fuzzy Logic Control

2.3 Mekanika Robot Penggenggam

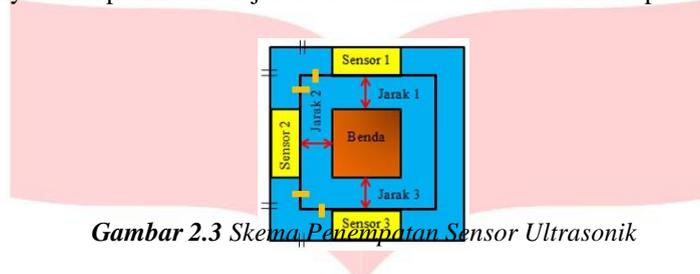
Mekanika robot penggenggam didasarkan kepada bentuk penggenggam itu sendiri. Dimensi serta komponen yang digunakan harus sesuai dengan kondisi fisik benda yang akan digenggam. Pada penelitian ini, benda yang digunakan berbentuk kubus dengan tiga kategori yang berbeda-beda yaitu benda kecil berukuran 5,5cm x 5,5cm x 5,5cm, benda medium berukuran 8,5cm x 8,5cm x 8,5cm, dan benda besar berukuran 12cm x 12cm. Adapun bentuk dari robot penggenggam ini dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.2 Bentuk Mekanik Robot Penggenggam

2.4 Perangkat Pendukung

Pada penelitian robot penggenggam ini, robot tidak bisa berdiri sendiri dikarenakan metode kontrol yang berfungsi untuk menentukan sebuah keputusan, membutuhkan informasi yang didapat dari sensor. Parameter yang digunakan berupa jarak, oleh karena itu digunakan sensor ultrasonik untuk menghimpun informasi tersebut. Pada penelitian ini, penyusunan posisi sensor jarak ultrasonik serta letak benda dapat dilihat pada gambar 2.6.

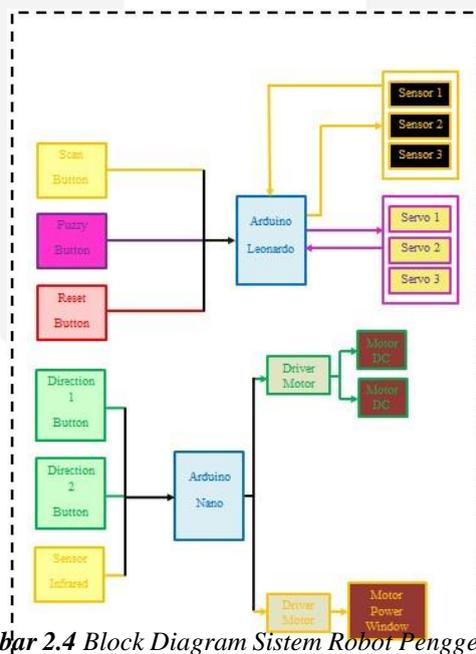


Gambar 2.3 Skema Penempatan Sensor Ultrasonik

Dengan skema diatas, maka posisi robot penggenggam harus berada diatasnya, sebelum memulai tugasnya.

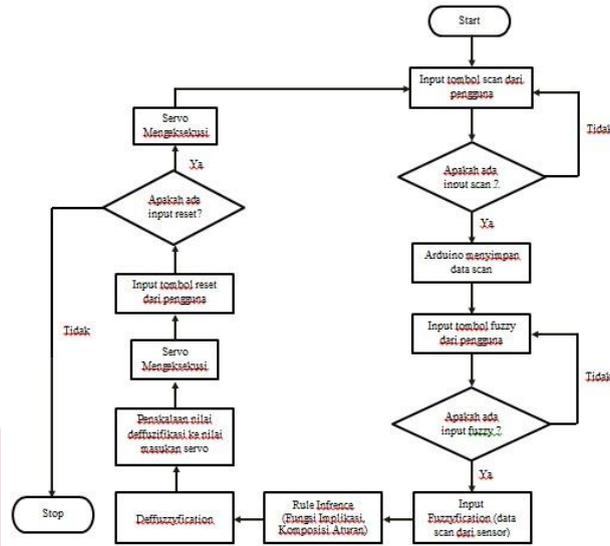
2.5 Flowchart dan Block Diagram Robot Penggenggam

Robot penggenggam akan menggunakan metode kontrol fuzzy logic untuk menentukan sebuah keputusan, seperti yang telah dijabarkan sebelumnya. Adapun pada penelitian kali ini, akan digunakan perangkat Arduino Leonardo untuk memproses nilai yang diterima oleh sensor ultrasonik.



Gambar 2.4 Block Diagram Sistem Robot Penggenggam

Robot penggenggam bekerja pada sistem semi-otomatis, dimana perintah masukan pengguna melalui tombol sangat dibutuhkan. Berikut adalah flowchart dari sistem robot penggenggam.



Gambar 2.5 Flowchart Sistem Robot Penggenggam

3. Pengujian Perangkat

3.1 Analisis Kontrol Fuzzy Logic

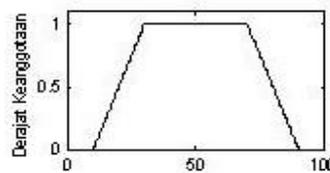
Pada sistem kontrol *fuzzy logic* terdapat beberapa proses yang saling berkaitan satu sama lain. Sehingga, tidak mungkin suatu nilai didapatkan tanpa melewati proses sebelumnya. Pada perancangan *fuzzy logic* yang akan diterapkan pada sistem robot penggenggam, akan dijelaskan tahap-tahap proses berjalannya kontrol *fuzzy logic*.

3.1.1 Fuzzyfication

Tahap pertama pada *fuzzy logic* adalah *fuzzyfication* atau fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah suatu proses perubahan nilai data yang didapat dari sensor (*crisp input*) menjadi bentuk himpunan fuzzy menurut fungsi keanggotaannya.

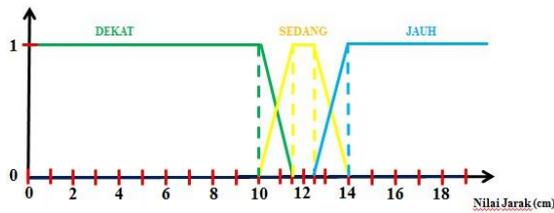
Proses awal dari fuzzifikasi adalah membuat suatu *membership function* (fungsi keanggotaan) dari masukan yang diperoleh, serta menentukan banyaknya *variable linguistic* yang merepresentasikan nilai masukan dengan bahasa yang dapat dimengerti, dalam fungsi keanggotaan tersebut. Dari fungsi keanggotaan yang dibuat akan diketahui nilai derajat keanggotaan dari masing-masing *variable* dalam himpunan fuzzy yang dibuat. Ada beberapa cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan. Namun, karena sistem robot penggenggam hanya menggunakan satu cara untuk mendapatkan derajat keanggotaan, maka berikut adalah gambar untuk fungsi trapesium yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 & \{ 0, a \leq x \leq b \\
 & \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq c \\
 & 1, c \leq x \leq d \\
 & \frac{d-x}{d-c}, d \leq x \leq e \\
 & \{ 0, e \leq x \} \}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$



Gambar 3.1 Fungsi Trapesium^[9]

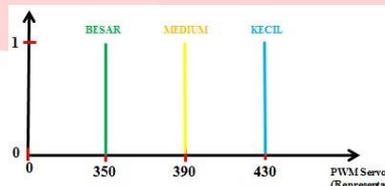
Pada sistem ini terdapat tiga buah masukan dari sensor jarak ultrasonik. Masukan dari sensor ini dibagi ke dalam tiga nilai linguistic yaitu **DEKAT**, **SEDANG**, **JAUH** dengan fungsi keanggotaan trapesium. Fungsi keanggotaan sistem dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 3.2 Fungsi Keanggotaan Tiga Buah Sensor Jarak Ultrasonik

Pada perancangan sistem ini, keluaran sistem menggunakan model Sugeno. Pada bentuk keluaran model Sugeno, bentuk fungsi keanggotaannya lebih sederhana yaitu berbentuk *Singleton*. *Singleton* adalah fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* tunggal dan 0 pada *crisp* yang lain.

Keluaran yang dibuat ada tiga, namun karena ketiganya memiliki variabel yang sama serta digunakan untuk keluaran yang sama berupa nilai yang nantinya dikonversi menjadi sudut servo, oleh karena itu *variable linguistic* hanya terdapat tiga macam untuk objek yang sama yaitu **BESAR**, **MEDIUM**, dan **KECIL**. Nilai dari *variable linguistic* tersebut nantinya bukan merepresentasikan ukuran, melainkan nilai masukan yang akan dieksekusi ke servo. Fungsi keanggotaan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Output Tiga Buah Servo

3.1.2 Rule Inference

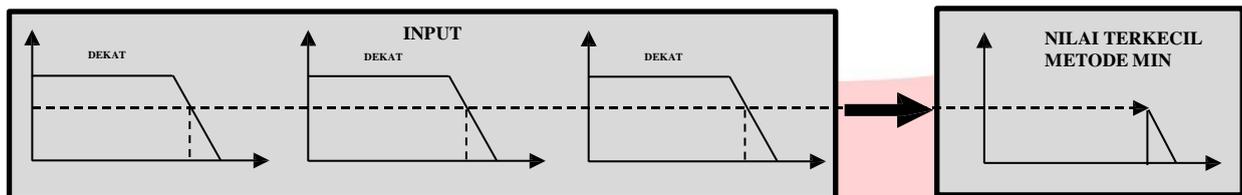
Pada *rule inference*, terjadi proses pengolahan data masukan dari fuzzyfikasi. Pada *fuzzy logic*, hasil keluarannya dikehendaki oleh pembuat, dengan aturan-aturan tertentu. Dari aturan-aturan yang dibentuk inilah yang nantinya akan menentukan respon dari sistem terhadap berbagai kondisi *set point* dan gangguan pada sistem yang akan dibuat.

Tabel 3.1 Aturan Fuzzy Logic Control

NO	SENSOR KIRI	SENSOR TENGAH	SENSOR KANAN	SERVO KIRI	SERVO TENGAH	SERVO KANAN
1	DEKAT	DEKAT	DEKAT	BESAR	BESAR	BESAR
2	DEKAT	DEKAT	SEDANG	BESAR	BESAR	MEDIUM
3	DEKAT	DEKAT	JAUH	BESAR	BESAR	KECIL
4	DEKAT	SEDANG	DEKAT	BESAR	MEDIUM	BESAR
5	DEKAT	SEDANG	SEDANG	BESAR	MEDIUM	MEDIUM
6	DEKAT	SEDANG	JAUH	BESAR	MEDIUM	KECIL
7	DEKAT	JAUH	DEKAT	BESAR	KECIL	BESAR
8	DEKAT	JAUH	SEDANG	BESAR	KECIL	MEDIUM
9	DEKAT	JAUH	JAUH	BESAR	KECIL	KECIL
10	SEDANG	DEKAT	DEKAT	MEDIUM	BESAR	BESAR
11	SEDANG	DEKAT	SEDANG	MEDIUM	BESAR	MEDIUM
12	SEDANG	DEKAT	JAUH	MEDIUM	BESAR	KECIL
13	SEDANG	SEDANG	DEKAT	MEDIUM	MEDIUM	BESAR
14	SEDANG	SEDANG	SEDANG	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
15	SEDANG	SEDANG	JAUH	MEDIUM	MEDIUM	KECIL
16	SEDANG	JAUH	DEKAT	MEDIUM	KECIL	BESAR
17	SEDANG	JAUH	SEDANG	MEDIUM	KECIL	MEDIUM
18	SEDANG	JAUH	JAUH	MEDIUM	KECIL	KECIL
19	JAUH	DEKAT	DEKAT	KECIL	BESAR	BESAR
20	JAUH	DEKAT	SEDANG	KECIL	BESAR	MEDIUM
21	JAUH	DEKAT	JAUH	KECIL	BESAR	KECIL
22	JAUH	SEDANG	DEKAT	KECIL	MEDIUM	BESAR

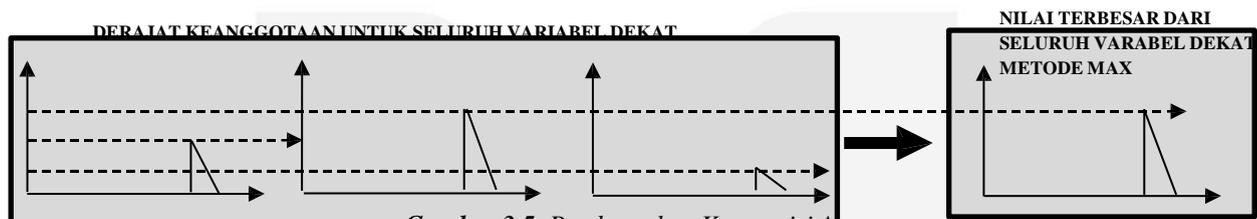
23	JAUH	SEDANG	SEDANG	KECIL	MEDIUM	MEDIUM
24	JAUH	SEDANG	JAUH	KECIL	MEDIUM	KECIL
25	JAUH	JAUH	DEKAT	KECIL	KECIL	BESAR
26	JAUH	JAUH	SEDANG	KECIL	KECIL	MEDIUM
27	JAUH	JAUH	JAUH	KECIL	KECIL	KECIL

Pada rule inference, ada yang disebut dengan fungsi implikasi dan komposisi aturan. Pada tahap pembentukan fungsi implikasi, digunakan metode **MIN**. Metode **MIN** pada robot penggenggam akan membandingkan nilai terkecil dari tiap-tiap rule yang dibuat. Sebagai contoh untuk rule pertama yaitu **DEKAT, DEKAT, DEKAT** untuk tiap-tiap masukan sensor. Dari rule tersebut akan diambil nilai derajat keanggotaan terkecil dari kombinasi rule yang telah dibuat.



Gambar 3.4 Pembentukan Fungsi Implikasi

Setelah melalui tahap pembentukan fungsi implikasi, proses rule inference akan memasuki tahap komposisi aturan. Pada tahap ini, akan digunakan metode **MAX**. Pada metode **MAX**, akan dibandingkan hasil dari pembentukan fungsi implikasi yang memiliki variabel linguistik sama dan diambil nilai terbesarnya. Sebagai contoh untuk keluaran **DEKAT**. Dari seluruh nilai masukan yang memiliki variabel linguistik **DEKAT** akan dibandingkan dan diambil nilai yang paling besar.



Gambar 3.5 Pembentukan Komposisi Aturan

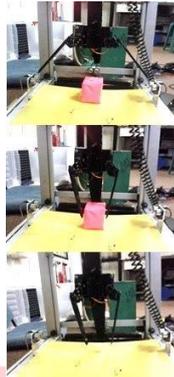
3.1.3 Deffuzzyfication

Langkah terakhir adalah deffuzifikasi, yakni pemetaan bagi nilai-nilai *fuzzy output* yang dihasilkan pada tahap *rule evaluation* ke nilai-nilai output kuantitatif. Pada perancangan sistem robot penggenggam benda ini proses deffuzifikasi menggunakan metode *Weight Average* dan keluaran dari proses deffuzifikasi ini berupa nilai pwm yang akan dikonversi menjadi nilai sudut oleh sistem selanjutnya. Nantinya keluaran dari sistem *fuzzy logic* ini akan mengatur kondisi sudut yang akan dieksekusi oleh servo dari robot penggenggam.

3.2 Pengujian Eksekusi Robot Penggenggam

Pada pengujian pertama, didapatkan hasil sebagai berikut :

- Percobaan pertama (benda kecil, ukuran 5,5cm x 5,5cm x 5,5cm)



Jarak	Deffuzzifik asi	Input Servo
14 cm	430	75
14 cm	430	75
14 cm	430	75

Gambar 3.6 Uji Coba Penggenggam Benda Kecil

- Percobaan kedua (benda medium, 8,5cm x 8,5cm x 8,5cm)



Jarak	Deffuzzifik asi	Input Servo
12 cm	390	68
12 cm	390	68
12 cm	390	68

Gambar 3.7 Uji Coba Penggenggam Benda Medium

- Percobaan ketiga (benda besar, ukuran 12cm x 12cm x 12cm)



Jarak	Deffuzzifik asi	Input Servo
10 cm	350	61
10 cm	350	61
10 cm	350	61

Gambar 3.8 Uji Coba Penggenggam Benda Besar

Percobaan dilakukan untuk menggenggam benda kecil, medium dan besar. Pada percobaan ini kontrol *fuzzy logic* berjalan dengan baik. Terlihat dari penyesuaian robot penggenggam untuk menyesuaikan area genggamnya dengan kondisi barang yang digenggam.

Dari percobaan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kontrol *fuzzy logic* yang ditanamkan pada sistem robot penggenggam berjalan dengan baik. Kondisi ini dinilai cukup mampu untuk memastikan kondisi

benda yang akan digenggam berada dalam kondisi aman tanpa kerusakan, serta kondisi dari robot penggenggam itu sendiri terlebih pada bagian aktuator berupa servo analog.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan sistem robot penggenggam ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem *fuzzy logic* yang diterapkan pada sistem robot penggenggam benda ini telah berfungsi dengan baik pada tegangan masukan untuk Arduino Leonardo sebesar 4,98 volt serta tegangan masukan untuk suplai tiga buah servo analog sebesar 5 volt. Sistem robot penggenggam dapat bekerja secara stabil dengan hasil data olahan melalui kontrol *fuzzy logic* hingga pada percobaan ketiga.
2. Pada proses kontrol *fuzzy logic*, digunakan metode MIN-MAX dari Mamdani pada saat inferensi aturan (*rule inference*) serta metode Weight Average oleh Sugeno pada saat defuzzifikasi.
3. Kecepatan proses eksekusi dengan 27 *rules* fuzzy yang ditanamkan relatif stabil dengan rata-rata kecepatan eksekusi sebesar 50 μ s meskipun memiliki masukan dari tiga buah sensor jarak ultrasonik yang berbeda-beda

Daftar Pustaka :

- [1] Suyadhi, Taufiq Dwi Septian. 2010. *Buku Pintar Robotika*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [2] Arief. (2014), Sistem Minimum Arduino, <https://ariefeeiiggeennblog.wordpress.com>
- [3] NN. (2014), Motor Servo Analog, <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com>
- [4] Priyono, Agung. 2014. *Perancangan dan Implementasi One Steered Traction Wheel Robot dengan Circular Line Sensor Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*. Bandung : Telkom University.
- [5] Domas. (2013), Belt Conveyor, <http://domas09.blogspot.com/2013/02/belt-conveyor.html>
- [6] Datasheet Parallax Ping)) Ultrasonic Distance
- [7] Nafiza. (2013), Sensor Inframerah, <http://nafizasiebungsu.blogspot.com>
- [8] Suyanto. 2007. *Artificial Intelegent*. Bandung : Informatika Bandung.
- [9] Rusiana, Endang. (2011), Fuzzy Logic, <http://wangready.files.wordpress.com>
- [11] Hendriono, Dede. (2014), Arduino, <http://www.hendriono.com/>
- [12] Widayanto, Dian Wahyu. 2012. *Desain dan Implementasi Robot Mobil Pengikut Benda Bergerak Dengan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ATmega128*. Bandung : IT Telkom.
- [13] Wati, Dwi Ana Ratna. 2011. *Sistem Kendali Cerdas*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [14] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.