

Perancangan Kendali Sistem Navigasi *Smart Trash Robot* Berbasis *Artificial Intelligence*

Qodri Maulana, Ekawati Prihatini, Nyayu Latifah Husni, Evelina, Masayu Anisah
Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika
Politeknik Negeri Sriwijaya
Palembang, Indonesia
Penulis Korespondensi: nyayu_latifah@polsri.ac.id

Abstrak— Makalah ini membahas tentang perancangan navigasi gerak robot sampah (*Smart T-bot*) menuju suatu tempat sesuai dengan perintah yang diberikan. Kotak sampah pada umumnya merupakan kotak sampah yang hanya terletak di sudut-sudut ruangan. Dikarenakan letaknya yang jauh dan tidak menghemat energi menyebabkan orang-orang malas membuang sampah pada tempatnya. Pada penelitian ini, ditawarkan sebuah konsep pemeliharaan sampah menggunakan sebuah robot. *T-bot* pada penelitian ini dilengkapi dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dengan metode *fuzzy logic*, dimana robot ini dapat bermanuver secara otomatis berdasarkan keputusan sesuai dengan rules program yang sudah diberikan. penempatan sampah dibedakan menjadi dua bagian yaitu sampah basah dan kering, sedangkan sistem gerak robot menggunakan sensor warna dan compass. Dengan adanya *Smart T-bot* diharapkan pengguna dapat menghemat energi dalam membuang sampah.

Kata kunci— *artificial intelligence*, kendali navigasi, fuzzy logic

Abstract— This paper discusses the design of a garbage robot motion navigation (*Smart T-bot*) to a place according to the command given. Garbage boxes are generally trash boxes that are only located in the corners of the room. Since it is far away and does not save energy, it causes people to be lazy to throw garbage in its place. In this study, a waste management concept is offered using a robot. The *T-bot* in this study is equipped with artificial intelligence (*Artificial Intelligence*) with the fuzzy logic method, where this robot can maneuver automatically based on decisions according to the program rules that have been given. Garbage placement is divided into two parts, namely wet and dry waste, while the robot motion system uses color sensors and a compass. With the *Smart T-bot*, it is hoped that users can save energy in disposing of waste.

Keywords— artificial intelligence, navigation control, fuzzy logic

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang robotika sangat pesat dimasa sekarang, robot sudah masuk kedalam berbagai segi kehidupan manusia mulai dari rumah tangga sampai dunia industri, militer, dan kesehatan. Para peneliti sedang berlomba untuk menciptakan sebuah robot otomatis yang dapat memudahkan pekerjaan manusia baik dari segi ekonomi maupun transportasi [1]-[2].

Penelitian dibidang mobile robot sudah sangat banyak dilakukan, baik secara manual maupun otomatis. Untuk membangun sebuah robot otomatis, navigasi merupakan salah satu kendala yang dihadapi oleh para perancang. Saat ini terdapat banyak metode kontrol yang dapat digunakan, salah satunya *Fuzzy logic* [3]-[7]. Pengendalian berbasis *Fuzzy logic* merupakan pengendalian yang termasuk golongan *Artificial Intelligence*. Tidak seperti pengendalian konvensional misalnya kendali PID (*Proportional Integral Derivative*) yang hanya menggunakan perhitungan *matematis*, pengendalian *Fuzzy logic* merupakan penggabungan perhitungan *matematis* dan juga algoritma untuk mengendalikan pergerakan robot.

Sebagian besar dari metode kontrol yang digunakan saat ini masih berbasis PID (*Proportional Integral Derivative*) dalam kenyataan metode kontrol menggunakan PID (*Proportional Integral Derivative*) menemui banyak kendala antara lain model *matematis* yang tidak mencerminkan keadaan sesungguhnya [8]. Kefektifan metode fuzzy logic tidak diukur melalui perhitungan matematis yang dilakukan melainkan dari percobaan yang dilakukan. Dalam banyak metode penelitian metode *Fuzzy logic* lebih efisien dibandingkan dengan metode sistem berbasis PID (*Proportional Integral Derivative*).

Dalam penelitian ini kami mengimplementasikan sistem kendali *Fuzzy logic* pada *Smart T-bot*. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) dalam navigasi [9]. Salah satu kelebihan yang diberikan jika menggunakan metode *Fuzzy logic* adalah data akan diolah secara matematis dan digabungkan dengan algoritma tertentu (*if-then*) yang dibuat oleh peneliti dalam aturan kontrol (*Rule base*). Hal ini dapat membuat *Smart T-bot* bernavigasi sesuai dengan aturan yang sudah diberikan, jika ada halangan, *Smart T-bot* dapat mengambil keputusan sesuai dengan aturan yang sudah dimasukkan (*Rule base*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Robot

Robot adalah sebuah mesin otomatis yang dapat meringankan tugas manusia, serta dapat diperintah sesuai keinginan.

Secara umum, robot dapat dibedakan ke dalam 3 kategori yaitu:

1. Robot Tidak Bergerak

Robot jenis ini tidak dapat berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga robot ini hanya dapat menggerakkan beberapa bagian tubuhnya dengan fungsi tertentu yang telah dirancang. Contoh dari robot ini adalah robot Arm yang sering digunakan pada dunia industri.

2. Robot Mobile

Robot jenis ini memiliki penggerak berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot, sehingga robot ini dapat berpindah posisi dari satu titik ke titik lain.

3. Robot Humanoid

Robot humanoid adalah robot yang bentuk keseluruhannya menyerupai bentuk tubuh manusia, robot jenis ini mampu melakukan interaksi dengan peralatan maupun lingkungan yang dibuat untuk manusia.

Robot juga memiliki berbagai macam fungsi, diantaranya adalah sebagai berikut:

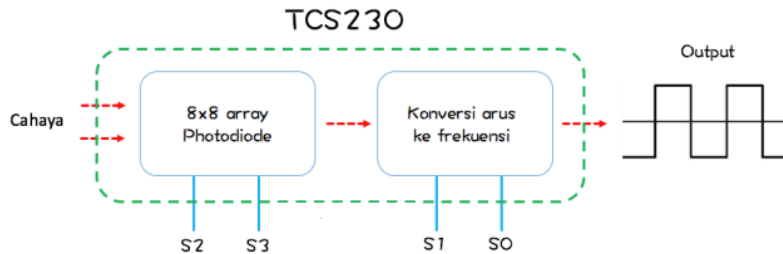
1. Meningkatkan Produksi, akurasi dan daya tahan. Robot ini banyak digunakan di industri.
2. Untuk tugas-tugas yang berbahaya, kotor dan beresiko. Robot ini digunakan ketika manusia tidak mampu masuk ke daerah yang beresiko. Seperti Robot Untuk menjelajah planet, robot untuk mendeteksi limbah nuklir, robot militer.
3. Untuk pendidikan. Banyak robot yang digunakan untuk menarik pelajar belajar teknologi seperti robot Lego.
4. Untuk menolong manusia. Seperti di rumah untuk membersihkan rumah pakai penghisap debu otomatis, di rumah sakit untuk menghantar makanan, membantu operasi.

B. Sensor Warna TCS3200

Sensor warna adalah sensor yang digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu objek benda atau warna dari objek yang dimonitor. Salah satu jenis sensor warna yaitu TCS 3200. TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi *silicon photodiode* dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS *monolithic* yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (*duty cycle 50%*) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*) [10].

Di dalam TCS3200 seperti Gambar 1, konverter cahaya membaca *array 8x8 photodiode*, dimana 16 photodiode mempunyai penyaring warna biru, 16 photodiode mempunyai penyaring warna merah, 16 photodiode mempunyai penyaring warna hijau dan 16 photodiode untuk warna terang tanpa penyaring. 4

tipe warna dari photodioda telah diintegrasikan untuk meminimalkan efek ketidakseragaman dari insiden *irradiance*. Semua photodioda dari warna yang sama telah terhubung secara paralel. Pin S2 dan S3 digunakan untuk memilih grup dari photodioda (merah, hijau, biru, jernih) yang telah aktif [11]. Pada prinsipnya pembacaan warna pada TCS3200 1) dilakukan secara bertahap yaitu membaca frekuensi warna dasar secara simultan dengan cara memfilter tiap tiap warna dasar.

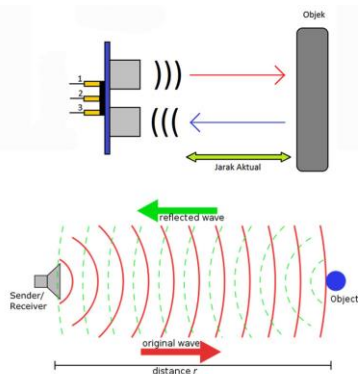


Gambar 1. Struktur Kerja dari Sensor TCS3200

C. Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonic adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip kerja pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkap kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindra. Perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindranya adalah zat padat, zat cair dan butiran. Sensor ultrasonic dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler melalui satu pin I/O.

Sensor ultrasonic pada umumnya digunakan untuk menentukan jarak sebuah objek. Sensor ultrasonic mempunyai kemampuan mendeteksi objek lebih jauh terutama untuk benda-benda yang keras. Gelombang ini akan dipantulkan lebih kuat daripada benda yang permukaannya lunak. Tidak seperti pada sensor-sensor lain, seperti inframerah atau sensor laser, sensor ultrasonic ini memiliki jangkauan deteksi yang relatif luas (Gambar 2).



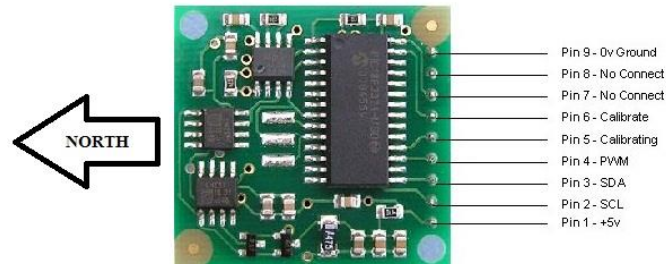
Gambar 2. Prinsip Kerja Sensor Ultrasonic

Sensing yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonic dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim (Tx) sampai diterima oleh rangkaian penerima (Rx) dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonic tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Waktu dihitung ketika pemancar aktif dan sampai ada input dari rangkaian penerima dan bila melebihi batas waktu tertentu rangkaian penerima tidak ada sinyal input, maka dianggap tidak ada halangan di depannya.

D. Sensor Compass

Mobile robot merupakan salah satu jenis robot yang sering menjadi robot susur atau robot penjelajah. Agar robot tidak salah arah, maka robot harus dilengkapi dengan sistem navigasi (compass) yang dapat

memberikan informasi arah dengan baik, sehingga robot dapat memutuskan dengan benar ke arah mana seharusnya bergerak. Banyak jenis compass digital yang diproduksi khusus untuk keperluan robotika, salah satu yang sangat populer adalah CMPS03 *Magnetic Compass* buatan Devantech Ltd. CMPS03 yang berukuran 4 x 4 cm. Sensor ini menggunakan sensor medan *magnet Philips KMZ51* yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet bumi [12]. Bentuk fisik dari komponen sensor compass CMPS03 dapat dilihat pada Gambar 3.

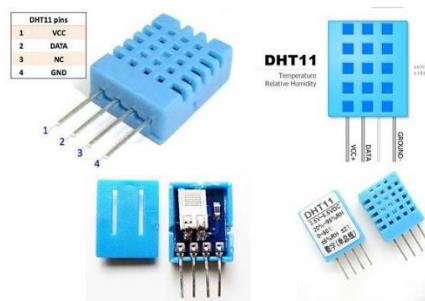


Gambar 3. Bentuk modul sensor compass

Compass digital ini hanya memerlukan suplai tegangan sebesar 5 Vdc dengan konsumsi arus 15mA. Pada CMPS03, arah mata angin dibagi dalam bentuk derajat yaitu : Utara (00), Timur (900), Selatan (1800) dan Barat (2700). Ada dua cara untuk mendapatkan informasi arah dari modul compass digital ini yaitu dengan membaca sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada pin 4 atau dengan membaca data *interface I2C* pada pin 2 dan 3.

E. Sensor DHT 11

Sensor DHT11 merupakan salah satu jenis sensor pembaca suhu (*temperatur*) ruangan dan kelembapan udara (*humidity*). Pada bagian body berwarna biru sensor DHT11 terdapat sebuah resistor dengan tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Resistor ini memiliki karekteristik, dimana nilai resistansinya berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Artinya semakin tinggi suhu ruangan maka nilai resistansi NTC akan semakin kecil. Data dari sensor ini diolah didalam IC controller. IC ini mengeluarkan output data dalam bentuk *single wire be-directional*. Bentuk komponen fisik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor DHT11

F. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO) [13]. Sensor MQ-7 memiliki sensitivitas tinggi dan respon yang cepat terhadap gas karbon monoksida, keluaran dari sensor ini berupa sinyal analog. Bentuk fisik sensor MQ-7 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sensor MQ-7

G. Motor Driver Cytron MDD10A Rev.02

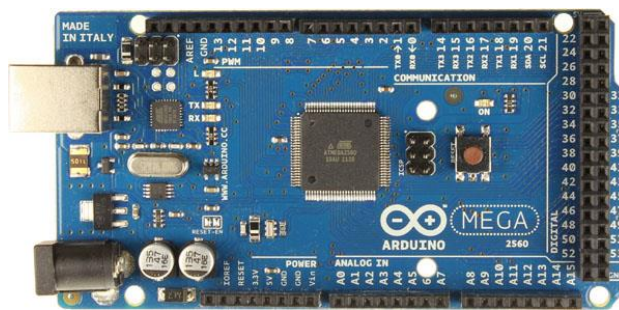
Driver motor Cytron MDD10A adalah versi dual-channel MD10C yang dirancang untuk menggerakkan 2 motor DC yang disikat dengan arus tinggi hingga 10A terus menerus. MDD10A dapat mendukung motor dari tegangan 5V-30V DC (Gambar 6).



Gambar 6. Motor Driver Cytron MDD10A

H. Arduino Mega 2560 Rev.3

Arduino mega 2560 merupakan sebuah board arduino yang menggunakan IC Mikrokontroler Atmega 2560. Arduino mega 2560 memiliki pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input/Output, 15 diantaranya dapat digunakan sebagai Output PWM, sedangkan 16 Analog Input, 4 UART. Arduino mega 2560 juga dilengkapi dengan crystal 16 Mhz (untuk penggunaan yang relatif sederhana dengan menghubungkan power USB ke PC/Laptop atau dengan menggunakan Jack adaptor 7-12V DC). Komponen fisik Arduino Mega 2560 Rev.3 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Arduino Mega 2560 Rev.3

I. Fuzzy Logic

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika boolean yang mengenalkan konsep *kebenaran sebagian*. Dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binery (0 atau 1, hitam atau putih, iya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadah dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

Alasan penggunaan algoritma Fuzzy

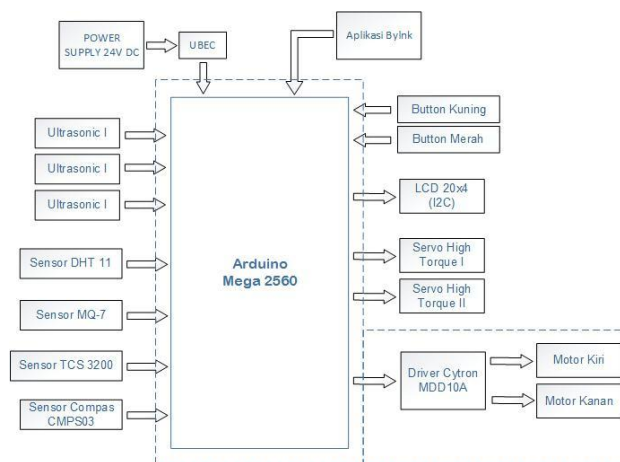
1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti, konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
4. Logika fuzzy dapat memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

III. PERANCANGAN

Penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Perancangan sistem terdiri dari Studi kepustakaan tentang pengembangan kendali robot sampah menggunakan kecerdasan buatan, Perancangan perangkat keras (*hardware*) *smart T-bot*, Perancangan algoritma (*software*) untuk *smart T-bot*, Integrasi antara mekanisme *hardware* dan *software*, Pengujian dan evaluasi untuk sistem secara keseluruhan apakah telah memenuhi kinerja yang diinginkan.

A. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Blok diagram pada perancangan robot kendali sistem navigasi *Smart T-Bot* ini dapat dilihat pada Gambar 8. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 8 tersebut sensor masukan dari robot tersebut berupa sensor Ultrasonic, sensor Compass CMPS03, sensor DHT11, sensor MQ-7, sensor warna TCS3200, dan aplikasi ByInk. Sedangkan keluaran dari robot *Smart T-Bot* ini yaitu tampilan LCD 20x4, Motor PG45, dan Servo MG996. Seluruh komponen sensor diatur oleh Arduino Mega 2560 dan aplikasi Android ByInk.



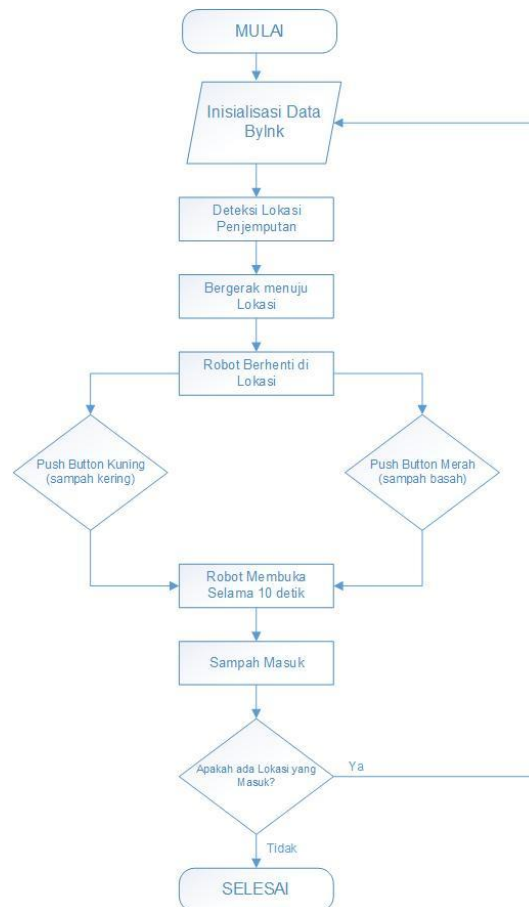
Gambar 8. Perancangan perangkat keras Smart Trash Robot

Bagian garis putus-putus merupakan bagian yang akan dibahas pada penelitian kali ini. Detail berjalannya robot diatur oleh sensor compass CMPS03 dan bergerak menghindari hambatan menggunakan sensor ultrasonic. Sensor ultrasonic akan mengirimkan data jika ada nya halangan berupa dinding atau manusia yang sedang berdiri didekatnya. Penempatan warna yang berbeda-beda pada masing-masing ruangan agar memudahkan robot dalam pembacaan wilayah ia berada. Pemanggilan

robot *smart T-Bot* di gunakan menggunakan aplikasi android Bylnk. Robot *smart T-Bot* akan bergerak menuju suatu ruangan sesuai panggilan dari aplikasi android Bylnk.

B. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem navigasi smart T-Bot dirancang untuk mengatur gerak robot dalam mencapai tujuan. Sistem navigasi dirancang agar robot mengenali posisi dan arah tujuan berdasarkan data yang diberikan. Untuk memudahkan membaca alur navigasi, hal pertama yang harus dilakukan dalam perancangan perangkat lunak adalah membuat diagram alir (flowchart). Dengan adanya flowchart, maka arah gerak navigasi robot dapat dipahami. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 9.

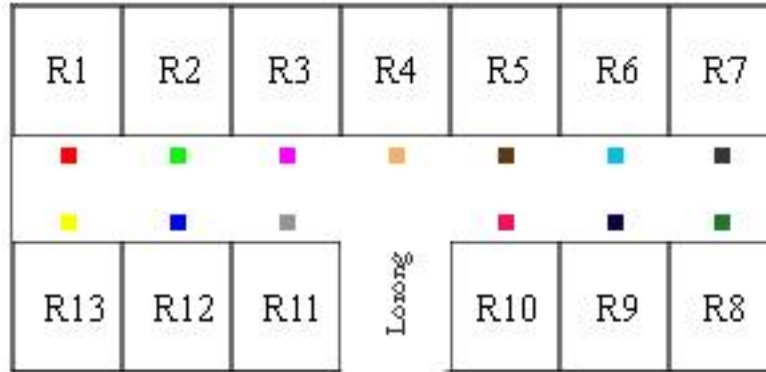


Gambar 9. Flowchart Smart T-Bot

IV. PROPOSED METHOD

A. Pembagian Jalur Gerak Robot

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan gambar sesuai skema yang telah diperhitungkan. Pembagian jalur gerak robot pada kelas di Gedung V Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Jalur pergerakan robot

Berdasarkan prosedur pada metode penelitian, perancangan *Smart Trash Robot* dilakukan berdasarkan sistem kerja yang merujuk pada flowchart diagram pada Gambar 9.

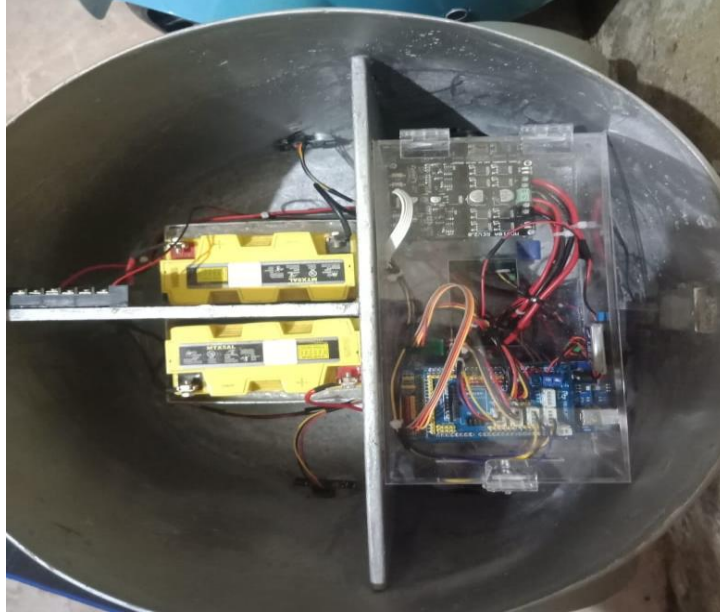
B. Hasil Rancangan Base Control

Hasil rancangan untuk base control diletakan pada bagian bawah, seluruh bagian komponen pada robot dialirkan pada satu bagian control yang ada pada base bawah robot dan diletakan pada satu bagian *shield* yang kompeten terhadap arduino, sehingga memudahkan dalam pengecekan komponen jika terjadi masalah (Gambar 11).



Gambar 11. Shield Komponen

Hasil perancangan pada bagian base dapat dilihat pada gambar 12. Semua jalur komponen diletakan pada satu bagian, sehingga mudah dalam pengecekan PIN data yang digunakan dan memudahkan jika terjadi masalah.



Gambar 12. Susunan komponen pada base bawah

C. Rules Data Fuzzy pada Motor

Pada pembuatan robot sampah ini digunakan metode fuzzy logic untuk memudahkan dalam pembacaan wilayah (*mapping*), sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan kondisi dan keadaan yang dibawanya. Rules data yang diberikan merupakan rules data dari motor kiri dan kanan yang dipengaruhi oleh sensor ultrasonic HC-SR04.

Pergerakan robot di pengaruhi terhadap sensor Ultrasonic HC-SR04, untuk menghindari halangan ataupun berhenti karena tidak memungkinkan untuk bergerak. Setiap keputusan yang diambil dalam bergerak robot mengacu pada rules fuzzy yang telah dibuat. Sehingga pergerakan robot dapat disesuaikan dengan keadaan jalur pergerakan. Dapat dilihat pada Gambar 13 & 14 merupakan tampilan pembacaan grafik dari rules yang sudah dibuat.

Tampilan Grafik pada sensor ultrasonic ini memiliki 3 ketentuan, yaitu: Dekat (*near*), Sedang (*medium*), Jauh (*far*). Tiga keadaan ini mendefinisikan jarak pada ultrasonic. Dengan melakukan perbandingan dari keadaan yang ada. Fuzzy logic dapat memutuskan suatu keputusan untuk mencari jalan keluar dari masalah tersebut. Contoh nya jika ada halangan di bagian kiri dengan jarak dekat, maka robot akan bermanuver secara otomatis ke arah kanan, demi menghindari halangan tersebut.

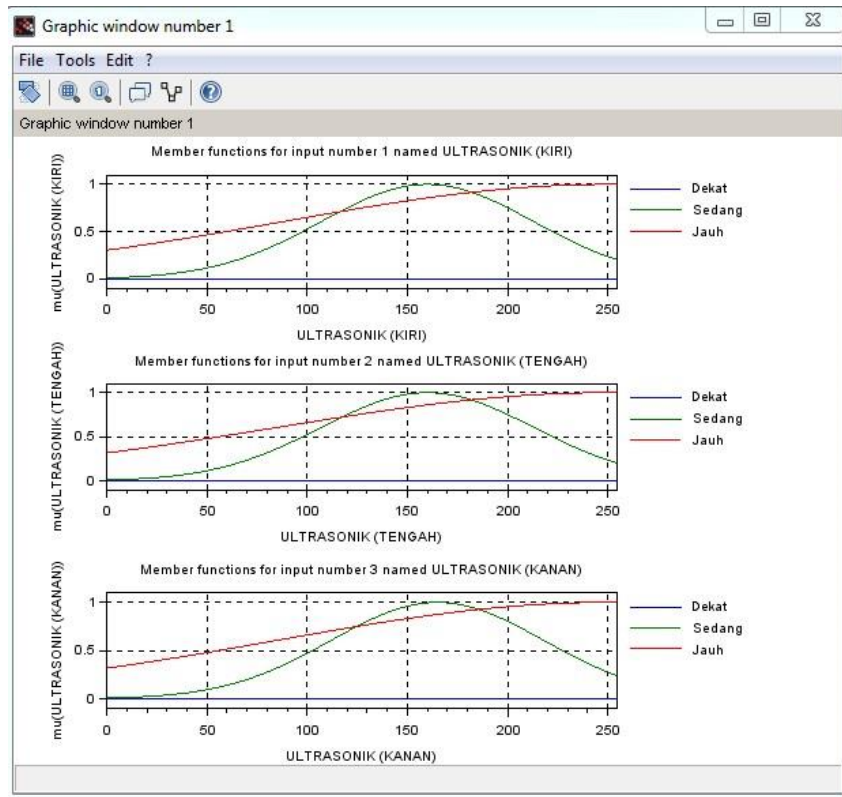
Gambar 14 merupakan tampilan grafik yang keluar pada kondisi motor jika terdapat halangan pada robot.

Motor akan bergerak sesuai dengan keputusan yang diambil oleh sensor ultrasonic. Seperti contoh penjelasan diatas. Robot akan bergerak secara otomatis kearah yang tidak memiliki halangan didepan nya.

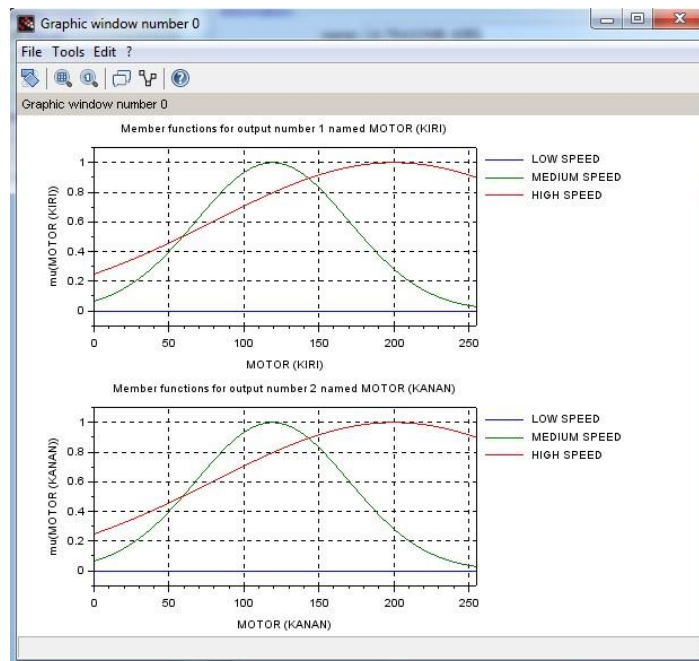
Grafik pada motor juga dibagi menjadi 3 bagian, yaitu Low Speed, Medium Speed, High Speed. Ketiga bagian ini berguna untuk mengatur cepat lambat nya robot sampai ketempat tujuan.

TABLE I. RULES FUZZY LOGIC

| INPUT | | | OUTPUT | |
|-------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|
| ULTRASONIC (KIRI) | ULTRASONIC (TENGAH) | ULTRASONIC (KANAN) | MOTOR (KIRI) | MOTOR (KANAN) |
| Near | Near | Near | Low | Low |
| Near | Near | Medium | Medium | Low |
| Near | Near | Far | High | Low |
| Near | Medium | Near | Medium | Medium |
| Near | Medium | Medium | Medium | Low |
| Near | Medium | Far | Medium | Low |
| Near | Far | Near | High | High |
| Near | Far | Medium | Medium | Medium |
| Near | Far | Far | High | High |
| Medium | Near | Near | Low | High |
| Medium | Near | Medium | Low | High |
| Medium | Near | Far | High | Low |
| Medium | Medium | Near | Low | Medium |
| Medium | Medium | Medium | Medium | Medium |
| Medium | Medium | Far | High | Low |
| Medium | Far | Near | High | High |
| Medium | Far | Medium | High | High |
| Medium | Far | Far | High | High |
| Far | Near | Near | Low | High |
| Far | Near | Medium | Low | High |
| Far | Near | Far | Low | High |
| Far | Medium | Near | Low | High |
| Far | Medium | Medium | Low | High |
| Far | Medium | Far | High | Low |
| Far | Far | Near | High | High |
| Far | Far | Medium | High | High |
| Far | Far | Far | High | High |



Gambar 13. Grafik Inputan dari sensor Ultrasonic HC-SR04



Gambar 14. Grafik Output pada Motor

V. FUTURE WORK

Metode yang diusulkan pada penelitian ini diharapkan dapat memperbaiki navigasi robot sampah yang telah dibuat sebelumnya. Dengan ada system fuzzy logic yang ditanamkan pada robot sampah, pergerakan robot dapat lebih terarah dan mulus. Untuk penelitian selanjutnya, navigasi robot sampah ini akan dikembangkan dengan lebih mengefektifkan penggunaan web cam dan penambahan kecerdasan artificial lainnya. Dengan adanya penambahan tersebut diharapkan robot sampah mampu mengefektifkan waktu dan juga mempersingkat jalur yang ditempuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Aristawati and C. Budiyanto, "Penerapan Robotika Dalam Pembelajaran STEM:Kajian Pustaka," Pros. Semin. Nas. UNS Vocat. Day, 2018.
- [2] A. R. Prima, "Robot dan Masa Depan," Eng. Wkly., 2016.
- [3] L. A. Zadeh, "Fuzzy logic," in Computational Complexity: Theory, Techniques, and Applications, 2013.
- [4] A. Meylani et al., "Different Types of Fuzzy Logic in Obstacles Avoidance of Mobile Robot," in Proceedings of 2018 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICECOS 2018, 2019.
- [5] A. S. Handayani, N. L. Husni, S. Nurmaini, and I. Yani, "Formation control design for real swarm robot using fuzzy logic," in ICECOS 2017 - Proceeding of 2017 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science: Sustaining the Cultural Heritage Toward the Smart Environment for Better Future, 2017.
- [6] A. S. Handayani, N. L. Husni, S. Nurmaini, and I. Yani, "Application of type-1 and type-2 fuzzy logic controller for the real swarm robot," Int. J. online Biomed. Eng., vol. 15, no. 6, 2019.
- [7] N. L. Husni and A. S. Handayani, "Odor Localization using Gas Sensor for Mobile Robot," 4th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics, pp. 1–6, 2017.
- [8] D. Hanafi, Y. M. Abueejela, and M. F. Zakaria, "Wall Follower Autonomous Robot Development Applying Fuzzy Incremental Controller," Intell. Control Autom., 2013.
- [9] Z. Lubis, "Metode Baru Robot Pengantar Menu Makanan Menggunakan Android dengan Kendali PID Berbasis Mikrokontroler," JET (Journal Electr. Technol., 2018.
- [10] E. D. Web, "sensor warna," 2019. .
- [11] M. Kiftiyah, Santoso, and Munsyi, "Robot Pendeteksi Warna," J. Sains dan Inform., 2015.
- [12] O. This, P. Kmz, C. Pin, and T. Pwm, "CMPS03 - Compass Module," Compass, 2007.
M. B. Manurung, D. Darmawan, and R. F. Iskandar, "Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ7," e-Proceeding Eng., 2018.