

Rancang Bangun Prototipe Robot Pemungut Sampah

Roy Sekaropa Ketaren^{1,*}, Farid Thalib²

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma

²Pusat Studi Sistem Sensor dan Teknik Pengukuran, Universitas Gunadarma

*Corresponding author: RoySekaropaKetaren@gmail.com

Abstract

This research aims to create a prototype of a litter collection robot that can be controlled by smartphone users using the Bluetooth controller application to clean up small scale litter in the room. The litter collector prototype applies fuzzy logic to avoid collisions. Research methodology is to determine the ability of robots to detect obstacles by using mathematical comparisons and to determine the maximum weight limit of waste that can be lifted by robots. The step taken is to conduct trials by placing objects as obstacles at a distance of 38 cm, 42 cm, 59 cm and 71 cm to determine the movement of the robot wheel. Mathematical calculations are carried out to determine the defuzzification results of these distances. The test results and mathematical calculations are then compared. The comparison results show that the distance of 38 cm and 42 cm is a safe distance category so that the robot stops, while the distance of 59 cm and 71 cm is the long distance category so that the robot advances with a speed of 9,5 rad/s. various litter with different weights. The test results show that the litter collector robot is able to detect litter in the trash box and the robot is able to lift litter with a maximum weight of 150 grams.

Abstrak

Penelitian bertujuan membuat prototipe robot pemungut sampah yang dapat dikendalikan oleh pengguna smartphone menggunakan aplikasi *Bluetooth controller* untuk membersihkan sampah skala kecil dalam ruangan. Prototipe robot pemungut sampah menerapkan logika *fuzzy* untuk menghindari terjadinya tabrakan. Metodologi penelitian untuk mengetahui kemampuan robot dalam mendeteksi halangan dengan menggunakan perbandingan perhitungan matematis serta untuk mengetahui batas maksimal berat sampah yang mampu diangkat oleh robot. Langkah yang dilakukan adalah melakukan uji coba dengan menempatkan objek sebagai halangan pada jarak 38 cm, 42 cm, 59 cm dan 71 cm untuk mengetahui pergerakan dari roda robot. Perhitungan matematis dilakukan untuk mengetahui hasil defuzzifikasi dari nilai jarak-jarak tersebut. Hasil uji coba dan perhitungan matematis kemudian dibandingkan. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa jarak 38 cm dan 42 cm adalah kategori jarak aman sehingga robot berhenti sedangkan jarak 59 cm dan 71 cm adalah kategori jarak jauh sehingga robot maju dengan kecepatan 9,5 rad/s. Langkah yang diambil untuk mengetahui batas maksimal berat sampah adalah melakukan uji coba dengan berbagai objek sampah dengan berat yang berbeda. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa Robot pemungut sampah mampu mendeteksi objek sampah di dalam kotak sampah dan robot mampu mengangkat objek sampah dengan berat maksimal 150 gram.

Keywords : *Fuzzy, Robot, Garbage, Ultrasonic Sensor, Servo.*

PENDAHULUAN

Manusia tidak bisa lepas dari sampah, karena sebagian besar aktivitas manusia dan proses alam akan menghasilkan sampah. Hal ini terjadi baik di dalam ruangan maupun di luarruangan. Di dalam ruangan, sampah-sampah yang berserakan dilantai tentu sangat mengganggu dan tidak enak dipandang mata. Tak jarang sebagian orang memiliki kebiasaan buruk membuang sampah sembarangan karena kurangnya disiplin dan edukasi dalam menjaga kebersihan. Oleh sebab itu, diperlukan robot pemungut sampah yang mampu bergerak memungut sampah dan memasukkannya ke dalam kotak sampah guna membantu menjaga kebersihan ruangan sekaligus mengedukasi masyarakat khususnya anak-anak dalam menjaga kebersihan dengan cara yang menyenangkan.

Secara bahasa, *fuzzy* berarti kabur atau samar. Istilah logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh. Jika pada logika digital hanya memiliki nilai kebenaran 0 atau 1, maka pada logika *fuzzy* nilai kebenaran antara 0 dan 1. Contoh penerapan logika *fuzzy* dalam kehidupan sehari-hari adalah dalam menentukan kategori tinggi badan. Tinggi badan memiliki nilai yang relative sehingga untuk menentukan apakah tinggi badan seseorang dapat dikategorikan tinggi, sedang atau pendek diperlukan logika fuzzy untuk menentukan derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan adalah besar pengaruh anggota himpunan *fuzzy* kedalam system *fuzzy* yang memiliki nilai 0 sampai dengan 1. Nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu hubungan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki kemungkinan, yaitu Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yakni Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa dan Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. [1]

Telaah pustaka penelitian terdahulu dilakukan untuk referensi penelitian ini. Penelitian tersebut diantaranya adalah Penelitian yang diajukan oleh Refsi Gusniarti dari program studi teknik computer fakultas ilmu komputer, Universitas Sriwijaya yang berjudul “Kotak Sampah Pintar Berbasis IOT”. Penelitian berupa membuat kotak sampah pintar berbasis IoT yang berfungsi membuka tutup kotak sampah, memilah sampah kering dan sampah basah secara otomatis. Beberapa komponen yang digunakan dalam pembuatan alat adalah modul *proximity kapasitif*, sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler Arduino Uno, nodeMCU esp8266, dan motor servo. Pengujian dilakukan membuka tutup kotak sampah dengan jarak maksimal 5 cm, pengujian memilah sampah basah dan sampah kering dengan penggabungan sensor *modul proximity* kapasitif dan sensor ultrasonic dengan jarak 0 cm hingga 10 cm dan dilakukan berulang dengan sampah yang berbeda. Dalam persentasi *error* dilakukan perhitungan keseluruhan pengujian alat sebesar 13,33%. [2] Penelitian yang ditelaah selanjut adalah Penelitian yang diajukan oleh Irmawati Iskandar dari program studi pendidikan teknik informatika dan komputer, jurusan teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Negeri Makasar yang berjudul “Rancang Bangun *Prototype* Robot Pemungut Sampah Berbasis Arduino Mega”. Penelitian dibuat untuk menghasilkan rancangan sebuah prototipe robot pemungut sampah yang otomatis menggunakan sensor ultrasonic sebagai komponen pendeteksi sampah untuk membantu pekerjaan manusia dalam menjaga kebersihan. Komponen utama yang digunakan dalam pembuatan alat adalah sensor ultrasonik HC-SR04, motor DC PG28, motor servo, baterai Li-Po dan mikrokontroler Arduino AT Mega 2560. Berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonic dapat disimpulkan bahwa sensor dapat mendeteksi objek sampah pada halangan jarak optimal 2 meter. [3] Penelitian yang ditelaah

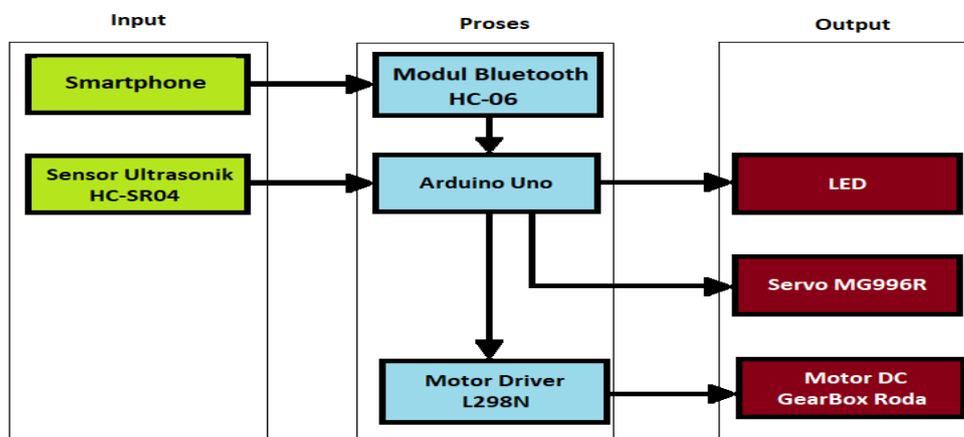
selanjutnya adalah Penelitian yang diajukan oleh Clara Robert Pangestu dari jurusan system komputer, fakultas teknologi informasi, universitas Andalas yang berjudul “Rancang Bangun *Prototype* Robot Pemungut Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler”. Penelitian membuat robot pemungut sampah berbasis mikrokontroler Arduino Uno untuk membantu menjaga kebersihan lingkungan. Komponen utama yang digunakan pada alat adalah sensor ultrasonik, sensor MQ-4, sensor *photo diode*, driver motor, motor DC *gear box* roda, *push button* dan *power bank*. Hasil pengujian sensor ultrasonic terdapat *error* atau selisih dengan jarak sebenarnya sebesar 2,4%. Pengujian sensor MQ-4 menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi kadar gas metana yang berada di tempat sampah basah yang berisikan sususapi 200 ml dengan nilai 208 ppm. Pengujian sensor *photo diode* menunjukkan bahwa sensor dapat membaca garis dengan jarak 1-5 cm. Robot dapat berjalan melewati denah jalur membawa beban 150 gram dengan waktu tempuh paling cepat 79 detik. Hasil pengujian dengan beban 320 gram dengan rute yang sama ditempuh dalam waktu 145 detik. [4] Penelitian yang ditelaah selanjut adalah Penelitian yang dilakukan oleh Edi Nurcahyo dari fakultas teknik, universitas Negeri Yogyakarta yang berjudul “Tempat Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535”. Penelitian membuat tempat sampah pintar untuk mengatasi bahaya dari limbah sampah dalam rangka menjaga kesehatan dan kebersihan lingkungan. Komponen utama yang digunakan pada alat adalah mikrokontroler ATmega8535, sensor ultrasonik SRF05, motor DC dan IC L293D. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketelitian sensor ultrasonik dalam membaca jarak adalah 99,55%. Kondisi terdeteksi jika objek berada pada jarak < 77 cm, maka IC L293D akan menggerakkan motor DC untuk membuka tutup sampah secara otomatis. [5] Penelitian yang ditelaah selanjutnya adalah Penelitian yang diajukan oleh Deny Nusyir wandari program studi teknik elektro, fakultas teknik, universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) yang berjudul “Tong Sampah Pintar dengan di Sekolah”. Penelitian dirancang untuk meningkatkan kesadaran siswa di sekolah dalam menjaga kebersihan dan membuang sampah pada tempatnya. Tong sampah berbasis Arduino dikendalikan dengan perintah suara. Komponen utama yang digunakan pada alat adalah modul *Bluetooth*, motor servo, sensor ultrasonik, motor DC, motor driver L298N, LCD yang sudah terpasang I2C dan mikrokontroler Arduino Uno. Penelitian dilaksanakan di SD 002 Tanjung Pinang Timur, dimulai dengan pendekatan sosialisasi dengan purwarupa sederhana yang dipergunakan untuk uji fungsi dan manfaat bersama siswa calon pengguna teknologi. Dari hasil pengujian kepada siswa didapatkan bahwa purwarupa yang dihasilkan menarik dan mudah untuk dipergunakan oleh parasiswa serta system dapat berfungsi dengan baik tanpa kendala. [6]

METODE PENELITIAN

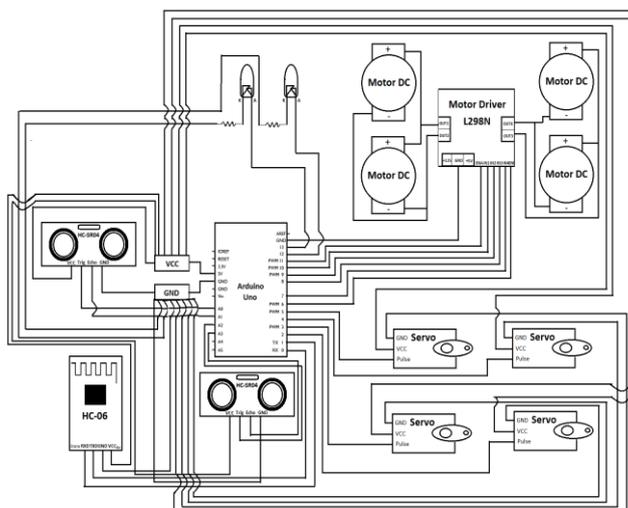
Perancangan Perangkat Keras

Smartphone adalah perangkat keras yang digunakan untuk melakukan pemasangan aplikasi Arduino *Bluetooth Controller*, pergerakan robot dikendalikan melalui tampilan aplikasi. Sensor Ultrasonik adalah komponen yang berfungsi sebagai pemberi *input* berupa nilai jarak sensor ke suatu objek di depannya yang akan diproses oleh Arduino Uno. Motor servo MG996R adalah komponen yang berfungsi sebagai actuator penggerak untuk proses pemungutan objek sampah. Motor DC *Gear Box* Roda adalah komponen yang berfungsi sebagai actuator penggerak robot untuk maju, mundur, ataupun berbelok. Modul *Bluetooth* HC-06 adalah komponen yang berfungsi menjebatani *smartphone* dan sistem robot pemungut sampah. Robot pemungut sampah dikendalikan menggunakan *smartphone* dengan menggunakan aplikasi Arduino *Bluetooth controller*. LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen yang berfungsi sebagai indicator untuk mengetahui kondisi kotak sampah sudah

penyala atau belum penyala. Jika kapasitas kotak sampah sudah terisi penuh maka LED merah akan menyala dan LED hijau padam. Namun Jika kotak sampah belum penuh maka LED hijau menyala dan LED merah padam.



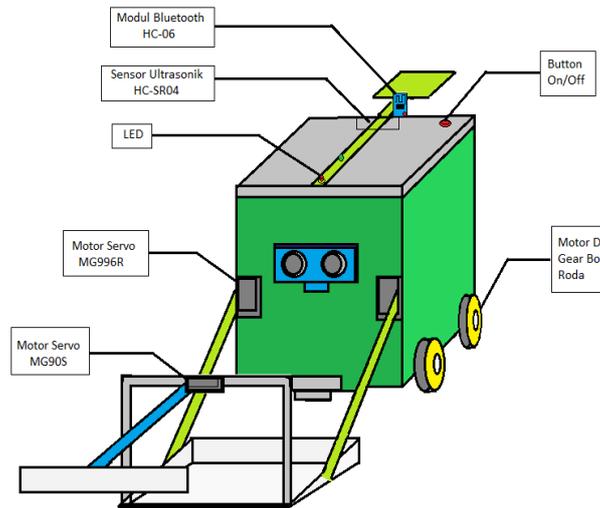
Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras



Gambar 2. Rangkaian Alat Secara Keseluruhan

Mikrokontroler Arduino Uno merupakan bagian komponen yang sangat penting dalam prototipe robot pemungut sampah karena merupakan pemroses dan juga pengonversi dari input yang terjadi di dalam Mikrokontroler yang akan menghasilkan *output*. Semua komponen terhubung ke Arduino Uno, yakni Kaki Anoda LED Merah dihubungkan ke pin D13 Arduino Uno, Kaki Anoda LED Hijau dihubungkan ke pin D12 Arduino Uno, Pin ENA Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D11 Arduino Uno, Pin IN1 Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D10 Arduino Uno, Pin IN2 Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D9 Arduino Uno, Pin IN3 Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D8 Arduino Uno, Pin IN4 Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D7 Arduino Uno, Pin ENB Motor Driver L298N dihubungkan ke pin D6 Arduino Uno, Pin *Pulse* Motor Servo 4 dihubungkan ke pin D5 Arduino Uno, Pin *Pulse* Motor Servo 3 dihubungkan ke pin D4 Arduino Uno, Pin *Pulse*

Motor Servo 2 dihubungkan ke pin D3 Arduino Uno, Pin *Pulse* Motor Servo 1 dihubungkan ke pin D2 Arduino Uno, Pin Rx Modul *Bluetooth* dihubungkan ke pin D1/Tx Arduino Uno, Pin Tx Modul *Bluetooth* dihubungkan ke pin D0/Rx Arduino Uno, Pin Trig Sensor Ultrasonik dihubungkan ke pin A0 Arduino Uno, Pin Echo Sensor Ultrasonik dihubungkan ke pin A1 Arduino Uno, Pin Trig Sensor Ultrasonik 2 dihubungkan ke pin A2 Arduino Uno, Pin Echo Sensor Ultrasonik 2 dihubungkan ke pin A3 Arduino Uno, Pin VCC komponen terhubung ke pin 5V Arduino Uno, Pin GND komponen terhubung ke pin GND Arduino Uno.



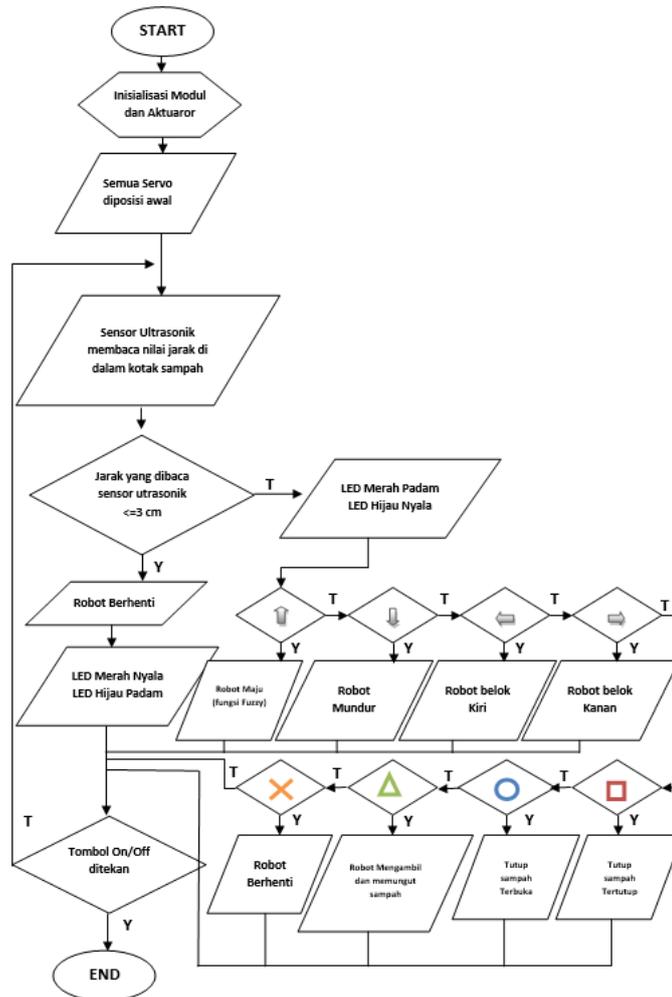
Gambar 3. Maket Alat

Rangka utama yang digunakan untuk pembuatan alat adalah kotak sampah *Green Leaf* dengan dimensi 25 cm x 25 cm x 50 cm.



Gambar 4. Prototipe Robot PemungutSampah

Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 5. Flowchart Program

Flowchart program (Gambar 5) pada Arduino IDE berisi instruksi-instruksi program untuk diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno. Program terdiri dari inisialisasi komponen diantaranya yaitu sensor ultrasonik, motor servo, motor DC dan LED. Setelah melakukan inisialisasi, program langsung mengambil nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik sebagai *input* untuk diproses dilakukan perbandingan. Jika nilai jarak sensor ultrasonik lebih kecil dari 3 cm, maka program akan masuk ke *void* berhenti(); dimana semua motor DC akan bernilai 0 atau *LOW* yang membuat semua motor DC berhenti berputar, nilai LED merah menjadi *HIGH* atau *On* dan LED hijau menjadi *LOW* atau *Off*, kondisi ini akan terus berlangsung hingga nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik lebih besar dari 3 cm atau tombol *on/off* ditekan sehingga *supply* daya ke sistem terputus. Jika nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik lebih besar dari 3 cm, maka nilai LED merah menjadi *LOW* atau *Off* dan LED hijau menjadi *HIGH* atau *On*. Program akan menunggu nilai input dari aplikasi Arduino Bluetooth controller pada *smartphone* apabila salah satu icon tombol pada tampilan aplikasi ditekan. Setiap *icon* tombol pada tampilan aplikasi diberikan inisialisasi yakni, F yang berarti *Front*, B yang berarti *Back*, L yang berarti *Left*, R yang berarti *Right*, C yang berarti *Close*, O yang berarti *Open*, T yang berarti *Take* dan S yang berarti *Stop*. Jika nilai *Serial.read* yakni *t == F*, maka program akan masuk ke *void* fuzzy(); dimana nilai IN1 akan

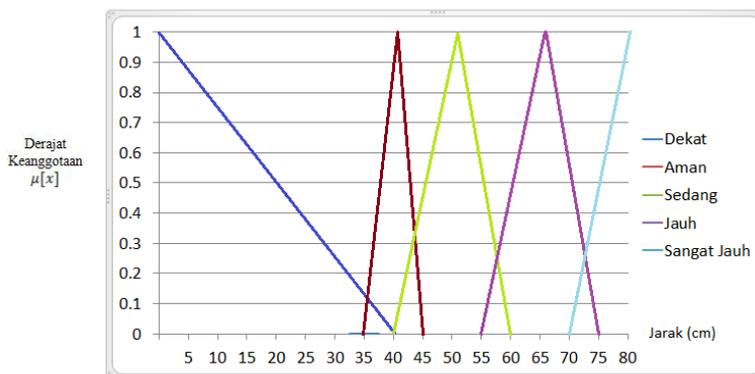
menjadi *HIGH* atau *On*, nilai IN2 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN3 akan menjadi *HIGH* atau *On* dan nilai IN4 akan menjadi *LOW* atau *Off*, sedangkan nilai ENA dan ENB bergantung pada nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik 2. Jika jarak 40 cm sampai 60 cm, maka nilai ENA dan ENB adalah 150 pwm. Jika jarak 55 cm sampai 75 cm, maka nilai ENA dan ENB adalah 200 pwm. Jika jarak lebih dari 75 cm, maka nilai ENA dan ENB adalah 255 pwm. Jika jarak 35 cm sampai 45 cm, maka program akan masuk ke void berhenti();. Jika jarak kurang dari 40 cm nilai IN2 akan menjadi *HIGH* atau *On*, nilai IN1 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN4 akan menjadi *HIGH* atau *On* dan nilai IN3 akan menjadi *LOW* atau *Off*, sedangkan nilai ENA dan ENB adalah 180 pwm. Jika nilai Serial.read yakni t == B, maka nilai IN2 akan menjadi *HIGH* atau *On*, nilai IN1 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN4 akan menjadi *HIGH* atau *On* dan nilai IN3 akan menjadi *LOW* atau *Off*. Jika nilai Serial.read yakni t == L, maka nilai IN1 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN2 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN3 akan menjadi *HIGH* atau *On* dan nilai IN4 akan menjadi *LOW* atau *Off*. Jika nilai Serial.read yakni t == R, maka nilai IN1 akan menjadi *HIGH* atau *On*, nilai IN2 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN3 akan menjadi *LOW* atau *Off* dan nilai IN4 akan menjadi *LOW* atau *Off*. Jika nilai t == C, maka servo4.write bernilai 0. Jika nilai t == O, maka servo4.write bernilai 180. Jika nilai t == T, maka program akan masuk ke void berhenti();, servo1.write bernilai 0, servo4.write bernilai 180, servo2.write bernilai 180, servo1.write bernilai 0 yang akan membuat motor servo bergerak mengambil dan memungut sampah. Jika nilai Serial.read yakni t == S, maka program akan masuk ke void berhenti(); dimana nilai IN1 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN2 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN3 akan menjadi *LOW* atau *Off*, nilai IN4 akan menjadi *LOW* atau *Off*, kondisi ini akan terus berlangsung hingga nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik lebih kecil sama dengan 3 cm atau tombol *on/off* ditekan sehingga *supplay* daya ke sistem terputus.

Flowchart system (Gambar 6) menjelaskan bagaimana alur keseluruhan alat bekerja. Bagian pertama adalah semua servo diatur posisi sudutnya yakni servo 1 pada posisi sudut 180°, servo 2 pada posisi sudut 45°, servo 3 pada posisi sudut 135° dan servo 4 pada posisi sudut 0°. Selanjutnya sensor ultrasonik mengukur jarak objek sampah yang ada di dalam tempat sampah untuk digunakan sebagai *input*. Jika nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik adalah kurang atau sama dengan 3 cm, maka itu menunjukkan kotak sampah dalam kondisi sudah penuh. Jika kotak sampah dalam kondisi penuh, maka motor DC yang bekerja sebagai roda robot akan berhenti, LED merah menyala dan LED hijau padam. Kondisi ini akan terus berlangsung sampai nilai jarak yang dibaca sensor ultrasonik lebih besar dari 3 cm. Namun jika nilai jarak sensor ultrasonik bernilai lebih besar dari 3 cm, maka kotak sampah dalam kondisi belum penuh. Jika kotak sampah belum penuh, LED merah padam dan LED hijau menyala. Sistem akan menunggu *input* berupa tekanan pada *icon* tombol dari tampilan aplikasi Arduino *Bluetooth controller* pada *smartphone*. Jika tombol  ditekan, maka pergerakan semua motor DC akan bergantung dengan nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik 2, yakni jika jarak kurang dari 40 cm, maka semua motor DC akan berputar dengan kecepatan 8,75 rad/s membuat robot berjalan mundur. Jika jarak 35 cm sampai 45 cm, maka semua motor DC akan berhenti berputar dan membuat robot berhenti. Jika jarak 40 cm – 60 cm, maka semua motor DC akan berputar dengan kecepatan 7,56 rad/s membuat robot berjalan maju. Jika jarak 55 cm sampai 75 cm, maka semua motor DC akan berputar dengan kecepatan 9,5 rad/s membuat robot berjalan maju. Jika jarak lebih besar dari 75 cm, maka semua motor DC akan berputar dengan kecepatan 13,4 rad/s membuat robot berjalan maju. Jika tombol  ditekan, maka semua motor DC akan berputar dengan kecepatan 8,75 rad/s dan membuat robot berjalan mundur. Jika tombol  ditekan, maka dua motor DC sebelah kanan akan berputar berlawanan arah jarum jam dan dua motor DC sebelah kiri akan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Coba Penerapan Logika *Fuzzy*

Uji coba dilakukan dengan membagi nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik 2 menjadi beberapa himpunan *fuzzy* yaitu dekat (0 cm – 40 cm), aman (35 cm – 45 cm), sedang (40 cm – 60 cm), jauh (55 cm – 75 cm) dan sangat jauh (> 70 cm). Grafik pembagian himpunan *fuzzy* ini dapat dilihat pada gambar 7.



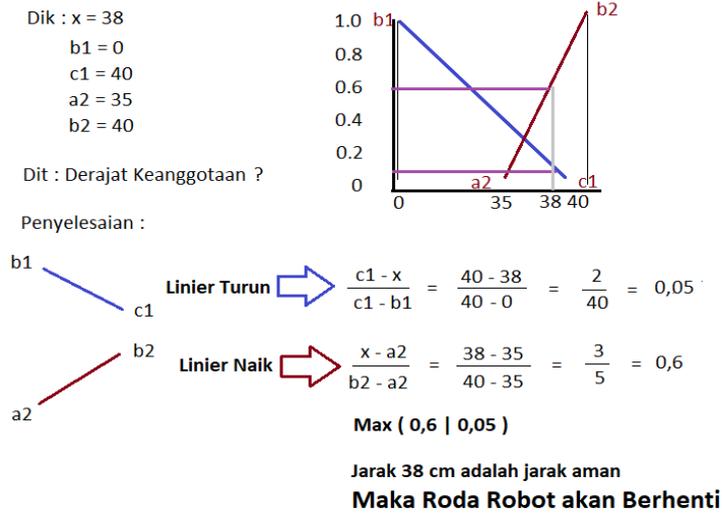
Gambar 7. Grafik Pembagian Jarak sebagai Himpunan *Fuzzy*

Fungsi Implikasi *fuzzy* yang diterapkan adalah jika jarak dekat, maka robot berjalan mundur dengan kecepatan putaran motor DC 8,75 rad/s. Jika jarak aman, maka robot akan berhenti. Jika jarak sedang, maka robot berjalan maju dengan kecepatan putaran motor DC 7,56 rad/s. Jika jarak jauh, maka robot akan berjalan maju dengan kecepatan putaran motor DC 9,5 rad/s pwm. Jika jarak sangat jauh, maka robot akan berjalan maju dengan kecepatan putaran motor DC 13,4 rad/s. Fungsi implikasi dapat dilihat pada tabel 1.

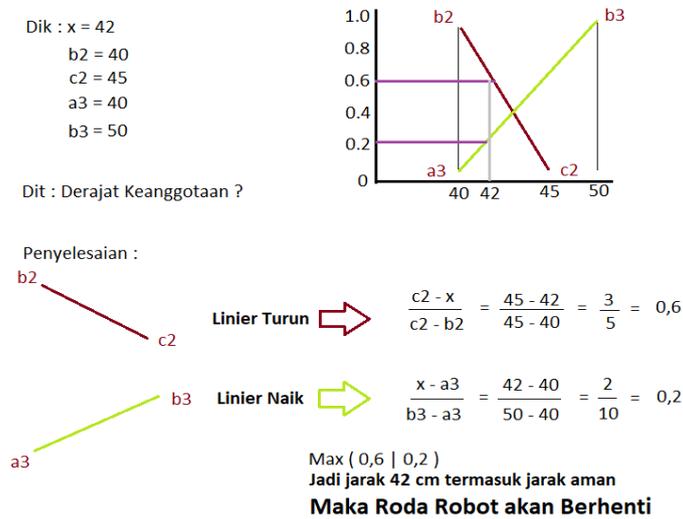
Tabel 1. Fungsi Implikasi

| Kondisi (Jika) | Hasil (Maka) | Kecepatan Putaran Motor Dc (rad/s) |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Jarak dekat | Robot berjalan mundur | 8,75 |
| Jarak aman | Robot berhenti | 0 |
| Jarak sedang | Robot berjalan maju pelan | 7,56 |
| Jarak jauh | Robot berjalan maju kencang | 9,5 |
| Jarak sangat jauh | Robot berjalan maju sangat kencang | 13,4 |

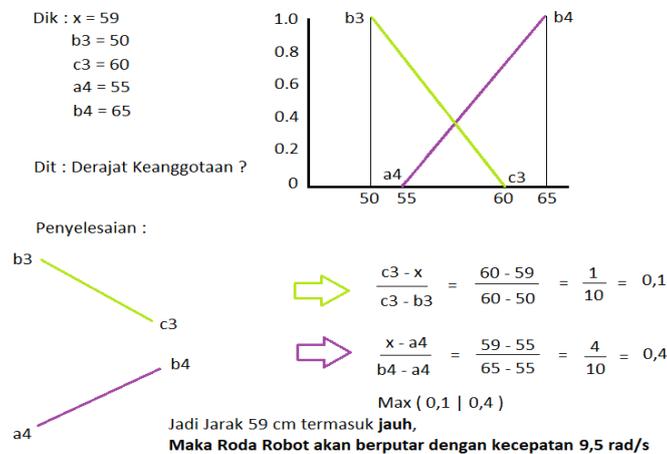
Aturan yang diterapkan adalah metode *max*, yakni dengan mengambil nilai terbesar. Selanjutnya perhitungan dilakukan untuk membandingkan output yang dihasilkan alat dengan hasil perhitungan. Perhitungan dilakukan dengan dengan cara mengambil sampel jarak dari daerah abu-abu pada grafik yaitu 38 cm, 42 cm, 59 cm dan 71 cm. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 8 - 11.



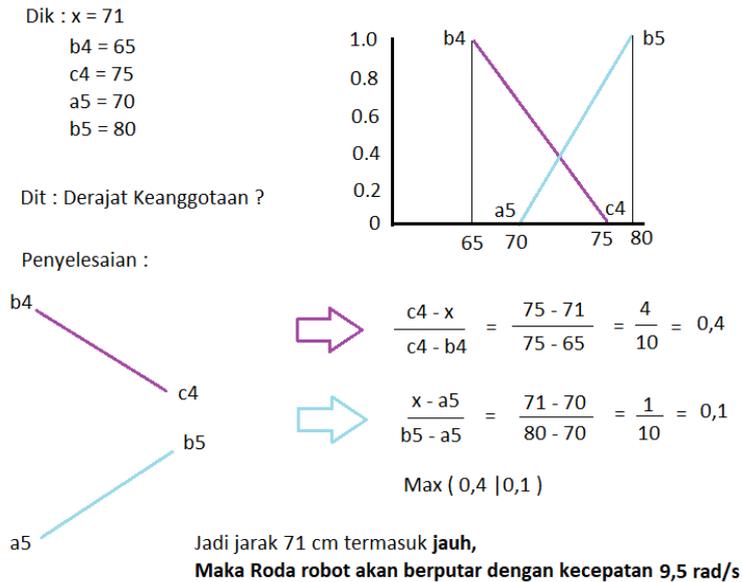
Gambar 8. Perhitungan Sampel Jarak 38 cm



Gambar 9. Perhitungan Sampel Jarak 42 cm



Gambar 10. Perhitungan Sampel Jarak 59 cm



Gambar 11. Perhitungan Sampel Jarak 71 cm

Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan hasil uji coba langsung pada alat dengan memberi halangan di depan sensor ultrasonik 2. Dengan menggunakan meteran, posisi halangan dipindahkan secara bertahap untuk melihat *output* yang dihasilkan motor DC *gear box* roda. Setelah pengujian dilakukan, diperoleh data yang dimuat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Coba Pergerakan motor DC terhadap Jarak Halangan

| Hasil Uji Coba | | Hasil Perhitungan Matematis |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Jarak Halangan (cm) | Keadaan Roda | |
| 38 | Berhenti | 38 cm termasuk jarak aman |
| 42 | Berhenti | 42 cm termasuk jarak aman |
| 59 | Berputar, kecepatan 9,5 rad/s | 59 cm termasuk jarak jauh |
| 71 | Berputar, kecepatan 9,5 rad/s | 71 cm termasuk jarak jauh |

Uji Coba Kemampuan Angkat Servo

Uji coba dilakukan dengan cara memberikan objek sampah dengan berat yang bervariasi. Uji coba dilakukan untuk mengetahui berat maksimal objek sampah yang mampu diangkat oleh motor servo MG996R. Setelah uji coba dilakukan didapatkan data berat sampah yang mampu diangkat dan yang tidak mampu diangkat oleh motor servo MG996R yang dimuat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Uji Coba Kemampuan Servo 2 dan 3 terhadap Berat Sampah

| Massa Sampah (gram) | Hasil Pengamatan Servo 2 dan 3 |
|---------------------|--------------------------------|
| 50 | Mampu mengangkut sampah |
| 100 | Mampu mengangkut sampah |
| 150 | Mampu mengangkut sampah |
| 168 | Tidak mampu mengangkut sampah |

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis proses dan hasil pengujian sistem, maka dapat disimpulkan bahwa prototipe robot pemungut sampah dapat dikendalikan melalui tampilan aplikasi Arduino *Bluetooth controller* untuk bergerak maju, mundur, berbelok, membuka tutup tempat sampah, menutup tutup tempat sampah dan mengangkut sampah dengan berat maksimal 150 gram. Penerapan logika *fuzzy* pada robot sesuai dengan perhitungan matematis. Robot berhenti pada jarak 38 cm dan 42 cm terhadap halangan di depannya yang masuk ke dalam kategori jarak aman. Robot berjalan maju kecepatan 9,5 rad/s pada jarak 59 cm dan 71 cm terhadap halangan di depannya yang masuk ke dalam kategori jarak jauh. Perancangan prototipe robot pemungut sampah masih memiliki banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Dari analisis kekurangan sistem, diperlukan tambahan mode kendali manual untuk mengambil alih kendali otomatis (membuat *non-aktif* logika *fuzzy*) pada sistem untuk mengatasi tumpukan sampah yang memiliki ketinggian lebih dari 30 cm. Diperlukan pula tambahan sensor, algoritma pemrograman, dan komponen penunjang untuk menambahkan sistem *auto pilot*. Dengan adanya sistem *auto pilot*, robot tidak memerlukan smartphone dan operator untuk berkerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Y. B. Tarigan, M. L. Gaol and Z. Situmorang, "Keterhubungan Kinerja Dosen dengan Nilai Mahasiswa menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," in *Sementika*, Medan, 2017.
- [2] R. GUSNIARTI, "Kotak Sampah Pintar Berbasis IOT," Universitas Sriwijaya, Palembang, 2020.
- [3] A. R. Patta and I. Iskandar, "Prototype Robot Pemungut Sampah Berbasis Arduino Mega," *Jurti*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2019.
- [4] R. P. Clara, "Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler," Universitas Andalas, Padang, 2019.
- [5] E. Nurcahyono, "Tempat Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535," Yogyakarta, 2020.
- [6] D. Nusyirwan, "Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, 2020.