

PERANCANGAN SIMULASI ROBOT PEMADAM API OTOMATIS BERBASIS ARDUINO

Michael Anthony, Johanes Adi P., S.T., M.T

Program Studi Listrik Pesawat Universitas Nurtanio Bandung

E-mail : anthonymoe865@gmail.com

Abstrak

Robot bermanfaat untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi, membutuhkan tenaga besar, pekerjaan yang berulang, dan pekerjaan yang berbahaya. Saat ini, robot dikembangkan dengan berbagai desain dengan tujuan-tujuan tertentu, salah satunya adalah robot pemadam api. Robot pemadam api yang sudah dikembangkan sebelumnya, pada umumnya sistem navigasinya berbasis otonom. Pada penelitian ini akan dilakukan sebuah rancang bangun robot pemadam api yang berbasis mikrokontroler Arduino Uno, Selain dari itu, robot pemadam api yang dibangun memiliki fitur tambahan proteksi menggunakan sensor ultrasonik, yang berfungsi sebagai fungsi yang melindungi robot dari tabrakan. Fitur proteksi ini akan berfungsi mengunci gerakan robot, jika terdeteksi objek penghalang pada jarak tertentu, sehingga instruksi dari user tidak akan dieksekusi jika fitur proteksi ini sedang dalam status on. Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui kinerja fungsi-fungsi robot yang sudah dibangun. Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan, diperoleh bahwa fungsi-fungsi dan fitur yang dibangun pada robot ini memiliki kinerja yang baik, dan berjalan sesuai tujuan yang ingin dicapai.

Kata Kunci : Robot Pemadam Api, Sensor Ultrasonik, Sensor Api.

Abstract

Robots are useful for assisting humans in tasks that require high precision, great strength, repetitive tasks, and dangerous work. Currently, robots are being developed with various designs for specific purposes, one of which is firefighting robots. Firefighting robots developed previously generally have autonomous navigation systems. This study will design a firefighting robot based on the Arduino Uno microcontroller. In addition, the built firefighting robot features additional protection using ultrasonic sensors, which serve to protect the robot from collisions. This protection feature will lock the robot's movement if an obstacle is detected at a certain distance, preventing user instructions from being executed while the protection feature is on. Several tests are conducted in this study to evaluate the performance of the built robot's functions. Based on the overall test results, it is found that the functions and features built into this robot perform well and achieve the intended goals.

Keywords : Fire Extinguisher Robot, Ultrasonic Sensor, Flame Sensor

PENDAHULUAN

Teknologi merupakan suatu pengetahuan yang ditujukan untuk membuat sebuah alat yang dapat membantu pekerjaan manusia. Salah satu perkembangan teknologi saat ini adalah teknologi dibidang robotik, dengan begitu manusia merasa sangat terbantu dengan adanya robot yang dapat bermanfaat bagi manusia yang membutuhkan ketelitian tinggi dan mampu mengatasi situasi yang beresiko. Salah satu pekerjaan yang beresiko tinggi yaitu petugas pemadam kebakaran[1].

Penggunaan teknologi robot pemadam kebakaran menjadi suatu langkah inovatif dalam menjawab tantangan dan risiko yang dihadapi oleh petugas pemadam kebakaran dalam melaksanakan tugas mereka. Pekerjaan pemadam kebakaran adalah salah satu pekerjaan yang penuh risiko, terutama ketika

dihadapkan pada kebakaran yang melibatkan area luas atau lingkungan yang berbahaya. Dalam beberapa situasi, penggunaan robot pemadam kebakaran dapat memberikan solusi yang efektif, efisien dan mempermudah akses ketempat yang sulit dijangkau oleh mobil pemadam. Robot pemadam kebakaran dirancang untuk mencapai tempat-tempat yang sulit diakses oleh petugas pemadam.

TINJAUAN PUSTAKA

Robot pemadam api memerlukan *sensor* untuk menjalankan fungsinya dengan baik, diantara lain adalah *sensor* pendeteksi api dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan kemudian memberikan informasi kepada mikrokontroler sehingga robot akan menghindari halangan.

Tujuan dari perancangan robot pemadam api

dengan menggunakan 3 sensor ultrasonik dan flame sensor 5 channel berbasis arduino uno untuk dapat melewati jalur lintasan dan memadamkan lilin sebagai sumber apinya.

Robot

Robot adalah sebuah alat yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol atau menggunakan program. Dalam teknologi robotika terdapat dua jenis *robot* yaitu *robot* manual dan *robot* otomatis.

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol dan dapat menyimpan program didalamnya yang terdiri dari CPU, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi didalamnya.

Kompiler Arduino

Kompiler *arduino* adalah perangkat lunak *arduino* memiliki nama *arduino IDE*. *Arduino IDE* merupakan sebuah aplikasi yang digunakan untuk membuat program yang nantinya akan dimasukkan kedalam mikrokontroler. Kompailer dapat diperoleh secara gratis di *internet* dengan mendownloadnya.

Arduino uno

Arduino uno adalah *board* mikrokontroler berbasis yang memiliki 14 pin *input* dari *output digital*, 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output PWM* dan 6 pin *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup dengan menghubungkan *board arduino uno* ke komputer dengan menggunakan kabel atau baterai untuk menjalankannya.



Gambar 1. Arduino

Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman pada *arduino* menggunakan bahasa pemrograman C. Bahasa C merupakan bahasa tingkat tinggi yang digunakan untuk membuat program di kompiler dan memasukkannya ke *arduino*.

Sensor Shield Arduino

Sensor shield arduino berfungsi untuk menghubungkan *board arduino* dengan modul elektronik maupun sensor yang akan digunakan. Selain itu juga berfungsi untuk merapikan *wiring*



Gambar 2. Sensor Shield Arduino

Motor Servo

Motor *servo* adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol.



Gambar 3. Motor servo

Sensor ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat digunakan untuk menaikan eksistensi (jarak) suatu objek dengan frekuensi tertentu.



Gambar 4. Sensor Ultrasonik

$$s = \frac{v \times t}{2} \tag{1}$$

Keterangan :

s = jarak (m)

v = kecepatan (344,424 m/s)

t = waktu (s)

Modul Kipas

Motor DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor DC ini juga dapat disebut sebagai motor arus searah. Modul kipas merupakan motor DC yang sudah di lengkapi dengan modul.



Gambar 5. Modul Kipas

Flame Sensor

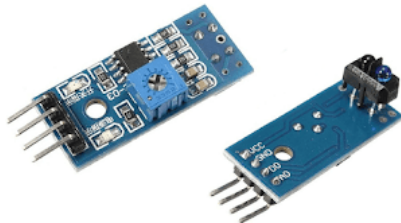
Flame sensor merupakan *sensor* yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi nyala api yang memiliki panjang gelombang antara 700nm – 1100nm. *Sensor* ini menggunakan *infrared* sebagai transduser dalam merespon kondisi nyala api.



Gambar 6. Flame Sensor

Sensor garis

Sensor garis adalah jenis *sensor* yang berfungsi mendeteksi warna garis hitam atau putih. Dengan memanfaatkan IC komparator sebagai pembanding tegangan, yang nantinya akan menghasilkan *output* yang berbeda-beda.



Gambar 7. Sensor Garis

Step Down DC to DC

Transformator *step down* DC merupakan alat yang dapat menurunkan arus atau tegangan listrik. Transformator ini memiliki dua jenis, yang umum dikenal adalah transformator jenis *step up* dan *step down*.



Gambar 8. Step Down

Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* sama dengan

pengeras suara. Jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang dipasang pada diafragma dan kemudian kumparan dialiri arus menjadi elektromagnet.



Gambar 9. Buzzer

Baterai

Baterai adalah perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal yang disediakan untuk memberi daya pada perangkat listrik seperti senter, ponsel, dan mobil listrik. Ketika baterai memasok daya listrik, terminal positifnya adalah katoda dan terminal negatifnya adalah anoda. Terminal bertanda negatif adalah sumber elektron yang akan mengalir melalui rangkaian listrik eksternal ke terminal positif.



Gambar 10. Baterai

METODOLOGI PENELITIAN

Setelah mempelajari penelitian dan referensi yang ada, peneliti mulai merancang sistem yang tepat kemudian membangun *prototype* sebagai alat bantu penelitian yang dilakukan. *Prototype* yang dibuat meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Setelah *prototype* jadi, peneliti akan mulai menguji dan mengumpulkan data-data yang diperlukan kemudian mengolah data-data tersebut. Setelah data diolah, peneliti akan menganalisa data tersebut. Hasil analisa akan menjadi acuan tercapai tidaknya tujuan yang peneliti inginkan. Penutup merupakan kesimpulan yang peneliti tarik dari hasil analisa data yang didapat. Setelah itu, peneliti akan memberikan saran sebagai masukan untuk pengembangan kedepan.

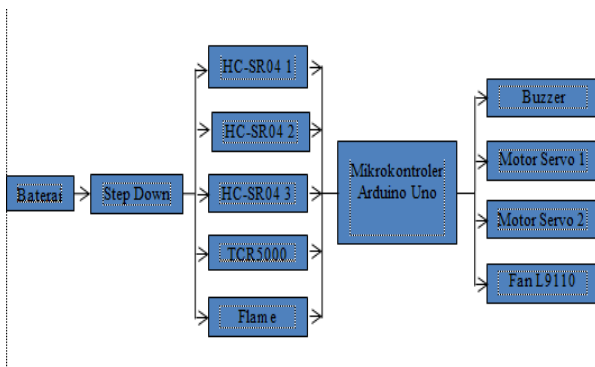
Alat dan Bahan

1. *Arduino uno* SMD.
2. 3 sensor ultrasonik HC-SR04.
3. Sensor *shield arduino v5*.
4. Sensor api 5 channel.
5. Modul kipas *fan L9110*.
6. Sensor garis TCR 5000.
7. *Buzzer* 5 volt.

8. 2 Step down DC converter.
9. Baterai lippo 2s / 3s 1000 mah.
10. 2 Servo MG996r.
11. Kabel jumper.

Perancangan Sistem

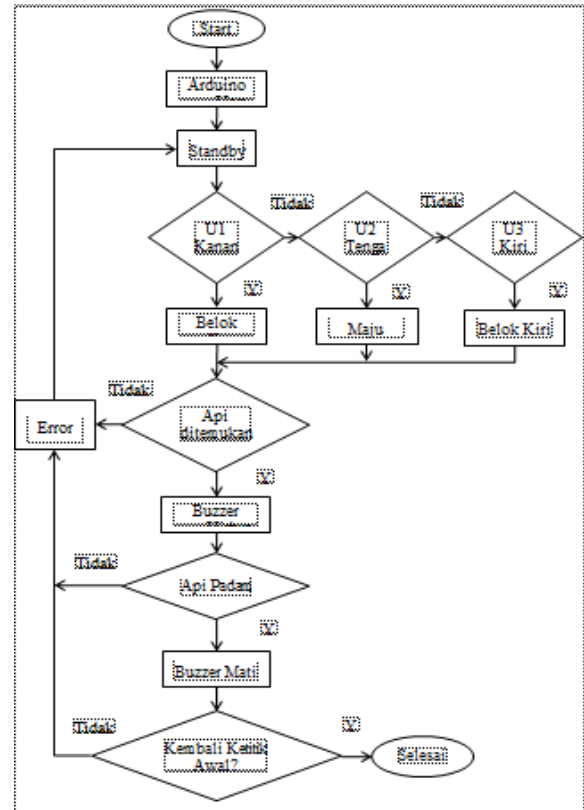
Perancangan robot pemadam api dengan modul kipas berbasis *arduino uno* terdiri dari dua bagian utama yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Pada bagian perangkat keras terdapat sensor ultrasonik HCSR04 yang digunakan untuk mendeteksi jalur rintangan yang akan dilewati. Setelah api ditemukan maka *flame* sensor atau sensor api mendeteksi api secara beriringan *buzzer* pun akan berbunyi yang kemudian modul kipas *fan* 19110 akan memadamkan api. *Arduino uno* sebagai pengendali atau otak dari robot pemadam api. Sensor TCR 5000 digunakan robot untuk kembali pada titik awal dengan ditandai garis hitam sebagai titik berhenti. Robot pemadam api ini menggunakan dua buah motor *servo* MG996r. Sebelum menggunakan konverter maka *step down* harus dikalibrasi menjadi 5 volt. Robot pemadam api menggunakan baterai lippo 2s / 3s minimal 1500mah agar tahan lebih lama.



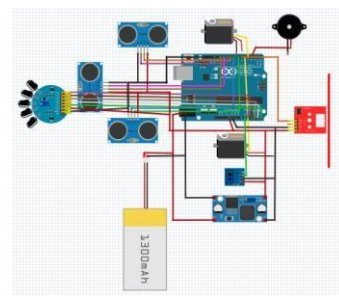
Gambar 11. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja gerak robot diawali dengan pengukuran jarak halangan terhadap robot oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Pengukuran jarak halangan terhadap robot pada bagian kanan, kiri, dan depan. Robot akan membandingkan jarak yang terukur di masing-masing sisi untuk memutuskan kearah mana akan bergerak. Robot akan bergerak maju sampai jarak robot dengan halangan 7 cm. Jika terdeteksi adanya halangan maka robot akan berhenti kemudian mengukur jarak kiri dan jarak kanan. Jika jarak kiri lebih besar dari jarak kanan maka robot akan berbelok ke kiri kemudian maju. Jika jarak kanan lebih besar dari jarak kiri maka robot akan berbelok ke kanan kemudian maju.

Prinsip kerja pemadam api pada robot yaitu robot akan bergerak sendiri mendeteksi halangan. Pada saat itu sensor api juga aktif. Jika pada saat bergerak, robot menemukan api dan tegangan keluaran yang terdeteksi oleh sensor api di bawah 4,1 volt maka robot akan berhenti. Setelah itu, modul fan L9110 akan aktif dan akan menghidupkan kipas



Wiring pengalaman menggunakan *fritzing*. *Fritzing* adalah perangkat lunak *open source* untuk perancangan perangkat keras (elektronik). *Software* ini menggunakan konsep *drag and drop*. Secara otomatis, *fritzing* akan menggenerasikan 3 buah *layout* yaitu gambar *breadboard*, skematik, serta PCB. *Breadboard* merupakan *layout* (gambar) yang menampilkan gambar secara asli (fisik). Skematik merupakan *layout* yang akan menampilkan gambar berupa rancangan skematik dari rangkaian yang dibuat. Sedangkan PCB merupakan *layout* yang akan menampilkan gambar berupa rancangan pada PCB.



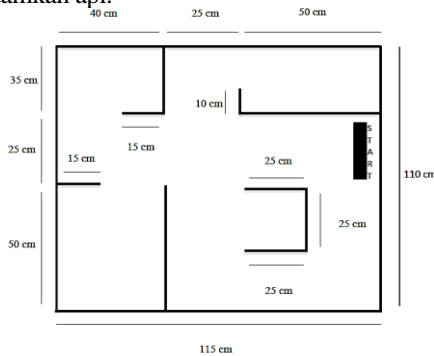
Gambar 13. Wiring Robot Pemadam Api

Perancangan perangkat lunak pada robot pemadam api dengan modul kipas berbasis *arduino uno* adalah perangkat lunak berupa program yang dibuat menggunakan bahasa C. Program tersebut akan ditransfer ke mikrokontroler (*arduino uno*). Program ini yang nantinya akan menangani pembacaan input sistem yang meliputi, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor garis TCR 5000, flame sensor, modul fan L9110, motor servo, buzzer, dan konverter. Setelah data yang diterima dari input sistem diolah oleh mikrokontroler menggunakan bahasa C maka

data tersebut akan diteruskan untuk memberikan output pada sistem pemadam api.

Proses pengujian prototype dilakukan setelah proses pembuatan prototype selesai dilakukan. Setiap komponen yang ada pada prototype akan diuji, mulai dari pengujian masing-masing komponen sampai ke pengujian sistem dimana semua komponen saling bekerja. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing komponen bekerja sesuai dengan fungsinya. Jika ternyata terdapat komponen yang tidak bekerja secara optimal, maka proses perbaikan akan langsung dilakukan. Proses perbaikan dimulai dengan mengecek rangkaian sampai mengecek program. Jika ternyata tidak ditemukan kesalahan pada rangkaian atau program yang dipakai untuk pengujian, maka rangkaian dan program berjalan sesuai rencana.

Untuk pengujian robot dilakukan pada sebuah sirkuit yang berbentuk labirin. Pada ruangan tersebut akan diletakan 2 lilin dan titik hitam pada sirkuit sebagai lilin dengan tinggi 10 cm. Jalur lintasan robot mempunyai panjang 115 cm, lebar 110 cm, dan tinggi 20 cm. Pengujian dibuat untuk melihat kemampuan robot dalam memadamkan api.

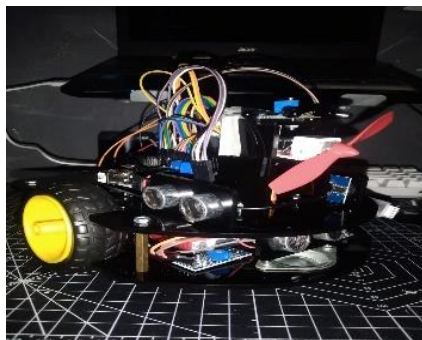


Gambar 14. Sirkuit Robot Pemadam Api

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data merupakan sebuah proses yang dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang terdapat pada sistem yang telah dirancang. Parameter-parameter ini nantinya akan dianalisa sehingga nantinya dapat digunakan untuk memperbaiki sistem yang telah dibuat sampai kondisi maksimal. Pengambilan data dilakukan disemua bagian sistem baik itu diperangkat keras maupun diperangkat lunak.



Gambar 15. Bentuk robot pemadam api

Pengambilan Data Perangkat Masukkan

A. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui sensor berkerja atau tidak dengan mengetahui nilai pada serial monitor. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan benda di depan sensor ultrasonik yang masih dalam jangkauannya. Sensor memiliki tegangan input 5 volt. Pengujian dilakukan menghubungkan multimeter dengan vcc dan gnd pada ultrasonik.

Tabel 1. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

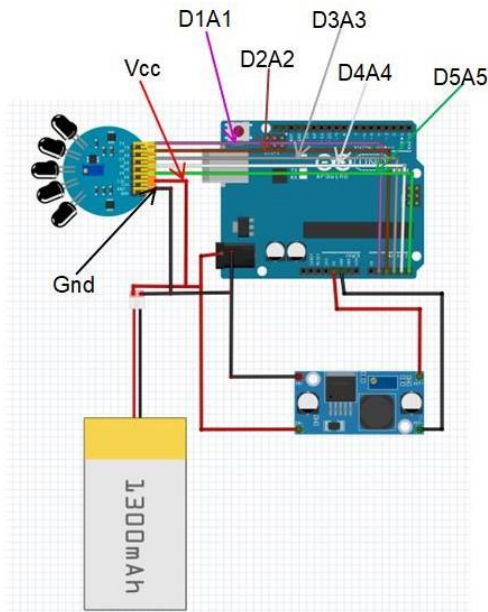
Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak di Serial Monitor (cm)
10	9,8
20	20,1
30	29,8
40	39,7
50	50,2
60	60,4
70	69,7
80	79,9
90	90,3
100	100,4

B. Pengujian Flame Sensor 5 Channel

Pengujian flame sensor dilakukan untuk mengetahui sensor berkerja atau tidak dengan mengetahui nilai pada serial monitor atau diukur tegangannya. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan api di depan flame sensor.

Tabel 2. Pengujian Flame Sensor 5 Channel

Jarak Lilin (cm)	Tegangan Output Flame Sensor 1 (volt)	Tegangan Output Flame Sensor 2 (volt)	Tegangan Output Flame Sensor 3 (volt)	Tegangan Output Flame Sensor 4 (volt)	Tegangan Output Flame Sensor 5 (volt)
10	4,4	5	5	5	4,4
20	3,2	5	5	5	3,2
30	2,8	4,4	5	4,4	2,8
40	1,8	3,2	5	3,2	1,8
50	1,4	2,8	4,4	2,8	1,4
60	1,2	1,8	3,2	1,8	1,2
70	1	1,4	2,8	1,4	1
80	1	1,2	1,8	1,2	1
90	1	1	1,4	1	1
100	1	1	1,2	1	1



Gambar 16. Wiring Flame Sensor

Keterangan :

1. GND
2. VCC
3. Sensor 1 = test point GND dan D1A1
4. Sensor 2 = test point GND dan D2A2
5. Sensor 3 = test point GND dan D3A3
6. Sensor 4 = test point GND dan D4A4
7. Sensor 5 = test point GND dan D5A5

Flame sensor mempunyai panjang gelombang antara 760nm – 1100nm. Pada robot pemadam api ini, panjang gelombang yang di pakai adalah 800 nm dan kecepatan cahaya 3×10^8 maka bisa ditentukan frekuensi dengan rumus di bawah ini.

C. Pengujian Sensor Garis TCR 5000

Pengujian sensor garis dilakukan untuk mengetahui sensor berkerja atau tidak dengan mengetahui nilai pada serial monitor. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan sampel berwarna hitam di bawah sensor garis. Sensor garis ini memiliki tegangan input 5 volt.

Pengambilan Data Perangkat Proses

Data yang diterima mikrokontroler arduino uno melalui perangkat masukan akan diolah mikrokontroler. Arduino uno memiliki tegangan input 12 volt dan tegangan outputnya 5 volt.

Pengambilan Data Perangkat Keluaran

A. Modul kipas fan I9110 motor keys

Moduk kipas berfungsi untuk memadamkan api yang memiliki tegangan 5 volt. Setelah flame sensor membaca adanya api maka data akan diproses ke mikrokontoler. Kemudian, mikrokontroler memerintahkan modul kipas untuk aktif dan memadamkan sumber api.

B. Motor servo

Setelah data diterima mikrokontroler arduino uno

dari sensor ultrasonik HC-SR04 maka motor servo akan hidup dan bergerak sesuai arahan dari sensor ultrasonik. V_{in} dari input adalah 5 volt dan format bilangan desimal dengan range 0 sampai 255.

Tabel 3. Pengujian PWM terhadap Tegangan

Kondisi	PWM Motor 1	PWM Motor 2	Nilai Output Tegangan Motor 1 (Volt)	Nilai Output Tegangan Motor 2 (Volt)
Tanpa Halangan	-85	240	1,5	1,4
Halangan Kanan	-85	88	0	1,4
Halangan Kiri	60	240	1,5	0
Halangan Depan	85	-240	0,4	0,4

C. Buzzer

Ketika flame sensor membaca adanya api secara beriringan modul kipas akan hidup memadamkan api dan buzzer akan berbunyi menandakan bahwa ada api. Buzzer memiliki nilai tegangan 5 volt.

Pembahasan

Robot Melewati Jalur Rintangan

Untuk dapat melewati jalur rintangan maka robot menggunakan tiga sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki set poin 7 cm dari objek yang ada di depan, samping kiri, dan samping kanan. Sensor ultrasonik HC-SR04 terletak di depan, samping kanan, dan samping kiri. Selain menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, robot pemadam ini juga menggunakan sensor garis TCR 5000. TCR 5000 yang nantinya berfungsi mengarahkan atau memerintahkan robot untuk berhenti di titik atau garis hitam.

Pada posisi awal, robot diletakkan diatas garis atau titik berwarna hitam. Setelah robot dihidupkan, robot akan berjalan melintasi lintasaan labirin. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa roda kiri diatur lebih cepat dari roda kanan. Jadi Robot akan berbelok kekanan saat menemui persimpangan dan apabila robot menemui jalan buntu maka robot akan balik kiri. Setelah robot menyelesaikan lintasan berbentuk labirin maka robot akan kembali dan berhenti di start yang ditandai dengan warna hitam. Sensor yang berperan disini adalah sensor garis TCR 5000.

Pada saat belok, robot akan belok 90 derajat dan roda kiri bergerak lebih cepat dari roda kanan. Apabila sensor kanan terdeteksi maka robot akan belok kiri. Apabila sensor kanan terdeteksi jauh maka robot akan berbelok kanan. Apabila sensor depan terdeteksi maka

robot akan berbalik. Jadi, *robot* pemadam api ini akan selalu berbelok kekanan mengikuti jalurnya.

Robot Memadamkan Api

Pada *robot* pemadam api yang berperan memadamkan api adalah modul kipas *fan 1911 motor keyes*, untuk mendeteksi adanya sumber api atau titik api adalah *flame sensor 5 channel*, untuk menandakan adanya api atau sebagai alarm digunakan *buzzer*. Sebagai miniatur apinya digunakan lilin setinggi 10 cm agar terdeteksi maksimal oleh *flame sensor*. Ketika *flame sensor* mendeteksi api maka *buzzer* akan berbunyi menandakan bahwa ada api terdeteksi. Selanjutnya, modul kipas akan aktif dan mencoba memadamkan api serta *robot* akan bergerak kekanan dan kekiri. Apabila api tidak padam maka robot akan bergerak maju kedepan hingga jarak 7 cm dari lilin kemudian modul kipas aktif lagi dan bergerak kekanan dan kekiri hingga api mati atau padam.

PENUTUP

KESIMPULAN

Setelah rancangan robot telah selesai dibuat dan proses pengujian selesai dilakukan maka dapat kita simpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1 Robot melewati rintangan menggunakan sensor ultrasonik hc-sr04 mempunyai set poin 7 cm dan sebagai penggeraknya adalah motor servo continious MG 966r dikalibrasi roda kiri harus lebih cepat dari kanan
- 2 Untuk memadamkan api robot menggunakan flame sensor sebagai pendeteksi api dan modul kipas fan 1911 untuk memadamkan api. Ketika robot mendeteksi api robot akan berbunyi dan menghidupkan modul kipas kemudian bergerak kekanan dan kekiri. Ketika api mati maka robot akan bergerak melintasi lintasan hingga berhenti di titik awal. Ketika api tidak padam maka robot akan maju mendekati api dan memadamkannya.

SARAN

Penulis menyadari bahwa sistem yang telah dirancang dan dibuat masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, untuk pengembangan selanjutnya penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut ;

1. Penambahan sensor deteksi gas berbahaya untuk mendeteksi kebocoran gas yang dapat memberikan informasi warning system pada situasi yang dapat menyebabkan resiko kebakaran
2. Penambahan Water Compartment dan Valve agar dapat memadamkan api lebih baik dan efisien

DAFTAR PUSTAKA

- Reza Nandika. 2016. "Implementasi Sensor Ultrasonik Pada Robot Pengikut Objek Dengan Kontrol Logika Fuzzi".
<https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/jurnaldms/article/view/25>.
- Rianto, Adi. 2009. "Robot Pemadam Api". Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Agus Faudin. 2017. "Tutorial Arduino Mengakses Sensor Flame" diakses dari <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-flame/>.
- Suryono, A. 2010. "Pembuatan Robot Beroda Pemadam Api Menggunakan Navigasi Ping Ultrasonic Range Finder dan Magnetic Compass". Politeknik negeri Jember : Jember
- Wicaksono, Mochamad Fajar. 2017. Mikrokontroler Arduino. Bandung : Informatika Bandung
- Ahmad Naziq. 2015. "Pengertian Mikrokontroler" diakses dari <https://sites.google.com/site/informasiterbarusekali/pengertian-mikrokontroler>. Starobo. 2013. "Skema Arduino Sensor Shield" diakses dari <http://starobo.blogspot.com/2013/08/skema-arduino-sensor-shield-v50.html>.
- Elangsahti. 2015. "Sensor Ultrasonik". Diakses dari <https://www.elangsahti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>.
- Papermind Invention. 2018. "Sensor Garis TCRT5000" diakses dari <https://papermindvention.blogspot.com/2018/05/sensor-garis-tcrt5000.html>.
- Dickson Kho. 2020. "Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya" diakses dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/> R-dy. 2013. "Pengertian dan Prinsip Kerja Buzzer" diakses dari <http://r-dy-techno.blogspot.com/2013/06/pengertian-dan-prinsip-kerja-buzzer.html>

