

**RANCANG BANGUN ROBOT SAR BERKAKI MENGGUNAKAN
SENSOR *INFRARED*, SENSOR WARNA TCS3200 & SENSOR
ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO MEGA2560**

(Skripsi)

Oleh

Serli Assola Tynisa

19170410134



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ROBOT SAR BERKAKI MENGGUNAKAN SENSOR *INFRARED*, SENSOR WARNA TCS3200 & SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO MEGA2560

Oleh

SERLI ASSOLA TYNISA

Telah dibuat robot SAR berkaki dengan menggunakan tiga buah sensor, yaitu sensor inframerah, sensor warna TCS3200, dan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi jarak, warna, dan suara yang dihasilkan oleh objek. Robot ini dibuat dengan rangka dari bahan cetak 3D dengan dimensi panjang 18,5 cm, lebar 18,5 cm, dan tinggi 14,1 cm. Bagian depan robot dilengkapi dengan *gripper* dan 2 buah servo untuk mengangkat korban yang akan diselamatkan, kemudian terdapat tiga jenis sensor, yaitu sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi warna korban dan zona aman, sensor inframerah untuk mendeteksi jarak rintangan yang ada di depan robot, dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak robot dengan tanggul. Pada bagian bawah terdapat 12 buah servo RDS 3115Mg yang dirangkai untuk membentuk kaki robot. Robot berjalan sesuai dengan arahan namun tidak sepenuhnya mengenali warna objek.

Kata Kunci : Arduino Mega2560, 3D *Printing*, *Gripper*, Korban, *Safety Zone*.

ABSTRACT

DESIGN OF A LEGGED SAR ROBOT USING INFRARED SENSOR, TCS3200 COLOR SENSOR & ULTRASONIC SENSOR BASED ON ARDUINO MEGA2560

By

SERLI ASSOLA TYNISA

A legged SAR robot has been created using three sensor, infrared sensor, TCS3200 color sensor, and ultrasonic sensors have been applied to sense distance, color, and sound produced by objects. The robot is made with a frame from 3D printed material with dimensions of 18.5cm long, 18.5cm wide and 14.1cm high. The front of the robot is equipped with a gripper and 2 servos to lift the victim to be rescued, then there are three types of sensors, namely the TCS3200 color sensor to detect the color of the victim and the safety zone, an infrared sensor to detect the distance obstacles in front of the robot and an ultrasonic sensor to detect the distance between the robot and the embankment. At the bottom there are 12 RDS 3115Mg servos which are assembled to form the robot's legs. The robot walkas according to directions but does not fully recognize the object's color.

Keywords : *Arduino Mega2560, 3D Printing, Gripper, Victim, Safety Zone.*

**RANCANG BANGUN ROBOT SAR BERKAKI MENGGUNAKAN
SENSOR *INFRARED*, SENSOR WARNA TCS3200 & SENSOR
ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO MEGA2560**

Oleh

SERLI ASSOLA TYNISA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : Rancang Bangun Robot SAR Berkaki
Menggunakan Sensor *Infrared*, Sensor Warna
TCS3200 & Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino
Mega 2560

Nama Mahasiswa : Serli Assola Tynisa

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041034

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Bandar Lampung, 22 Januari 2024

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

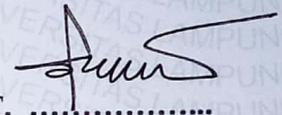
Ketua

: Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.



Sekretaris

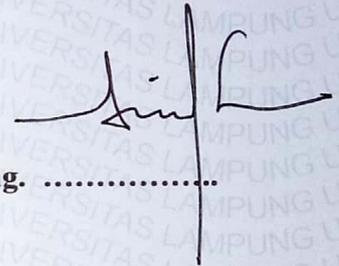
: Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.



Penguji

bukan Pembimbing

: Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.

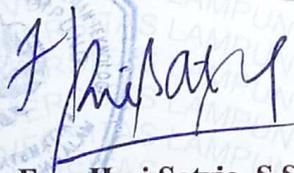


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Januari 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya akan sepenuhnya bertanggung jawab dan saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Januari 2024



Serli Assola Tynisa

NPM. 1917041034

RIWAYAT HIDUP



Serli Assola Tynisa lahir di Kotabumi, Provinsi Lampung pada Tanggal 21 April 2000, merupakan anak pertama dari lima bersaudara dengan pasangan Bapak Husni Abdullah dan Ibu Mala Dewi. Penulis memulai pendidikan di SD Negeri 1 Gedung Raja pada Tahun 2007-2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah di SMP Negeri 01 Hulu Sungkai pada Tahun 2013-2016 lalu melanjutkan

Pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 01 Sungkai Utara pada Tahun 2016-2019. Saat menempuh Pendidikan sekolah menengah atas, penulis aktif dalam organisasi *English Club* (EC) sebagai anggota bagian *News Casting* Tahun 2015-2016.

Penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada Tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Anggota URO (Unila Robotika dan Otomasi) bidang UAV (Unmanned Aerial Vehicle) divisi *Racing Plane* pada Tahun 2019-2020. Kemudian aktif sebagai pengurus unit kegiatan mahasiswa (UKM) Koperasi Mahasiswa Unila (Kopma Unila) bidang 3 Bisnis dan Kemitraan di Gugus Fakultas pada Tahun 2020-2021, sebagai sekretaris kewirausahaan di KMNU (Keluarga Mahasiswa Nahdatul Ulama) Unila 2021-2022, sebagai ketua divisi Robot SAR di Mipabot pada Tahun 2023. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode II pada tahun 2022 di Desa Wana, Kecamatan Melinting Kabupaten Lampung Timur. Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PTPN Way Berulu, Pesawaran awal Tahun

2022. Penulis menjadi perwakilan Universitas Lampung pada Kontes Robot Indonesia (KRI) divisi Robot SAR yang dilaksanakan di Universitas Semarang pada Tahun 2023.

MOTTO

“No pain, No Gain (1% Lebih baik dalam sehari)” “

“Orang yang kaya adalah dia yang punya kendali atas waktunya”

PERSEMBAHAN

Dengan mengharapkan ridho Allah SWT dan syafaat Nabi Muhammad SAW

Karya ini kupersembahkan kepada Bapak dan Ibuku tercinta

Husni Abdullah & Mala Dewi

Atas keikhlasan, untaian doa, dan kasih sayang sepanjang hayat untuk memberikanku yang terbaik serta menjadi penyemangatku sehingga mampu menyelesaikan pendidikan S1.

Tak lupa untuk keempat Adikku tersayang

*Muhammad Akbar, Raden Sutra Jaya, Sultan Tulus
Wijaya, & Meilinda Juwita Putri*

Terimakasih telah menjadi penyemangat kakak untuk terus menjadi contoh yang baik.

Bapak/Ibu Dosen Fisika FMIPA Universitas Lampung

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat serta saran yang membangun kepadaku

Almamaterku Tercinta,

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan segala rahmat, hidayah, dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Robot SAR Berkaki Menggunakan Sensor Infrared, Sensor Warna TCS3200 & Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Mega2560**”. Dalam penyelesaian ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran membangun demi perbaikan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi literatur serta rujukan bagi penelitian-penelitian berikutnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 29 Januari 2024

Penulis

Serli Assola Tynisa

SANWACANA

Puji syukur atas karunia Allah SWT atas berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan **“Rancang Bangun Robot SAR Berkaki Menggunakan Sensor *Infrared*, Sensor Warna TCS3200 & Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Mega2560”**. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Penulis telah menerima banyak bantuan selama menyelesaikan skripsi ini, secara langsung maupun tidak langsung. Dengan segala kerendahan hati, penulis menghanturkan terimakasih kepada:

1. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan sarannya selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan sarannya selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan masukannya selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
4. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan dan sarannya.
5. Bapak dan Ibu dosen jurusan Fisika atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan.

6. Seluruh tenaga kependidikan di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan administrasi
7. Bapak Husni Abdullah dan Ibu Mala Dewi selaku orangtua yang telah memberikan doa, semangat dan dukungannya sehingga penulis mampu menyelesaikan Pendidikan di Universitas Lampung.
8. Keempat adik-adikku Muhammad Akbar, Raden Sutra Jaya, Sultan Tulus Wijaya dan Meilinda Juwita Putri yang selalu menjadi penyemangat penulis.
9. Teman-teman Robotik dan Fisika Instrumentasi; Muhammad Ridwan, Rifki Mohamad Kurniawansyah, Imtiyas Azzahra, Cahyo Prasetyo Wibowo, Zakiyyah Nurhafizah, Aryu Kusmita terimakasih karena sudah banyak membantu dan mau direpotkan oleh penulis.
10. Rifky Indra Permana selaku sahabat yang menemani, memberikan semangat, motivasi dan menjadi tempat keluh kesah penulis selama penulisan skripsi.
11. Sahabat-sahabat karib; Ruth Sanilawati Sipangkar, Ajeng Oktasari, Siti Aisyah, Tresna Ananda, Tri Lestari, Imtiyas Azzahra, yang telah meluangkan banyak waktunya untuk memberikan dukungan dan bantuan selama masa kuliah dan penulisan skripsi.
12. Seluruh teman Fisika 2019 dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi penulis.
13. Last but not least, terimakasih kepada diri saya sendiri yang selalu mau berusaha untuk melakukan yang terbaik, dan mau berproses sampai akhir penelitian dan penulisan skripsi.

Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan balasan kebaikan berlipat dan memudahkan langkah semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 29 Januari 2024

Penulis

.....

Serli Assola Tynisa

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence</i>)	10
2.2.2 Arduino Mega 2560.....	12

2.2.3 Arduino <i>Software</i> IDE	14
2.2.4 Flame Navigator (Sensor Ultrasonik)	16
2.2.5 Sensor <i>Infrared</i>	17
2.2.6 Sensor TCS3200	19
2.2.7 Motor Servo	19
2.2.8 Multimeter	22
2.2.9 <i>oftware</i> AutoCad 3D.....	23

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Prosedur Penelitian	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perangkat keras (<i>Hardware</i>) pada Robot	37
4.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor ultrasonik	39
4.3 Pengujian Sensor <i>Infrared</i> Sharp GP2Y0A21YK0F	43
4.4 Pengujian Sensor TCS3200	47
4.5 Analisis Sistem keseluruhan dan Komponen	50

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Perangkat Lunak.....	25
Tabel 3.2 Perangkat Keras.....	26
Tabel 3.3 Alat dan Bahan	26
Tabel 3.4 Hasil pengujian Robot pada Arena.....	34
Tabel 4.1 Hasil pengujian jarak menggunakan sensor ultrasonik terhadap penggrais	34
Tabel 4.2 Hasil perhitungan error dan akurasi sensor ultrasonik	36
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor <i>Infrared</i>	36
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Sensor TCS3200.....	45
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Sensor TCS3200.....	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Arduino Mega 2560.....	12
Gambar 2.2 Mikrokontroler Atmega2560.....	14
Gambar 2.3 <i>Software</i> Arduino IDE.....	15
Gambar 2.4 Sensor Jarak Ultrasonik.....	17
Gambar 2.5 Sensor <i>Infraared</i>	18
Gambar 2.6 Sensor TS3200.....	19
Gambar 2.7 Motor Servo.....	21
Gambar 2.8 Prinsip kerja motor servo.....	21
Gambar 2.9 Multimeter Digital.....	23
Gambar 3.0 Tampilan <i>Software</i> Autocad 3D.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Diagram blok.....	28
Gambar 3.3 Sistem kendali robot.....	29
Gambar 3.4 Skema rangkain sistem.....	30
Gambar 3.5 Robot Tampak depan.....	32
Gambar 3.6 Robot tampak belakang.....	32
Gambar 3.7 Robot tampak samping.....	33
Gambar 3.8 Robot tampak keseluruhan.....	33
Gambar 3.9 Grafik pengujian sensor ultrasonik.....	35
Gambar 4.0 Grafik pengujian sensor <i>infrared</i>	35
Gambar 4.1 Realisasi Robot.....	37
Gambar 4.2 <i>Wiring</i> Robot tampak dalam.....	37

Gambar 4.3 Pengujian sensor ultrasonik	38
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian sensor ultraonik	39
Gambar 4.5 Pengujian sensor <i>infrared</i>	41
Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian sensor <i>Infrered</i>	43
Gambar 4.7 Pengujian sensor tcs3200.....	48
Gambar 4.9 Nilai RGB pengujian <i>Red</i>	49
Gambar 4.10 Nilai RGB pengujian <i>Green</i>	50
Gambar 4.11 Nilai RGB pengujian <i>Blue</i>	51
Gambar 4.12 Pengujian Keseluruhan sistem	52
Gambar 4.13 Korban	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot adalah sebuah perangkat mekanik yang dapat melakukan pekerjaan fisik yang dikendalikan secara otomatis atau dikontrol oleh manusia. Seiring perkembangan zaman, robot sudah masuk ke berbagai bidang digunakan untuk pekerjaan yang berat dan berbahaya (Bahrin dkk., 2016). Saat ini, dalam bidang evakuasi tentunya sangat membantu berbagai pihak mulai perorangan ataupun perusahaan besar untuk mendeteksi kejadian berbahaya di tempat – tempat yang tidak bisa dijangkau oleh manusia. Hal ini juga bertujuan untuk meminimalisir jatuhnya korban pra evakuasi seperti pada Tim SAR ataupun tim penyelamat lainnya khususnya di wilayah perkotaan. Pelaksanaan evakuasi di kawasan urban atau perkotaan sendiri sebenarnya mudah karena akses jalan yang mudah serta jaringan informasi yang luas karena banyaknya orang tinggal di area tersebut. Tetapi juga terdapat beberapa resiko bagi regu SAR saat melakukan evakuasi seperti struktur bangunan yang rumit dan sulit diakses, adanya resiko gedung yang akan runtuh, serta tersebarnya kandungan gas beracun akibat sistem ventilasi udara pada gedung yang bermasalah dan masih banyak badan – badan penanggulangan bencana masih dilakukan secara manual oleh manusia (Rasyid dkk., 2016).

Robot SAR (*Search and Rescue*) salah satu bentuk robot yang bergerak otonom banyak dirancang baik untuk penelitian, industri, maupun kompetisi robot. Sesuai dengan namanya, tugas yang harus dilakukan oleh robot SAR menggantikan fungsi dari pada pekerjaan petugas SAR pada saat pasca bencana dan pemadam kebakaran, dengan bentuk dan bahan dari robot yang dapat menahan panasnya api dan dapat mencari titik api dengan cepat dan tepat.

Robot SAR dapat mengurangi kecelakaan dalam proses pemadaman api dimana beberapa kasus petugas pemadam api kebakaranpun dapat menjadi korban dari pekerjaan yang dilakukannya. Robot SAR otomatis sangat dibutuhkan manusia untuk membantu menyelamatkan korban pasca bencana. Pekerjaan tersebut memungkinkan terjadi runtuh bangunan dari gempa sehingga menyebabkan beberapa kerusakan jalan dan memakan beberapa korban. Menggunakan robot, pekerjaan tersebut dapat dilakukan tanpa mengancam nyawa petugas SAR. Banyak sekali yang masih menggunakan tenaga manusia untuk evakuasi bencana. Dengan bantuan robot, seperti robot SAR tentunya pekerjaan tersebut dapat dilakukan dengan lebih aman sekaligus mempermudah proses evakuasi dan lainnya (Willeke, *et al* 2021).

Robot SAR termasuk kedalam salah satu divisi yang diselenggarakan pada Kontes Robot Indonesia (KRI), dimana kegiatan ini merupakan kompetisi tahunan mahasiswa dalam bidang rancang bangun dan rekayasa robotika yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia. Tujuan dari penyelenggaraan Kontes Robot Indonesia yaitu: Menumbuhkembangkan dan meningkatkan kreativitas mahasiswa di perguruan tinggi; mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi ke dalam dunia nyata; meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam pengembangan bidang teknologi robotika; meningkatkan kepekaan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah bangsa dengan menggunakan teknologi robotika; memperkenalkan unsur-unsur seni dan budaya indonesia khususnya seni tari yang telah terkenal di bumi pertiwi kepada mahasiswa di perguruan tinggi; dan membudayakan iklim kompetitif di lingkungan perguruan tinggi (Kusumoputro dkk., 2022).

Berkaitan dengan robot yang merupakan bagian dari bentuk kecerdasan buatan dimana kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) sendiri merupakan perkembangan teknologi, informasi dan komunikasi yang mengemuka dalam sepuluh tahun terakhir. Pemanfaatan AI oleh industri tidak hanya terbatas di sektor pemerintah. Di beberapa negara, Implementasi kecerdasan buatan sudah mencapai hampir 56%, terutama pada sektor industri. Namun implementasi AI di

Indonesia tergolong rendah karena banyaknya permasalahan seperti skill pekerja yang belum memenuhi untuk mengoperasikan AI serta kurangnya investasi untuk mengembangkan infrastruktur AI. Beberapa penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa penyerapan teknologi di Indonesia lebih rendah dibandingkan kawasan Asia Pasifik lainnya (Ririh dkk., 2020).

Beberapa penelitian telah dilakukan tentang robot pemadam api beroda dengan penambahan pada *hardware* pendeteksian api pada setiap ruangan yaitu sensor api TPA 81 sebagai modul penelitian telah dilakukan oleh (Alfith, 2016). Metode yang dilakukan pada penelitian sebelumnya yaitu menggunakan metode *fuzzy logic* dengan menggunakan mikrokontroler Atmega328 yang dilakukan oleh Maspiyanti & Hadiyanti, (2017). Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian sebelumnya juga terdapat 2 buah masing masing mikrokontroler memiliki fungsi dan tugas yang berlainan seperti otak manusia. Mikrokontroler 1 bertugas sebagai pengendali 2 buah motor servo penggerak kaki robot dan pemindai (sensor) seperti pemindai jarak (Ultrasonik), pemindai cahaya (*Flame Sensor*), pemindai *tracking line* (Sensor garis) *buzzer* dan modul kipas, Mikrokontroler 2 bertugas sebagai pemindai lokasi dan mengirimkannya melalui SMS menggunakan modul sim800L. Robot didesain beroda menggunakan bantuan servo jenis mg995 (Safarudin & Patah, 2020). Metode yang digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu metode invers kinematik untuk mengetahui nilai sudut pada sendi-sendi yang diperlukan supaya ujung efektor untuk dapat mencapai posisi yang diinginkan. (Setyawan, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat robot SAR berkaki penyelamat korban pasca bencana pada KRI 2023. Menggunakan sensor Ultrasonik dan *infrared* sebagai pendeteksi jarak tanggul dan rintangan yang ada di arena robot serta sensor TCS3200 untuk mengenali dan menyelamatkan korban yang akan dibawa ke *safety zone*.

Berdasarkan saran dari penelitian terkait yaitu diperlukannya perancangan robot yang memerlukan keseimbangan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Rancang Bangun Robot SAR Berkaki dengan Menggunakan**

Sensor *Infrared*, Sensor Warna TCS3200 & Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Mega2560.”

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membuat robot SAR berkaki pada KRI 2023?
2. Bagaimana cara kerja sensor ultrasonik dan sensor warna TCS3200 pada robot SAR?
3. Bagaimana Robot dapat mengenali dan menyelamatkan korban?
4. Berapa jarak yang dapat dideteksi oleh Robot untuk mendeteksi tanggul arena??

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Membuat robot SAR berkaki untuk diikutsertakan pada KRI 2023.
2. Mengetahui cara kerja sensor ultrasonik dan TCS3200 pada robot SAR.
3. Menjalankan Robot hingga dapat mengenali dan menyelamatkan korban.
4. Mengukur jarak yang dapat dideteksi oleh Robot untuk mendeteksi tanggul arena?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Didapatkan referensi pengembangan robotika tentang perancangan Robot SAR.
2. Didapatkan referensi yang dapat digunakan dalam keikutsertaan pada Kontes Robot Indonesia (KRI).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya berfokus pada keseimbangan robot untuk berjalan.
2. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi korban yaitu sensor warna TCS3200.
3. Menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi jarak sebanyak 5 buah yang disusun di setiap sisi yaitu depan 1 buah, belakang 2 buah, kanan 1 buah dan kiri 1 buah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian mengenai robot SAR (*Search and Rescue*) sudah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu yang memiliki tema dan objek hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, seperti pada penelitian tentang *prototype* robot pemadam api beroda dengan penambahan pada *hardware* pendeteksian api pada setiap ruangan yaitu sensor api TPA 81 sebagai modul robot akan berjalan, bermanuver serta akan meniup lilin dan sensor aktivasi robot berupa suara sebagai sinyal pengaktif program utama untuk menjalankan dengan pengendali oleh mikrokontroler arduino mega 2560. Untuk memadamkan api digunakan kipas yang digerakkan secara otomatis menggunakan aplikasi motor DC. Robot menggunakan sensor PING *ultrasonic range finder* atau sensor jarak untuk memandu navigasi robot dalam pencarian ruangan, dan menghindari halangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot cerdas pemadam api yang dibuat dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang dikontrol menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Dari pengujian dan telah mengikuti KRI (Kontes Robot Indonesia) 2015 Regional I Sumatera di Palembang, dapat disimpulkan bahwa robot cerdas pemadam api ini dapat mendeteksi api pada jarak 1,8 m dan dapat memadamkan api dalam waktu rata-rata 20 detik (Alfith, 2016).

Penelitian dengan topik yang sama juga dilakukan tentang robot pemadam api menggunakan metode *Fuzzy logic*. Robot ini dibangun menggunakan *microcontroller* Atmega328 sebagai kontrol utama, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak antara robot dengan halangan, *flame sensor* untuk menangkap pantulan cahaya api dari sumber apinya, dan L9110 *fan module* sebagai alat

pemadam api. Dalam penelitian ini *fuzzy logic* akan diterapkan pada kecepatan motor (*velocity*) dan motor delay berdasarkan jarak antara robot dengan halangan yang ada saat menelusuri arena. Perhitungan ini maksudkan sebagai bahan pembuktian keluaran yang dihasilkan sesuai atau tidak sesuai dengan rules inferensi yang telah ditentukan. Penerapan *fuzzy logic* menggunakan tiga fuzzy set, yaitu *near*, *medium* dan *far* dan menghasilkan nilai dari tetapan *fuzzy logic* yang membuat pergerakan robot menjadi lebih baik karena disesuaikan dengan jarak robot dengan *obstacle* didepannya. Robot pemadam api telah diuji setidaknya 163 kali percobaan diluar maupun di dalam arena yang menjadi jalur pencarian sumber api yang telah disediakan. Menghasilkan tingkat akurasi sebesar 92,63% untuk berjalan lurus, jalan berbelok 82,82%, pembacaan jarak oleh sensor ultrasonik 81,59%, deteksi api dengan *flame sensor* 87,25%, dan tingkat akurasi memadamkan api dengan L9110 *fan module* sebesar 52,11% (Maspiyanti & Hadiyanti, 2017).

Penelitian terbaru mengenai tentang perancangan pergerakan robot hexapod pemadam api berkaki dengan metode invers kinematik. Penelitian ini menerapkan invers *kinematics* pada robot *hexapod* dengan menggunakan arduino Mega untuk mengendalikan seluruh servo yang digunakan robot. *Invers kinematics* merupakan metode untuk menghitung nilai *end effector* dengan menghitung nilai parameter pada bagian lengan robot. Aturan trigonometri digunakan untuk memudahkan perhitungan dalam menentukan sudut perhitungan. Robot *hexapod* ini menggunakan mikrokontroler yang di program untuk menggerakkan setiap lengan robot untuk mencapai posisi *end effector* sesuai dengan posisi yang telah ditentukan sesuai dengan nilai input masukan. Pada penelitian ini menggunakan servo *dynamixel AX12A* dan *AX181* untuk menentukan nilai sudut joint dari perhitungan *invers kinematics*. Penggunaan 18 servo dengan setiap lengan 3 servo untuk menggerakkan 3 bagian lengan sumbu lengan yakni dengan sumbu *coxa*, *femur*, *tibia*. Nilai sudut yang sudah ditentukan pada joint digunakan untuk melakukan gerakan jalan maju, belok kanan dan belok kiri dengan berbagai variasi gerakan sumbu *coxa* yang telah ditentukan. Hasil akhir dari penelitian robot *hexapod* ini menunjukkan robot dapat berjalan maju dengan nilai rata rata

keberhasilan mencapai 95% setelah dilakukan kalibrasi. Pengujian belok kiri dan kekanan memiliki tingkat keberhasilan radius rata rata 53% dan sudut 60%. pengujian jalan belok ke kiri dengan nilai perhitungan radius 72 cm dan 87cm menghasilkan nilai pengukuran sudut mencapai 87 derajat lebih mendekati nilai perhitungan teori. Sedangkan pengujian belok kekanan menghasilkan nilai pengukuran sudut 56,4 derajat dan 63,8 derajat. Program yang dibuat dapat selalu mengecek kondisi data terbaru yang di kirim oleh mikrokontroler master setiap selesai melakukan *fase* pergerakan *tripod gait* (Setyawan, 2020)..

Penelitian terbaru selanjutnya tentang rancang bangun sensor ultrasonik dan sensor ultraviolet diimplementasikan pada robot pemadam kebakaran menggunakan AT89S52. Penelitian ini bertujuan untuk merancang robot pemadam kebakaran dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pengontrolnya. Kipas DC yang dikendalikan oleh relai digunakan untuk memadamkan api dan sensor api (UV-Tron) digunakan untuk mendeteksi keberadaan api. Robot digerakkan oleh motor DC bisa mendeteksi rintangan di sekitarnya dan memiliki sistem navigasi berbasis ultrasound. Jika sistem ultrasound mendeteksi adanya halangan, maka robot akan berputar secara otomatis tanpa menabrak halangan atau benda lain di sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan robot pemadam api yang diusulkan dapat mendeteksi api sejauh 5 meter dan berhasil memadamkan api (Prasojo dkk., 2020).

Penelitian lainnya dengan topik penelitian tentang pengembangan purwarupa robot pemadam api dengan kendali berbasis mikrokontroler. Robot ini dirancang menggunakan mikrokontroler ATmega328 dan ATmega328P dilengkapi dengan motor servo 3600 sebagai penggerak roda dan sensor api sebagai sensor yang mendeteksi adanya api serta sensor ultrasonik sebagai sensor penghalang yang membaca dinding sebagai jalur robot. Robot ini memiliki tiga roda, dua roda belakang dan satu roda dibagian tengah depan, untuk bahan rangka menggunakan akrilik solid warna hitam dengan tebal 3 mm, panjang rangka utama 18 cm dan lebar 4 cm, ukuran diameter roda dan ban 8 cm, tinggi penyangga sensor 7 cm dan lebarnya 2 cm, untuk ukuran lintasan memiliki lebar 25 cm dan tinggi dinding 15 cm, tinggi lilin 10 cm serta jarak antara lilin dan dinding 4 cm. Hasil akhir dari

penelitian ini yaitu *prototype* robot pemadam api dapat memadamkan api dengan baik sesuai dengan program yang telah diberikan ke arduino uno. Robot ini cocok digunakan untuk memadamkan api yang kecil. Sebagai *output* atau keluaran sim 800 L bertugas mengirimkan kode lokasi yang didapat dari modul GPS neo Ublox 6m melalui sms. Robot akan kembali ke tempat semula jika api telah dipadamkan (Safarudin & Patah, 2020).

Penelitian terkait juga banyak dilakukan dengan mikrokontroler arduino mega 2560, penelitian ini membahas tentang perancangan dan implementasi robot yang berfungsi sebagai pencari titik sumber api dan kemudian memadamkannya dengan menggunakan kipas. Proses pencarian titik sumber api dilakukan dengan mendeteksi pancaran sinar ultraviolet yang dipancarkan oleh api menggunakan IR *Infrared Flame* sensor dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memandu navigasi robot dalam penentuan jarak terhadap halangan, misalnya dinding dan jarak titik sumber api terhadap robot. Sedangkan sebagai pusat kendali dari robot ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang diprogram menggunakan bahasa C. Robot ini dapat melakukan manuver penghindaran jika mendeteksi penghalang kurang dari 20 cm (Putra & Susilo,2020).

Berdasarkan penelitian terkait di atas dari beberapa robot yang telah di buat tentang sistem robot SAR baik yang beroda maupun berkaki untuk memadamkan api dan menyelamatkan korban memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sudah mampu menjalankan robotnya secara otonom dan menyelesaikan misinya dengan waktu yang telah dilakukan. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengembangkan penelitian tentang robot SAR berkaki.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau *AI*) adalah suatu mesin yang diberikan perintah atau Algoritma untuk menyelesaikan suatu pekerjaan menjadi lebih mudah dan sederhana. Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau *AI*) didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditunjukkan oleh suatu entitas buatan. Sistem seperti ini umumnya dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan oleh manusia. Beberapa macam bidang yang menggunakan kecerdasan buatan antara lain sistem pakar, permainan komputer (*games*), logika *Fuzzy*, jaringan syaraf tiruan dan Robotika (Nasution, 2020).

Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia (Jaya, dkk. 2018). Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Beberapa macam bidang yang menggunakan kecerdasan buatan antara lain sistem pakar, permainan komputer (*games*), logika fuzzy, jaringan syaraf tiruan dan robotika (Nasution, 2012). Kecerdasan buatan sering digunakan dalam pendidikan, terutama sebagai teknologi yang berhubungan dengan komputer, tetapi akhirnya berkembang menjadi pendidikan *online* di internet menggunakan perangkat tertanam dan teknologi lainnya (Chen dkk. 2020). AI mekanis dirancang untuk memiliki keterbatasan belajar dan kemampuan adaptif untuk menjaga konsistensi. Robot adalah salah satu aplikasi khas. Robot layanan adalah teknologi yang dapat melakukan tugas fisik, beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan instruksi, dan diarahkan oleh komputer tanpa bantuan orang (Colby dkk. 2016). Dampak positif dari implementasi kecerdasan buatan adalah berkurangnya waktu tunggu dan meningkatkan kualitas hasil proses atau layanan (Riris dkk, 2013).

AI biasanya dihubungkan dengan ilmu komputer, akan tetapi juga terkait erat dengan bidang lain seperti matematika, psikologi, pengamatan, biologi, filosofi,

dan yang lainnya. Kemampuan untuk mengkombinasikan pengetahuan dari semua bidang ini pada akhirnya akan bermanfaat bagi kemajuan dalam upaya menciptakan suatu kecerdasan buatan. Pengertian lain dari kecerdasan buatan adalah bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin komputer dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan manusia. Pada awal diciptakannya, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan manusia. Komputer tidak lagi hanya digunakan sebagai alat hitung, lebih dari itu, komputer diharapkan untuk dapat diberdayakan untuk mengerjakan segala sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia (Sinthiya & Sobri, 2015).

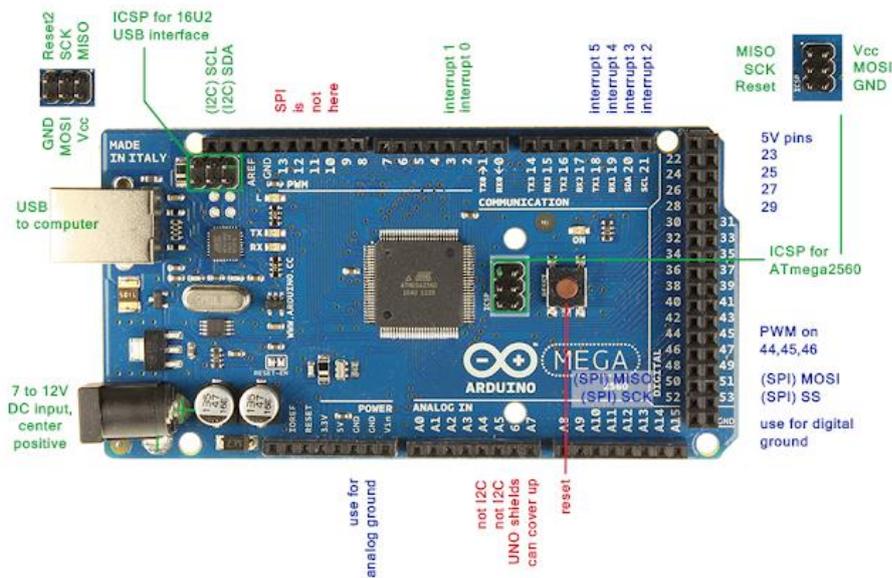
Menurut Luger dan William, kecerdasan buatan adalah cabang ilmu komputer yang berhubungan dengan otomasi perilaku yang cerdas. Kemudian menurut Haag dan Peter kecerdasan buatan adalah bidang studi yang berhubungan dengan penangkapan, pemodelan, dan penyimpanan kecerdasan manusia ke dalam sebuah sistem teknologi informasi sehingga sistem tersebut dapat digunakan sebagai proses pengambilan keputusan yang dilakukan oleh manusia. Dari dua pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa kecerdasan buatan adalah cabang ilmu komputer yang membahas tentang penangkapan, pemodelan, dan penyimpanan kecerdasan manusia ke dalam sebuah teknologi informasi yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan. Kecerdasan buatan memiliki banyak sekali cakupan yaitu aplikasi pengetahuan kognitif, aplikasi robotika, dan aplikasi antarmuka alami. Aplikasi pengetahuan kognitif dibagi menjadi beberapa bagian yaitu sistem pakar, sistem belajar, logika kabur, algoritma genetika, jaringan syaraf, dan agen cerdas. Aplikasi robotika terdiri dari persepsi visual, rangsangan, ketangkasan, daya penggerak, dan navigasi. Aplikasi Antarmuka Alami terdiri dari bahasa alami, pengenalan percakapan, antarmuka multisensor, dan virtual reality (Dewi, 2020).

2.2.2 Arduino

Arduino ditemukan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dengan tujuan awal untuk membantu para siswa membuat perangkat desain dan interaksi dengan harga yang murah, arduino berasal dari bahasa Italia yang berarti teman yang berani (Dede, 2017). Arduino merupakan papan elektronik berbasis mikrokontroler ATmega yang memenuhi sistem minimum mikrokontroler agar dapat bekerja secara mandiri (*standalone controller*) (Saptaji, 2015).

Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh Atmel corporation (Djuandi, 2011). Mikrokontroler arduino adalah sebuah platform komputasi fisik *opensource* berbasiskan rangkaian *input/output* sederhana(I/O) dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa *processing* (Anantama dkk.,2020). Bahasa pemrograman yang digunakan relatif mudah karena perangkat lunak arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap. Arduino memiliki modul siap pakai yangbisa ditancapkan pada papan arduino, misalnya *shield global positioning system*(GPS), *ethernet*, *secure digital*(SD)card, dll (Silvia *etal.*,2014).

Board arduino mega2560 adalah sebuah board arduino yang menggunakan Ic Mikrokontroler ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang relatif banyak, 54 digital input/output, 15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai *ouput* pwm, 16 buah analog input, 4 UART. Arduino mega 2560 dilengkapi dengan kristal 16 Mhz untuk penggunaan relatif sederhana tinggal power dari USB ke PC/Laptop atau melalui kabel DC pakai adaptor 7-12V DC. Pin digital arduino mega 2560 ada 54 pin yang dapat digunakan sebagai input atau ouput dan 16 pin analog berlabel A0 sampai A15 sebagai ADC. Setiap pin analog memiliki resolusi sebesar 10 bit.



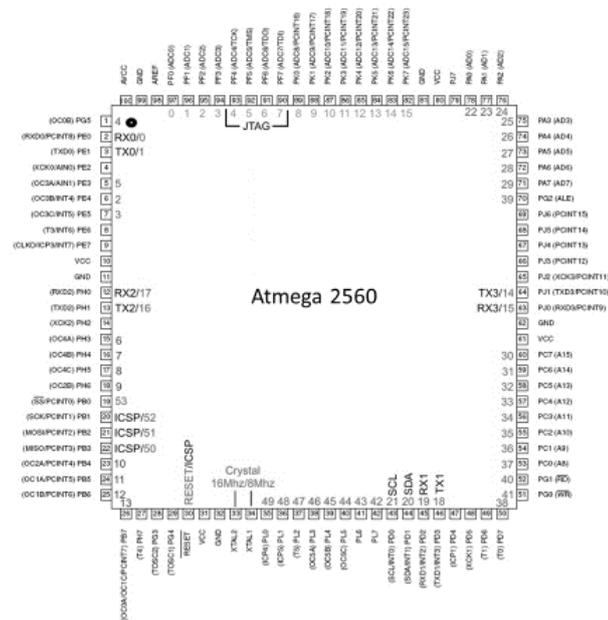
Gambar 2.1 Arduino Mega 2560

Pada **Gambar 2.1** menunjukkan Arduino mega 2560 dilengkapi dengan pin beserta fungsi khusus yaitu.

- **Serial 4 buah** : port serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX); port serial 1: pin 19 (RX) dan pin 18 (TX); port serial 2: pin 17 (RX) dan pin 16 (TX); port serial 3: pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). Pin Rx digunakan untuk menerima data serial TTL dan pin (Tx) untuk mengirim data serial TTL.
- **External Interrupts 6 buah** : pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3) dan pin 21 (interrupt 2)
- **PWM 15 buah** : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 dan 44, 45, 46 pin-pin tersebut dapat digunakan sebagai output PWM 8 bit.
- **SPI** : pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS), digunakan untuk komunikasi SPI menggunakan SPI Library.
- **I2C** : pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL), komunikasi I2C menggunakan wire library.
- **LED** : 13 Built-in LED terhubung dengan pin digital 13.

ATmega2560 merupakan sebuah mikrokontroler berbasis RISC AVR 8 bit dari Atmel dengan performansi tinggi. dengan mengeksekusi sejumlah intruksi dalam satu siklus tunggal, perangkat mencapai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz,

menyeimbangkan konsumsi daya dan kecepatan pemrosesan (Anastasia dkk., 2017).



Gambar 2.2 Mikrokontroler Atmega 2560

Pada **Gambar 2.2** merupakan bentuk dari Mikrokontroler 2560 dimana Sistem pengendali utama dari robot adalah mikrokontroler ATmega2560. mikrokontroler ini dipakai untuk mengendalikan motor DC, motor servo, sensor api (UVTron dan TPA81), *Proximity sensor*, *Ultrasonic sensor*, *white line detector*, dan *Non-Air Extinguisher* pemadam api. Mikrokontroler ini juga *handle* sistem navigasi dan algoritma. *System Programmable* yaitu pemrograman secara langsung, dapat diprogram menggunakan bahasa C (CodeVision AVR).

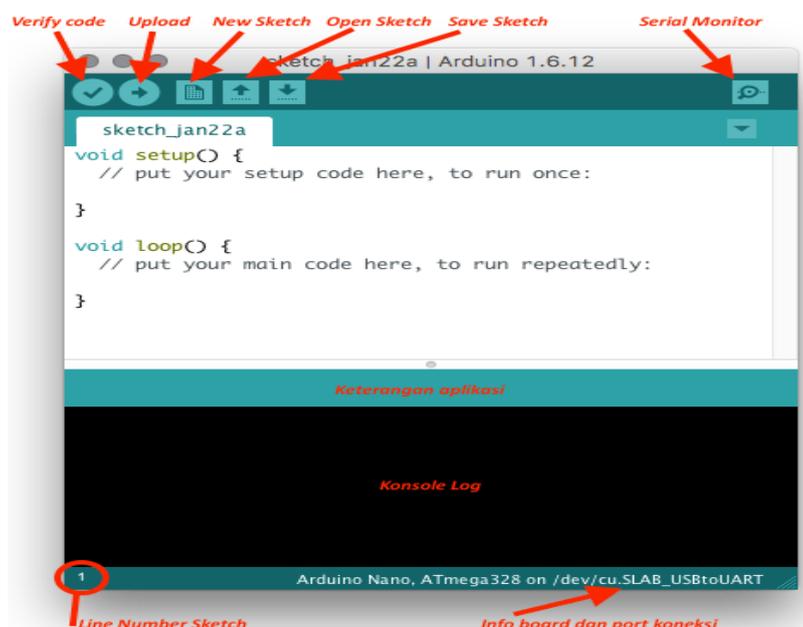
2.2.3 Arduino Software (IDE)

IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java (Fathulrohman & Saepulloh, 2018). IDE merupakan singkatan dari *integrated Development Environment*, atau secara pengertian sederhananya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. *software* Arduino IDE berfungsi sebagai lingkungan pemrograman. Arduino IDE berguna sebagai teks editor untuk membuat, mengedit, dan juga memvalidasi

kode program. Arduino IDE dibuat dengan bahasa pemrograman JAVA. Penggunaan modul Arduino disandingkan dengan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Arduino IDE menanamkan program yang dibangun oleh pemogram ke dalam Mikrokontroler di dalam modul Arduino *sketch*. Kemampuan IDE bukan hanya sebagai editor program, namun dapat juga melakukan *compile* dan memungkinkan pemogram mengunggah program yang dibuat tanpa harus menggunakan *tool* tambahan (Handoko, 2017). Arduino IDE dapat dipasang diberbagai *operating system* (OS) seperti Windows, Mac, dan Linux. Arduino IDE memiliki tiga bagian utama sebagai berikut.

- a) *Editor Program*, bagian ini merupakan ruang membuat *syntax code* di dalam Arduino IDE.
- b) *Compiler Progam*, bagian ini untuk mengetahui kesalahan pembacaan program dengan mengubahnya menjadi kode biner
- c) *Verify Progam*, bagian ini digunakan untuk mengecek program yang dibuat bisa berjalan atau tidak.
- d) *Uploader Program*, bagian ini yang memasukkan kode biner ke dalam modul Mikrokontroler dan mentransmisikan program ke dalamnya.

Tampilan *software* Arduino IDE ditunjukkan pada **Gambar 2.3**



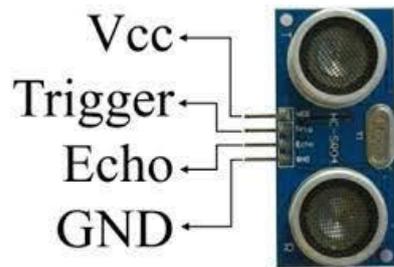
Gambar 2.3 Tampilan Arduino IDE

Arduino IDE juga memiliki menu pendukung lainnya yang dapat digunakan dan dijalankan sistem seperti serial monitor yang berfungsi untuk menampilkan data yang terpanggil, konsol log berfungsi untuk menampilkan data informasi berupa akses lokasi penyimpanan dan pemberitahuan terkait kode program, *library open* berfungsi untuk memasukkan *library* program ke dalam arduino dan menu lainnya (Fezari & Al Zaytoona, 2018)

2.2.4 Proximity Detector (Sensor Ultrasonic)

Sensor ultrasonik dalam robot sebagai pengukur jarak untuk memberikan masukan kapan robot harus maju atau berbelok, sistem kerja sensor ultrasonik yaitu memancarkan gelombang suara dan memantulkannya jika mengenai objek yang ada di didepannya (Rachman dkk., 2016).

Sensor ini terdiri atas sebuah transduser ultrasonik *transmitter* yang berfungsi mengirimkan gelombang suara dengan frekuensi 40 kHz, dan sebuah transduser ultrasonik *receiver* yang berfungsi untuk menangkap pantulan gelombang suara yang dikirimkan oleh ultrasonik *transmitter*. Modul sensor ultrasonik ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Keluaran dari modul sensor ultrasonik ping ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya yang dihasilkan modul sensor ultrasonik ini bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS. secara prinsip modul sensor ultrasonik ini terdiri dari sebuah *chip* pembangkit sinyal 40KHz, sebuah *speaker* ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. *Speaker* ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya. Bentuk sensor ultrasonik diperlihatkan pada **Gambar 2.4** berikut (Puspasari dkk., 2019).



Gambar 2.4 Sensor jarak ultrasonik

Pada **Gambar 2.4** yang menunjukkan bentuk dari sensor jarak Ultrasonik dimana Sinyal output modul sensor ultrasonik dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler tanpa tambahan komponen apapun. Modul sensor ultrasonik hanya akan mengirimkan suara ultrasonik ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler (Pulsa *high* selama $5\mu\text{S}$). Suara ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40KHz akan dipancarkan selama $200\mu\text{S}$ oleh modul sensor ultrasonik ini. Suara ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344.424m/detik (atau 1cm setiap $29.034\mu\text{S}$) yang kemudian mengenai objek dan dipantulkan kembali ke modul sensor ultrasonik tersebut. Selama menunggu pantulan sinyal ultrasonik dari bagian trasmitter, modul sensor ultrasonik ini akan menghasilkan sebuah pulsa. Pulsa ini akan berhenti (*low*) ketika suara pantulan terdeteksi oleh modul sensor ultrasonik. Oleh karena itulah lebar pulsa tersebut dapat merepresentasikan jarak antara modul sensor ultrasonik dengan objek (Arief, 2011) .

Jarak sensor dengan objek dapat ditentukan berdasarkan **Persamaan 1**:

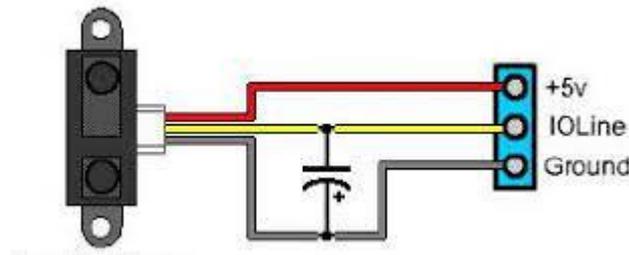
$$s = v \cdot \left(\frac{t}{2}\right) \quad (1)$$

Keterangan: $s = \text{jarak (cm)}$; $v = \text{kecepatan } \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$; $t = \text{waktu } (\mu\text{S})$

2.2.5 Sensor Infrared

Sensor adalah suatu alat yang merubah dari besaran fisika menjadi besaran listrik. Alat elektronik yang digunakan untuk merasakan karakteristik tertentu dari lingkungannya oleh baik memancarkan atau mendeteksi radiasi *infrared*. Sistem

sensor *infrared* pada dasarnya menggunakan *infrared* sebagai media untuk komunikasi data antara *receiver* dan *transmitter*. Sistem akan bekerja jika sinar *infrared* yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda yang mengakibatkan sinar *infrared* tersebut tidak dapat terdeteksi oleh penerima.



Gambar 2.5 Sensor *Infrared*

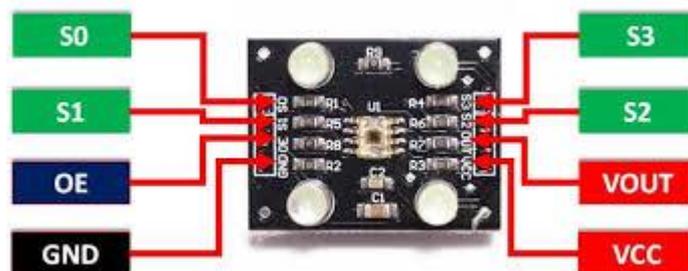
Pada **Gambar 2.5** menunjukkan bentuk dari sensor *infrared* dimana dalam rangkaian sensor *infrared* ini memiliki dua buah komponen *infrared* yaitu pemancar *infrared* (IR Transmitter) dan penerima *infrared* (IR Receiver). Pemancar *infrared* ini merupakan sebuah photodiode yang dapat memancarkan sinar infra merah, sedangkan penerima *infrared* adalah sebuah dioda khusus yang berfungsi sebagai penerima sinar *infrared* (Wahyudi, 2018). Setelah cahaya inframerah ditembakkan pada objek dan terpantul, lalu foto transistor akan mulai bekerja. Foto transistor akan bekerja dalam penerima cahaya inframerah. pada Foto transistor pantulan energi cahaya *infrared* diubah menjadi arus listrik. Foto transistor adalah merupakan kombinasi foto diode dan penguatan transistor. Foto transistor memiliki sensitifitas yang lebih tinggi dibandingkan foto diode, tetapi dengan waktu respon yang secara umum akan lebih lambat dari pada foto diode.

Prinsip kerja dari sensor *Infrared* ketika cahaya *infrared* diterima oleh foto transistor maka basis foto transistor akan mengubah energi cahaya inframerah menjadi arus listrik. Arus listrik tersebut merupakan basis *hole*. Pergerakan elektron disebut sebagai muatan listrik negatif dan pergerakan *hole* disebut sebagai muatan listrik positif .

2.2.6 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 merupakan *IC* yang dapat diprogram yang berguna untuk mengkonversi warna cahaya ke frekuensi dengan *output* berbentuk sinyal kotak. Ada dua komponen utama pembentuk alat ini, yaitu *photodiode* dan pengkonversi arus ke frekuensi (ADC). Pada dasarnya Sensor Warna TCS3200 merupakan sensor cahaya yang dilengkapi dengan filter cahaya untuk warna dasar RGB (red-green-blue).

Spesifikasi Modul DT-Sense sensor warna TCS3200 sebagai berikut: (1) area pandang 2cm x 2cm; (2) jalur komunikasi dapat menggunakan I2C atau UART; (3) mempunyai EPROM (dapat menyimpan hingga 25 buah data); (4) sumber catu daya menggunakan 4.8-5.5 VDC *Range* warna untuk warna merah adalah dari 50 sampai dengan 255, hijau dari 30 sampai dengan 255, dan biru dari 0 sampai dengan 255. Nilai minimum merah adalah 50, dan nilai minimum hijau adalah 30 (Rizki dkk., 2012). **Gambar 2.6** adalah sensor warna tcs3200



Gambar 2.6 Sensor warna TCS3200

Pada **Gambar 2.6** sensor warna tcs3200 memiliki beberapa pin diantara pin s0 dan s1 yang berfungsi sebagai saklar pemilih pada frekuensi output skala tinggi, pin s2 dan s3 sebagai saklar pemilih 4 kelompok dioda, VCC sebagai suplay tegangan 5V, GND sebagai *ground* pada *power supply*, OUT sebagai *output* frekuensi, EO (*output enable*) sebagai *input* untuk frekuensi output skala rendah.

2.2.7 Motor Servo

Motor servo adalah motor listrik yang dirancang menggunakan sistem umpan balik tertutup (*closed loop*) yaitu berupa *encoder* untuk umpan balik posisi untuk mengontrol target posisi motor, keluaran torsi, kecepatan rotasi. Sistem tertutup pada motor servo menghasilkan umpan balik (*feedback*) yang mana mempengaruhi input dan mengendalikan perangkat. Selain dapat menentukan sudutnya motor servo ini juga dapat mempertahankan posisinya sehingga dapat menahan beban sesuai dengan spesifikasi yang dimiliki. Motor servo juga memiliki torsi yang tinggi (Elektro, 2021).

Torsi atau momen gaya adalah hasil kali antara gaya F dan lengan momennya.

$$\tau = r \times F \quad (2)$$

$$\tau = r \cdot F \sin\theta \quad (3)$$

keterangan: τ = Torsi (Nm); r = jarak (meter); F = Gaya (Newton)

Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol, potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros motor DC akan membuat putaran poros akan melambat dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar dan berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo (Latifa & Saputro, 2018).

Motor servo merupakan aktuator atau perangkat yang dirancang dengan sistem loop tertutup motor servo terdiri dari beberapa bagian diantaranya rangkaian kontrol, motor servo, poros, potensiometer, motor gigi penggerak, penguat dan salah satu penyandi atau penyelsai. Motor servo adalah perangkat listrik mandiri, yang memutar bagian bagian mesin dengan efisiensi tinggi dan dengan presisi tinggi. Putaran poros *output* ini di ubah-ubah kesudut tertentu, posisi dan kecepatan. Dalam sistemnya motor servo menggunakan motor biasa dan memasangkannya dengan sensor untuk umpan balik posisi. Pengontrol adalah

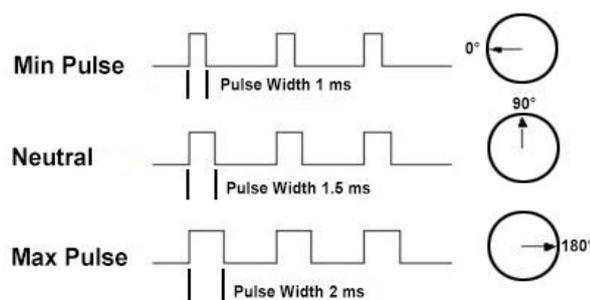
bagian terpenting dari motor servo yang dirancang dan digunakan khusus (Azmi Kurdianto & Wiendartun, 2019).



Gambar 2.7 Motor Servo

Pada **Gambar 2.7** menunjukkan motor servo jenis ini banyak dipakai pada project robotika seperti pada robot spider atau humanoid robot. Sudut putaran motor ini dapat diatur hingga 270° .

Motor servo dikendalikan dengan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) dari *encoder/potentiometer*. Lebar sinyal (pulsa) yang diberikan inilah yang akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar sinyal dengan waktu 1,5 ms (*mili second*) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila sinyal lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila sinyal yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Untuk lebih jelasnya perhatikan pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Prinsip kerja Motor Servo

Pada **Gambar 2.8** menunjukkan ketika sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak ke posisi yang telah ditargetkan dan berhenti pada posisi tersebut serta akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka sistem *closed loop* dari motor servo tersebut akan bekerja dengan mencoba menahan atau melawan kekuatan eksternal tersebut dengan kekuatan internal dari motor servo itu sendiri. Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) harus diulang setiap 20 ms (*mili second*) agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

2.2.8 Multimeter

Multimeter merupakan alat ukur listrik yang banyak digubakan oleh teknisi di laboratorium dan bengkel elektronika, sedangkan fungsi utama dari multimeter ini ialah mengukur resistansi, kapasitansi, arus listrik, tegangan AC maupun DC, menguji baik atau tidaknya suatu komponen, mengetahui sambungan rangkaian dan sebagainya. Hal ini untuk mendeteksi kemungkinan apakah terjadi kerusakan atau gangguan sehingga menghindari kemungkinan timbulnya kebakaran atau konsleting listrik. Alat ukur rangkaian listrik ini terdiri dari 2 jenis yaitu kategori analog dan digital. Namun pada penelitian menggunakan multimeter digital, alat ukur jenis digital lebih sering digunakan karena cara kerjanya jauh lebih mudah dan akurat (Matrias, 2017).



Gambar 2.9 Multimeter Digital

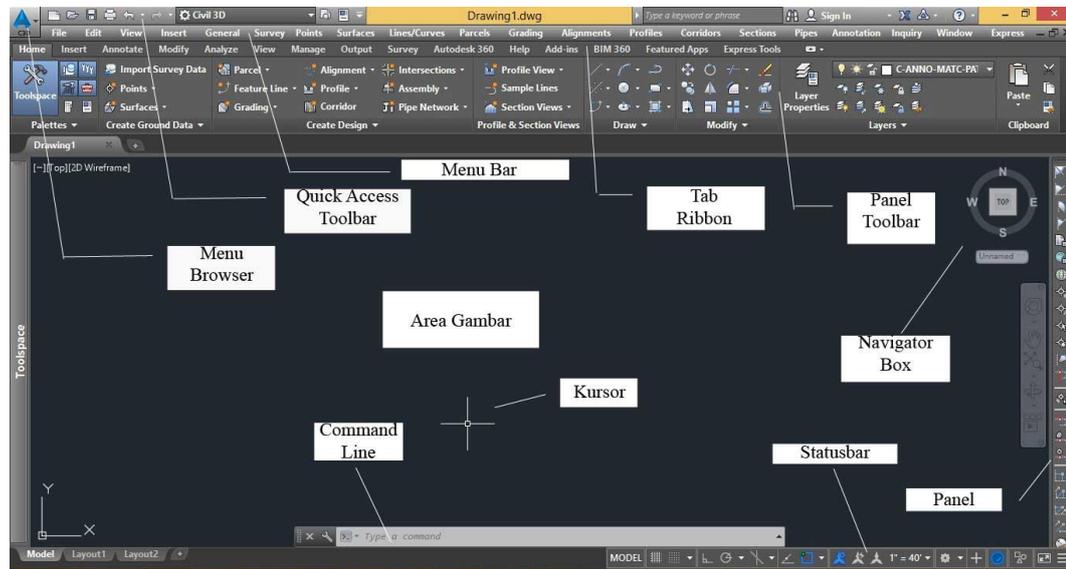
Pada **Gambar 2.9** menunjukkan multimeter digital beserta penjelasan untuk penggunaannya. Hasil alat ukur dapat dengan mudah dibaca pada layar digital yang tertera. Istilah lain dari multimeter jenis ini adalah DVOM (*Digital Volt Ohm Meter*) atau DMM (*Digital Multi Meter*). Pada tipe Digital, selain dapat mengukur tegangan, hambatan, serta arus listrik, alat ukur ini juga mampu melakukan pengukuran pada Hfe transistor yang ada pada tipe-tipe tertentu saja (Fidiantara dkk., 2021)

2.2.9 *Software Autocad 3D*

Autocad merupakan *software* aplikasi yang dipakai untuk membuat desain gambar seperti gambar-gambar sipil, arsitektur, elektro, mesin dan sebagainya. Yang mana *software autocad* memiliki kemudahan serta keunggulan dalam membuat gambar-gambar secara cepat dan presisi serta bisa dipakai untuk memodifikasi (*modify*) gambar dengan cepat.

Penggambaran garis *kontur* menggunakan *autocad* bisa menjawab kebutuhan penyajian visual garis kontur secara tiga dimensi dengan akurat tanpa mengabaikan kaidah-kaidah menggambar teknik. Selain itu kemungkinan

penyajian visual secara tiga-dimensi dari berbagai arah pandangan sesuai penempatan kamera yang diinginkan perancang atau drafter dapat dilakukan menggunakan aplikasi autocad. **Gambar 3.0** adalah tampilan *software AutoCad 3D*



Gambar 3.0 Tampilan *Software AutoCad 3D*

Kebutuhan perhitungan volume lahan yang dipakai dalam perhitungan rencana anggaran biaya dapat akukan secara cepat dan akurat mendekati volume lahan yang sebenarnya sehingga kesalahan estimasi biaya dapat dihindari keuntungan penggunaan autocad adalah gambar lebih cepat diselesaikan dibanding kalau secara manual dan perubahan gambar dapat segera diganti (Senduk, 2021).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan April 2023 sampai dengan November 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang berjalannya pembuatan Robot berkaki penyelamat korban pasca bencana ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan terdapat dua macam, perangkat lunak perangkat keras.

a. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Perangkat Lunak

Nama	Fungsi
Arduino IDE	Untuk Memprogram Arduino. Berfungsi sebagai <i>text editor</i> untuk mengedit, membuat dan memvalidasi sintaks kode pemrograman pada arduino
Autocad 3D	Perangkat Lunak untuk menggambar 3D. Berfungsi untuk membuat <i>design</i> kerangka Robot.

b. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini di tunjukkan oleh **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Perangkat Keras

Nama	Kegunaan
Laptop	Sebagai alat untuk mengolah Data dan Pembuatan Laporan Penelitian
Solder	Sebagai Alat Pemanas timah untuk merekatkan Komponen
Multimeter	Sebagai Alat Ukur Tegangan dan Arus

3.2.2 Bahan

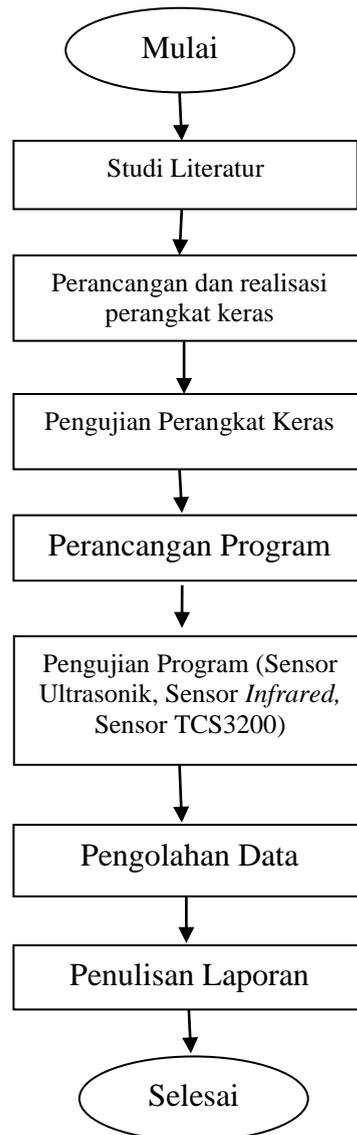
Bahan-bahan yang digunakan dalam Penelitian ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Bahan yang digunakan

Nama	Kegunaan
Arduino Mega 2560	Sebagai Pengendali sistem pada penelitian
Sensor Ultrasonik	Sebagai pengukur jarak pada robot dengan dinding labarin
Sensor <i>Infrared</i>	Sebagai pengukur dan pendeteksi Radiasi inframerah yang ada dilingkungan sekitar Robot
Sensor warnaTCS3200	Sebagai Pendeteksi Warna
Motor Servo	Sebagai Kaki Robot
Kabel Jumper	Sebagai Penghubung rangkaian

3.3 Prosedur Penelitian

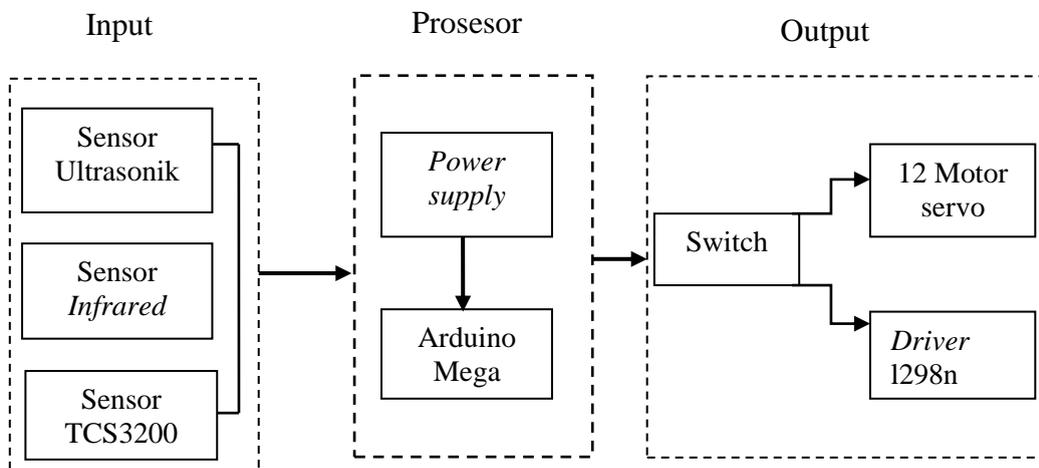
Secara garis besar, Penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian yaitu perancangan sistem instrumentasi, pengujian alat dan pengolahan data. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Perancangan sistem

Pada tahap selanjutnya yaitu perancangan sistem pada instrumentasi sensor HC-SR04, sensor *infrared* dan sensor TCS3200 pada robot SAR yang dilengkapi dengan program pengendali Arduino dan *software* Arduino IDE. Secara umum, rancangan sistem yang akan ditunjukkan pada diagram blok pada **Gambar 3.2**



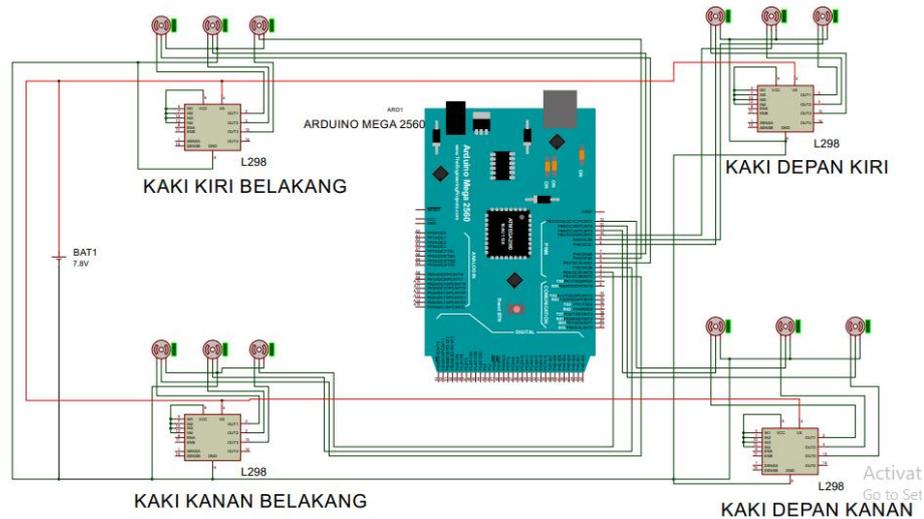
Gambar 3.2 Diagram Blok

Berdasarkan **Gambar 3.2** Sistem pengendali utama pada robot adalah menggunakan *board* Arduino Mega 2560. Board Arduino Mega2560 adalah sebuah *board* Arduino yang menggunakan IC Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital *Input / Output*, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai *output* PWM, 16 buah analog *Input*, 4 UART. sistem pengendali mikrokontroler Atmega2560 ini dipakai untuk mengendalikan motor servo, sensor ultrasonik, sensor *infrared*, dan sensor warna TCS3200. Mikrokontroler ini juga mengatasi sistem Navigasi dan algoritma. Sistem *Programmable* yaitu pemrograman secara langsung, dapat di program menggunakan bahasa C (Code Vision AVR).

Tahap perancangan sistem instrumentasi pada robot ini sebagai berikut.

c. Skematik rangkaian

Skematik rangkaian sistem instrumentasi pada robot ditunjukkan pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Skema rangkaian sistem

Keterangan:

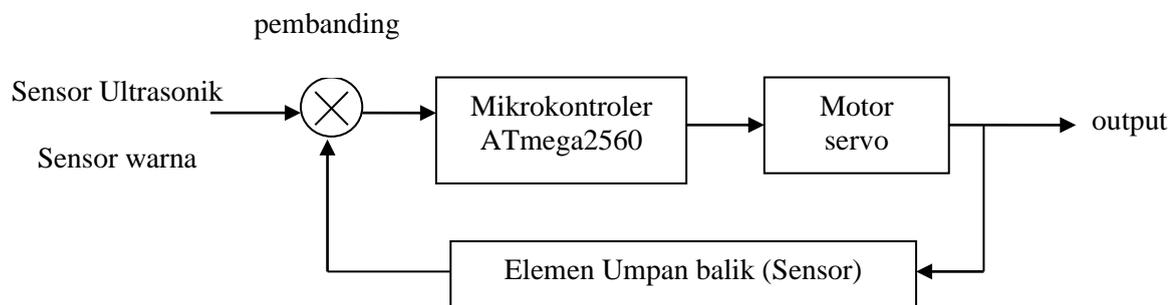
1. Servo RDS3115
2. *Driver* servo l298n
3. Arduino Mega 2560

Berdasarkan **Gambar 3.3** Pada sistem ini terdapat 35 pin digital yang digunakan, yaitu pin D2 hingga D13 yang digunakan motor servo sebagai pin digital sebagai komunikasi antara arduino dan modul *driver* servo l298n, pin D16 hingga D21 digunakan oleh sensor warna TCS3200, pin D22 hingga D35 digunakan oleh sensor ultrasonik dan *infrared*, kemudian pin Vcc servo masing- masing terhubung ke bagian 5v pada *driver* servo l298n di setiap kaki, semua pin *ground* servo dipasang secara paralel yang dihubungkan ke Arduino dan kemudian pin *ground* dan pin Vcc pada seluruh komponen akan dihubungkan dengan *battery* yang akan mendistribusi arus dan tegangan untuk komponen yang digunakan pada rangkaian.

d. Program pengendali utama

Robot akan mulai berjalan setelah *Push Button* yang dipasang di badan robot ditekan. Mekanisme gerak mode robot dimulai dengan mendeteksi dan bergerak mendekati korban dibantu *flame navigator* agar robot tepat kearah korban. Pada saat yang sama sistem sensor warna bekerja yang berfungsi sebagai pendeteksi korban yang berwarna *orange* dan tempat peletakan korban. Informasi ini diberikan oleh sistem *flame detector* tentang ada tidaknya gelombang ultraviolet yang ditangkap. Robot kemudian mendekati korban dan sensor *flame detector* akan menentukan posisi untuk mencapit dan membawa korban. Sinyal *output* dari *flame detector* dan *flame navigator* adalah berupa sinyal analog sehingga dibutuhkan ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk mengonversi data analog menjadi data digital sehingga prosesor dapat memperoleh informasi dari sistem tersebut. Data *proximity detector* dihasilkan dari sensor ultrasonik dalam bentuk data 8 bit, sehingga data dari *proximity detector* dapat langsung dibaca dan diproses.

Sistem penggerak motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari motor dc, rangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo, sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.

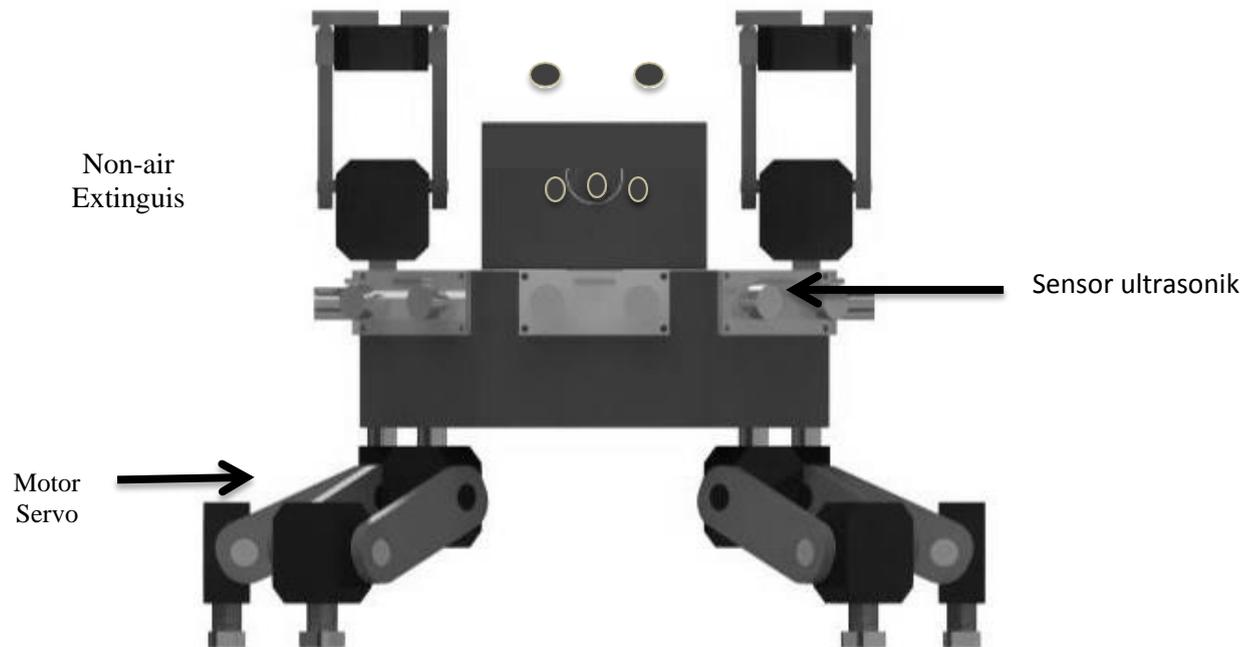


Gambar 3.4 Sistem kendali robot

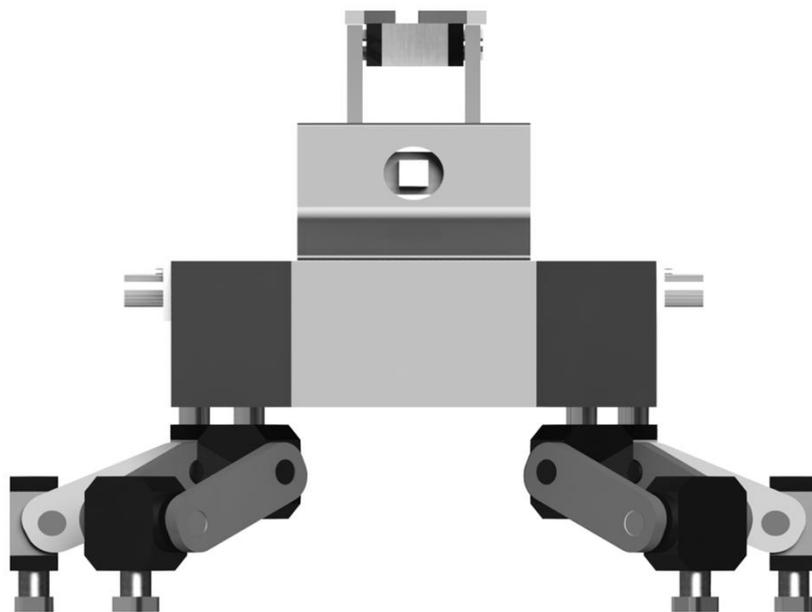
Gambar 3.4 menunjukkan sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali umpan balik (*feedback*), karena memiliki sifat dari suatu sistem untaian-tertutup yang memungkinkan keluarannya bisa dibandingkan dengan masukan sistem sedemikian rupa agar tindakan pengendalian yang tepat sebagai fungsi dari keluaran dan masukannya bisa terjadi. Konfigurasi dasar dari suatu sistem pengendalian umpan balik sederhana.

3.3.2 Desain Robot

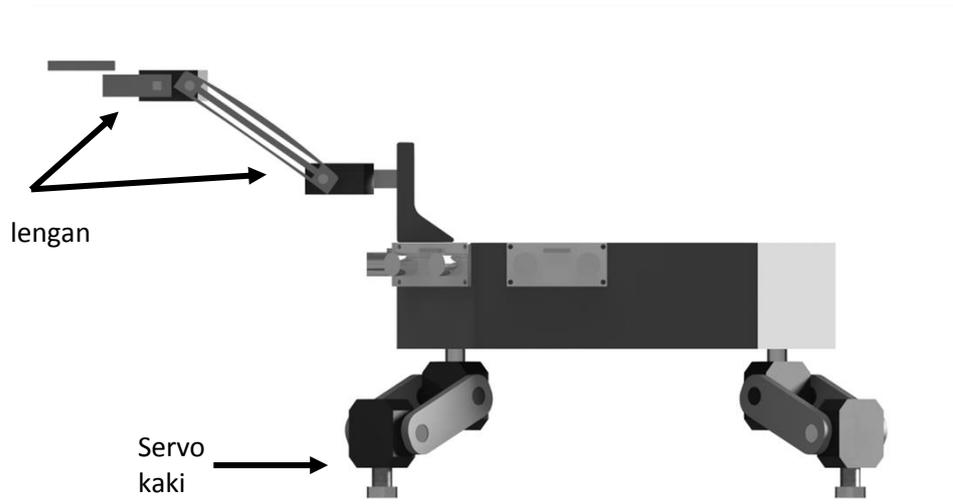
Berikut desain robot yang telah dirancang adalah :



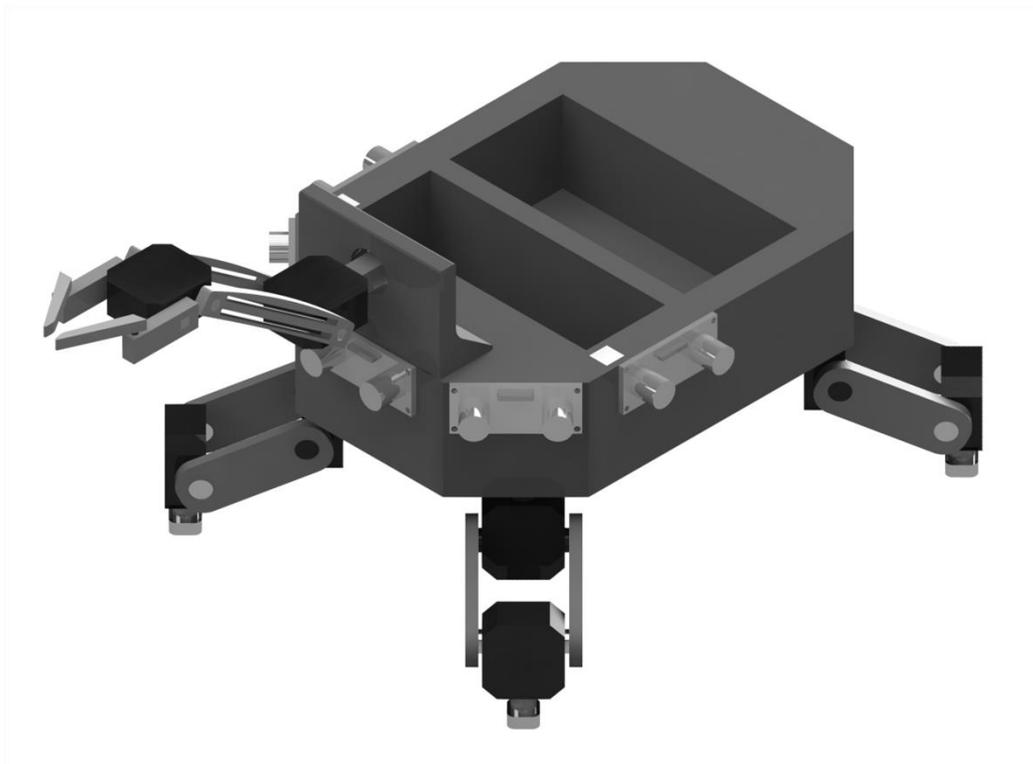
Gambar 3.5 Robot Tampak Depan



Gambar 3.6 Robot tampak belakang



Gambar 3.7 Robot Tampak Samping



Gambar 3.8 Robot Tampak Keseluruhan

3.3.3 Pengujian Alat

Pada penelitian ini, setelah dilakukan pengujian instrumentasi maka sistem secara keseluruhan akan diimplementasikan pada robot. Data pertama yang akan dibutuhkan yaitu data kalibrasi dari sensor ultrasonik dan sensor *infrared*. Mekanisme kalibrasi pada sensor ultrasonik dilakukan sebanyak 5 contoh pengukuran. Pada **Tabel 3.3** dan **Tabel 3.4** menunjukkan data yang akan diambil untuk pengujian nilai keluaran yang akurasi dan presisi dari masing-masing sensor pada sistem instrumentasi pengukuran.

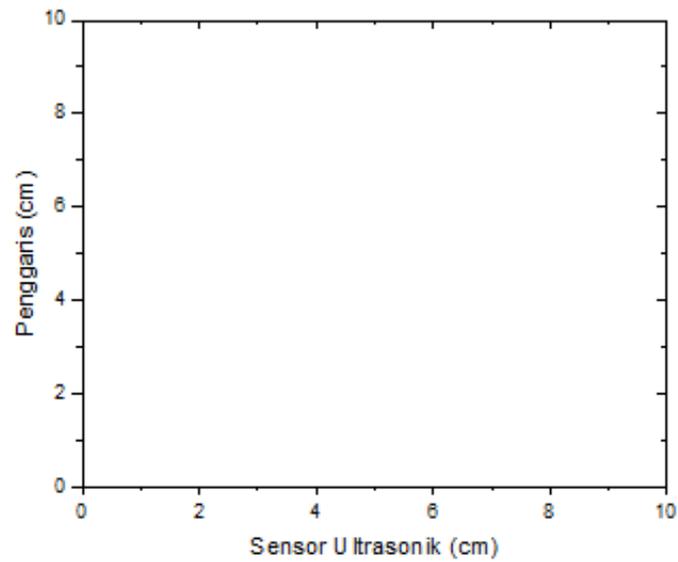
Tabel 3.3 Pengujian Sensor Ultrasonik terhadap Alat Ukur Penggaris

No	Penggaris (Cm)	Sensor Ultrasonik				
		1	2	3	4	5
Rata-rata						
Error						

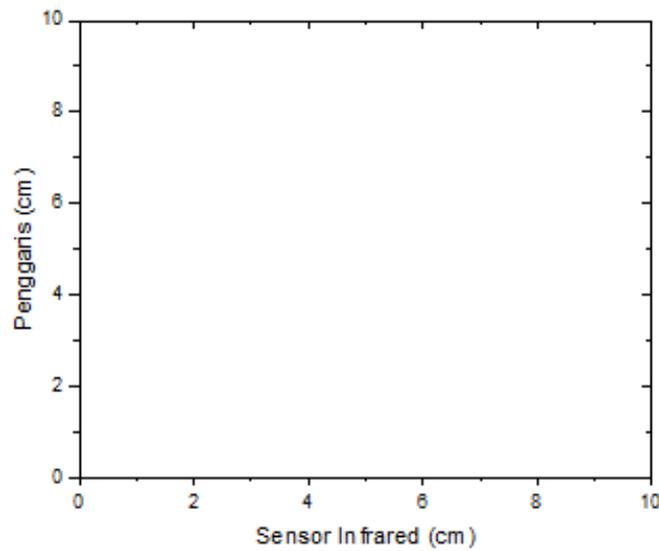
Tabel 3.4 Pengujian Sensor *infrared* terhadap Alat Ukur Penggaris

No	Penggaris (Cm)	Sensor <i>Infrared</i>				
		1	2	3	4	5
Rata-rata						
Error						

Untuk memudahkan analisis data, maka dibuatlah grafik validasi setiap pengukuran. Grafik pertama yaitu grafik data pengujian sensor ultrasonik dan sensor *infrared*. Grafik terdiri dari nilai pengukuran instrumentasi pembanding dan nilai pengukuran sensor yang dikalibrasi. Grafik dapat dilihat pada **Gambar 3.9** dan **Gambar 4.0**



Gambar 3.9 Grafik Pengujian sensor ultrasonik



Gambar 4.0 Grafik Pengujian sensor *infrared*

Dari data kemudian menghitung nilai presentasi kesalahan atau error, akurasi, presisi menggunakan persamaan (1).

Tabel 3.4 Pengujian sensor tcs3200 terhadap LED

Uji	R	G	B
-----	---	---	---

Tabel 3.5 Pengujian Gerakan Robot

No	Gerakan Robot	Berhasil/Belum Berhasil
1	Maju	
2	Mundur	
3	Belok kiri	
4	Belok kanan	
5	Balik kanan	
6	Balik kiri	
7	Deteksi korban	
8	Deteksi <i>safety zone</i>	

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan data hasil robot SAR berkaki menggunakan sensor *infrared*, sensor warna TCS3200 & sensor ultrasonik berbasisi Arduino mega2560 yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah selesai dibuat robot SAR berkaki penyelamat korban pasca bencana yang diikutsertakan pada Kontes Robot Indonesia (KRI) pada bulan Juni 2023.
2. Prinsip kerja sensor ultrasonik pada robot SAR yaitu sensor akan memancarkan gelombang suara dan memantulkannya lalu mengenai tanggul arena sebagai pengukur jarak untuk memberikan masukan kapan robot harus maju atau berbelok. Sensor warna TCS3200 akan mengkonversi filter cahaya warna dasar RGB (*red-green-blue*) yang berfungsi sebagai pengenal korban yang akan diselamatkan.
3. Robot dapat berjalan maju, mundur, belok kanan, dan belok kiri tapi belum dapat mengenali dan menyelamatkan korban serta belum dapat mendeteksi *safety zone* menggunakan sensor TCS3200.
4. Jarak yang dideteksi sensor ultrasonik untuk mendeteksi tanggul arena yaitu 5cm – 20cm.

5.2 Saran

Untuk hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran dalam memperbaiki dan mengembangkan robot SAR yaitu *design* robot dibuat lebih rendah agar dapat menyesuaikan arena robot. Selain itu kaki robot lebih baik berjumlah 6 buah agar robot lebih seimbang saat berjalan serta untuk peletakan sensor ultrasonik sebaiknya ada di bagian lengan kaki juga agar memudahkan robot dalam membaca jarak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfith. (2016). Perancangan Robot Cerdas Pemadam Api Dengan Sensor Thermal Array Tpa 81 Berbasis Microcontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 5(2), 95–102.
- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 1, 30-35
- Anastasia, T. U., Mufti, A., & Rahman, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Parkir Otomatis dan Informatif Berbasis Mikrokontroler ATmega2560. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 29–34.
- Arief, U. M. (2011). Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. *Jurnal Ilmiah “Elektrikal Enjiniring” UNHAS*, 09(02), 72–77.
- Arsada, B. (2017). Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 1–8.
- Kurdianto A., & Wiendartun. (2019). Rancang Bangun Pengisi Toren Air Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Arduino Uno. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 0, 317–322.
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in education: A review. *Jurnal IEEE Access* vol.8, Hal 75264-75278.
- Colby, C., L., Mithas, & Pasuraman, A. (2016). *Service Robots: How Ready are consumer to Adopt and What Drives Acceptance*. In the 2016 Frontiers in Service Conference. Norway.

- Dede, B. (2017). *Sistem Keamanan Pengendali Pintu Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) dengan Arduino Uno R3*. STMIK Bina Sarana Global. Tangerang.
- Djuandi, F. (2011). *Pengenalan Arduino*. <https://:tobuku.com>. diakses 26 Oktober 2023, Pukul 17.43
- Dewi, A. O. P. (2020). Kecerdasan Buatan sebagai Konsep Baru pada Perpustakaan. *Anuva: Jurnal Kajian Budaya, Perpustakaan, Dan Informasi*, 4(4), 453–460.
- Fathulrohman, Y. N. I. & Saepulloh, A. (2017). Alat Monitoring Suhu dan Kelembapan Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika*. Vol 02. No.01 Hal. 161-171.
- Fezari, M., & Al Zaytoona, A. A. D. (2018). Integrated Development Environment “IDE” For Arduino Integrated Development Environment “IDE” For Arduino Introduction to Arduino IDE. *ResearchGate, October*.
- Fidiantara, F., Fuadi, H., & Ilahi, W. B. (2021). Karakteristik/Spesifikasi Alat Laboratorium Fisika dan Cara Penggunaannya pada Mahasiswa S1 Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(2), 0–6.
- Halis, I. (2017). Rancang Bangun Sistem Informasi Kondisi Dehidrasi Tubuh Melalui Warna Urin (Smart Toilet). *Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 23–24.
- Jaya, H., Sabran, Idris, M. M., Djawat, Y.A., Ilham, A., & Ahmar, A. S. (2018). *Kecerdasan Buatan*. Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Handoko, P. (2017). *Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3*. November, 1–2.
- Kusumoputro, B., Purnomo, M. H., Mozef, E., Rochardjo, H. S. B., Prabowo, G., Purwanto, D., Pitowarno, E., Indrawanto, Mutijarsa, K., & Muis, A. (2022). *Panduan Kontes Robot Indonesia (KRI) Tahun 2022*. 146.
- Maspiyanti, F., & Hadiyanti, N. (2017). Robot Pemadam Api Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 3(2).
- Matrias. (2017). Penerapan Dan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Pada Pengukuran Komponen Elektronika. *Konferensi Nasional Ilmu Sosial & Teknologi (KNiST)*, 222–226.
- Nasution, H. (2020). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 4–8.

- Perwiratama, A. (2016). *Prototipe Alat Penghitung Volume Lubang Jalan Raya Menggunakan Sensor Inframerah Untuk Pemeliharaan Jalan Raya*. L, 1–4.
- Prasojo, I., Maseleno, A., Tanane, O., & Shahu, N. (2020). Design of automatic watering system based on arduino. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(2), 55–58.
- Puspasari, F., Fahrurrozi, I., Satya, T. P., Setyawan, G., Al Fauzan, M. R., & Admoko, E. M. D. (2019). Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 36.
- Ririh, K. R., Laili, N., Wicaksono, A., & Tsurayya, S. (2020). Studi Komparasi dan Analisis Swot Pada Implementasi Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) di Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*, 15(2), 122–133.
- Rizki, D., Muhammad, R., Fadillah, R., Igwahyudi, Q., & Dewanto, S. (2012). Alat Penyortir Dan Pengecekan Kematangan Buah Menggunakan Sensor Warna. *Jurnal Teknik Komputer*, 20(2), 88–92.
- Safarudin, M., & Patah, A. (2020). Pengembangan Purwarupa Robot Pemadam Api Dengan Kendali Berbasis Mikrokontroler. *Isu Teknologi Stt Mandala*, 15(2), 92–98.
- Saptaji, H. W. (2015). *Mudah Belajar Mikrokontroller dengan Arduino*. Widya Media. Bandung.
- Senduk, N. (2021). Penerapan Teknik Penggambaran Garis Kontur Menggunakan Auto Cad 3D. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 90.
- Setyawan, S. H. (2020). Perancangan Pergerakan Robot Hexapod Pemadam Api Berkaki Dengan Metode Invers Kinematik. *Universitas Sanata Dharma*.
- Sinthiya, I. A. P. A., & Sobri, M. R. (2015). Rancangan Aplikasi Sistem Cerdas Pembelajaran Ilmu Bangun Datar SD Negeri 01 Candiretno. *Jurnal TAM (Technology Acceptance Model)*, 4, 19–25.
- Suastika, K. G., Nawir, M., & Yunus, P. (2014). Sensor Ultrasonik Sebagai Alat Pengukur Ultrasonic Sensor As a Measurement Device of Air Flow Velocity in the Pipe. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education)*, 10(1), 163–172.
- Willeke, T., Kunz, C., & Nourbakhsh, I. R. (2001). The History of the Mobot Museum Robot Series: An Evolutionary Study. *FLAIRS Conference*, 514–518.