

***PROTOTYPE ROBOT LINE FOLLOWER PENGANGKUT SAMPAH
DENGAN MEMANFAATKAN SOLAR CELL BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560***



AZIZ AKBAR GUNTAMA

5215122658

**Skripsi Ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

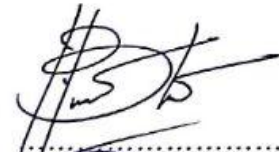

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

HALAMAN PENGESAHAN

PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Jusuf Bintoro, M.T (Dosen Pembimbing 1)		22-02-2017
Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T (Dosen Pembimbing 2)		16-02-2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd (Ketua Penguji)		16-2-2017
Aodah Diamah, Ph.D. (Sekertaris)		16 Februari 2017
Dr. Baso Maruddani, MT. (Dosen Ahli)		16/2-17

Tanggal lulus : 14 - 02 - 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi negeri lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2017



at pernyataan

Aziz Akbar Guntama
5215122658

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena telah memberikan rahmat, karunia, hidayah, dan pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Prototype Robot Line Follower Pengangkut Sampah Dengan Memanfaatkan Solar Cell Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560*” yang merupakan persyaratan dalam menyelesaikan studi untuk meraih gelar sarjana pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Selama melakukan penelitian ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Jusuf Bintoro, M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dalam menyelesaikan skripsi pada penelitian ini.
2. Bapak Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang memberikan solusi dan pendapat dalam menyelesaikan skripsi
3. Keluarga tercinta, yang telah memberikan semangat dan dukungan baik moril maupun materi.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro dan Elektronika 2012 yang memberikan bantuan serta semangat kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Saya menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, namun peneliti berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Januari 2017
Penulis,

AzizAkbar Guntama

ABSTRAK

AZIZ AKBAR GUNTAMA NIM:5215122658. “Prototype Robot Line Follower Pengangkut Sampah Dengan Memanfaatkan Solar Cell Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560”. Skripsi. Jakarta: Program Studi Pendidikan Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Januari 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bidang robotika di kehidupan sehari-hari dibidang lingkungan yaitu dengan membangun sistem pengangkutan sampah dengan robot

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rekayasa teknik yaitu membuat rancangan alat serta melakukan uji coba berupa program yang kemudian akan diterapkan pada *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis arduino mega 2560 dengan *solar cell*. Pada perancangan penelitian ini memiliki beberapa bentuk umum antara lain perancangan perangkat keras berupa sensor garis, sensor warna, sensor tegangan, sensor ultrasonik, lengan robot, motor penggerak roda, serta solar cell. Dan menggunakan arduino ide untuk memprogram robot agar dapat berfungsi sesuai dengan rancangan

prototype robot line follower pengangkut sampah berbasis arduino mega 2560 dengan *solar cell* ini sudah melalui tahap pengujian yaitu tahap pengujian setiap sensor sebagai input dan aktuator yang menjalankan perintah mikrokontroler Arduino. Sehingga dapat diketahui bahwa *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis arduino mega 2560 dengan *solar cell* dapat berjalan mengikuti garis serta dapat mengangkut objek tong sampah jika terdeteksi oleh sensor warna, serta robot dapat berkerja lebih lama yaitu mencapai 225 menit jika menggunakan 2 baterai yang salah satunya diisi daya oleh solar cell sedangkan jika hanya menggunakan 1 baterai, dan baterai kedua tidak diisi dayanya oleh solar cell robot hanya bertahan selama 135 menit.

Kata Kunci: *line follower*, Arduino, *solar cell*.

ABSTRACT

AZIZ AKBAR GUNTAMA NIM: 521 512 258. Line Follower Robot Prototype Waste Transporters With Solar Cell Based Microcontroller Arduino Mega 2560. Essay. Jakarta: Electronics Education Studies Program, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, January 2017.

This research aims to exploit the field of robotics in the daily life of the field of the environment through the construction of solid waste transportation system with robot

The method used in this research is the method that makes the design engineering and testing tools are programs that will then be applied to the prototype robot line follower based waste hauler arduino Mega 2560 with a solar cell. In this study design has several common forms include hardware design in the form of line sensors, color sensors, voltage sensors, ultrasonic sensors, the robotic arm, the driving force, as well as the solar cell. And using arduino idea to program the robot to function in accordance with the draft

line follower robot prototype based waste hauler arduino Mega 2560 with solar cell has been through the testing phase is the testing phase of each sensor as an input and an actuator which executes the command Arduino microcontroller. So that it can be seen that the prototype robot line follower waste hauler based arduino Mega 2560 with solar cell can run following the line and can transport the object dustbin if it is detected by the color sensor, and the robot can work longer, reaching 225 minutes if using two batteries, one of which charged by the solar cell, while if it only uses one battery, and the battery is not charging by the solar cell robot lasted only 135 minutes

Keywords: *line follower, Arduino, solar cell*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN Latar Belakang	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerangka Teoritik	6
2.1.1 Definisi Prototipe	6
2.1.2 Sampah	6
2.1.3 Pengangkutan Sampah	7
2.1.4 Arduino	8
2.1.5 Sensor Garis	13
2.1.6 Sensor warna	16
2.1.7 Sensor Tegangan	18
2.1.8 Sensor Ultrasonik	20
2.1.9 Motor DC Gearbox	26
2.1.10 Motor Servo	26
2.1.11 Solar Cell	31
2.2 Kerangka Berpikir	32
2.2.1 Blok Diagram	32
2.2.2 Alur Kerja Sistem	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3 Diagram Alir Penelitian	37
3.3.1 Rancangan Penelitian	42
3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	57

3.5	Teknik Analisis Data	59
3.5.1	Pengujian <i>Solar Cell</i>	59
3.5.2	Pengujian Relay 6 <i>Channel</i>	61
3.5.3	Pengujian Penggunaan Baterai	62
3.5.4	Pengujian Sensor Garis	64
3.5.5	Pengujian <i>Driver Motor</i>	65
3.5.6	Pengujian Sensor Warna	66
3.5.7	Pengujian Sensor Ultrasonik	66
3.5.8	Pengujian Motor Servo	67
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		69
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian	69
4.1.1	Prinsip Kerja Alat	69
4.1.2	Langkah Kerja Alat	70
4.2	Analisis Hasil Penelitian	71
4.2.1	Hasil Pengujian Solar Cell	72
4.2.2	Hasil Pengujian Relay 6 <i>Channel</i>	74
4.2.3	Hasil Pengujian Penggunaan Baterai	78
4.2.4	Hasil Pengujian Sensor Garis	79
4.2.5	Hasil Pengujian <i>Driver Motor</i>	84
4.2.6	Hasil Pengujian Sensor Warna	85
4.2.7	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik	85
4.2.8	Hasil Pengujian Motor Servo	86
4.3	Pembahasan	87
4.4	Aplikasi Hasil Penelitian	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1	Kesimpulan	91
5.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		
RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino Mega 2560	12
Tabel 3.1	Tabel <i>Input</i> Arduino Mega 2560	55
Tabel 3.2	Tabel <i>Output</i> Arduino Mega 2560	56
Table 3.3	Pengujian <i>Solar Cell</i>	60
Table 3.4	Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 1	60
Table 3.5	Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 2	61
Table 3.6	Pengujian <i>Relay</i> Diaktifkan	62
Table 3.7	Pengujian <i>Relay</i> Dinonaktifkan	62
Table 3.8	Pengujian Penggunaan Baterai	63
Table 3.9	Sensor Ketika Terkena Warna Hitam	64
Table 3.10	Sensor Ketika Terkena Warna Putih	64
Table 3.11	Pengujian Ketika Motor Bergerak	65
Table 3.12	Tabel Pengujian Sensor Warna	66
Table 3.13	Pengujian Sensor Ultrasonik	67
Table 3.14	Pengujian Servo Pada Lengan Robot	67
Table 3.15	Pengujian Servo Pada Bak Sampah	68
Table 4.1	Hasil Pengujian <i>Solar Cell</i>	73
Table 4.2	Hasil Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 1	73
Table 4.3	Hasil Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 2	74
Table 4.4	Hasil Pengujian <i>Relay</i> Diaktifkan	75
Table 4.5	Hasil Pengujian <i>Relay</i> Dinonaktifkan	77
Table 4.6	Hasil Pengujian Penggunaan Baterai	79
Table 4.7	Sensor Ketika Terkena Warna Hitam	80
Table 4.8	Sensor Ketika Terkena Warna Putih	82
Table 4.9	Hasil Pengujian Ketika Motor Bergerak	84
Table 4.10	Hasil Pengujian Sensor Warna	85
Table 4.11	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik	86
Table 4.12	Pengujian Servo Pada Lengan Robot	87
Table 4.13	Pengujian Servo Pada Bak Sampah	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Logo Arduino.....	9
Gambar 2.2	Arduino Mega 2560	11
Gambar 2.3	Tampilan Sketch Arduino IDE 1.05.....	13
Gambar 2.4	Mekanisme Pemantulan Cahaya	14
Gambar 2.5	Rangkaian Pembagi Tegangan 15	15
Gambar 2.6	Ilustrasi kerja Sensor Garis	15
Gambar 2.7	Sensor Warna TCS-230	16
Gambar 2.8	Blok Diagram TCS230.....	17
Gambar 2.9	Rangkaian Pembagi Tegangan.....	19
Gambar 2.10	Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	22
Gambar 2.11	Rangkaian Dasar Dari Transmitter Ultrasonik.....	24
Gambar 2.12	Rangkaian Dasar Receiver Sensor Ultrasonik.....	24
Gambar 2.13	Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	25
Gambar 2.14	Sistem Pewaktu Pada Sensor HC-SR04.....	25
Gambar 2.15	Menunjukkan Bentuk Fisik Dari Motor DC <i>Gearbox</i>	26
Gambar 2.16	Motor Servo.....	27
Gambar 2.17	Sistem Mekanik Motor Servo.....	28
Gambar 2.18	Pensinyalan Motor Servo.....	39
Gambar 2.19	Contoh Posisi dan Waktu Pemberian Pulsa.....	30
Gambar 2.20	Pin-Pin dan Pengkabelan Pada Motor Servo.....	31
Gambar 2.23	Gerak Motor Servo Terhadap Perubahan Lebar Pulsa.....	31
Gambar 2.24	Blok Diagram.....	33
Gambar 3.1	Alur Perancangan Alat.....	38
Gambar 3.2	Flowcart Kerja Baterai.....	39
Gambar 3.3	Flowchart Arah Gerak Robot.....	40
Gambar 3.4	Flowchart Sistem Robot.....	41
Gambar 3.5	Arduino Mega 2560.....	42
Gambar 3.6	Servo dan <i>i2c</i> Servo.....	43
Gambar 3.7	Motor Dc <i>Gearbox</i>	43
Gambar 3.8	Skematik Sensor Garis.....	44
Gambar 3.9	Komparator Sensor Garis.....	45
Gambar 3.10	Gambar Sensor Warna TCS3200.....	46
Gambar 3.11	Ultrasonik HC-SR04.....	46
Gambar 3.12	Sensor Tegangan.....	47
Gambar 3.13	<i>Solar Cell Mini</i>	48
Gambar 3.14	Baterai Lipo turnigy 2200 mAh.....	48
Gambar 3.15	driver motor L298N.....	49
Gambar 3.16	Skematik Relay 6 <i>Channel</i>	50

Gambar 3.17 Gambar Rancangan Robot	51
Gambar 3.18 Gambar Rancangan Robot Tampak Bagian Atas	52
Gambar 3.19 Gambar Rancangan Robot Tampak Samping	52
Gambar 3.20 Gambar Rancangan Robot Tampak Depan	52
Gambar 3.21 Gambar Rancangan Robot Tampak Belakang	53
Gambar 3.22 Aplikasi Arduino IDE 1.6.8	54
Gambar 4.1 Tampak Atas Robot	71
Gambar 4.2 Tampak Samping Robot	71
Gambar 4.3 Tampak Depan Dan Belakang	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pertambahan jumlah penduduk akan menyebabkan peningkatan jumlah sampah, karena setiap manusia pasti menghasilkan sampah perharinya, tak peduli usianya. Pertambahan penduduk mencapai sekitar 1 persen per tahun dan berdampak pada produksi sampah. Diperkirakan produksi sampah mencapai 0,5 - 0,8 kilogram (kg) per orang per hari. Volume sampah dari 200.000 jiwa bisa mencapai 100 ton per hari.(Rikin, 2014)

Hal itulah yang menyebabkan sampah terus menumpuk yang tentunya bisa berakibat merugikan bagi kita. Pengangkutan sampah merupakan upaya untuk mengurangi sampah yang menumpuk di setiap tong sampah di rumah. Pengangkutan sampah juga salah satu komponen penting dan membutuhkan perhitungan yang cukup teliti, dengan sasaran mengoptimalkan waktu angkut

Pengangkutan sampah yang biasanya dilakukan adalah dengan cara manual yaitu menggunakan tenaga manusia untuk memindahkan tong sampah ke kendaraan pengangkut sampah. Agar pengangkutan sampah lebih efisien dan efektif diperlukan sebuah alat yang dapat mengangkut sampah secara otomatis. Selain itu juga dapat bekerja secara teratur dan dapat mengangkut sampah dengan volume yang lebih banyak.

Saat ini, ada sekitar 234 titik bank sampah yang ada di Jakarta yang sudah mencapai 7.500 ton per harinya, akan tetapi jumlah kendaraan untuk mengangkut sampah dengan jumlah tersebut tidak cukup. Dikarenakan DKI Jakarta hanya

memiliki 150 truk sampah dengan daya angkut maksimal 8 ton setiap truk nya. Volume sampah tersebut cukup besar sehingga membutuhkan kendaraan pengangkut sampah dengan mobilitas tinggi agar jumlah sampah tersebut dapat ditangani dengan baik serta tidak mengakibatkan penumpukan sampah (sains kompas 2015).

Pada umumnya kendaraan pengangkut sampah sendiri menggunakan truk yang mana pada penuangannya ke dalam bak sampah pada truk masih secara manual, namun di beberapa negara maju truk sampah sedikit berubah menjadi lebih modern yang memiliki lengan mekanik untuk mengambil tong sampah dan menuangkan isi tong sampah ke dalam bak sampah pada truk itu sendiri, sistem ini bisa menjadi contoh kendaraan pengangkut sampah yang dapat di kembangkan.

Kendaraan pengangkut sampah yang ada saat ini masih menggunakan tenaga manusia untuk mengoprasikan kendaraan tersebut selama beroperasi melakukan pengangkutan sampah, serta setiap kendaraan tersebut menggunakan bahan bakar minyak yang pasti akan terus berkurang seiring dengan penggunaannya. Dalam pelaksanaannya penggunaan tenaga manusia dapat digantikan oleh teknologi otomasi yang telah dirancang sedemikian rupa serta mengganti penggunaan bahan bakar minyak pada kendaraan pengangkut sampah.

Pada bidang teknologi otomasi, robot sering digunakan sebagai layaknya buruh atau pekerja yang terus menerus tanpa lelah. Keunggulan teknologi robot saat ini tidak dapat di pungkiri dan telah lama dijadikan salah satu *icon* kebanggaan negara negara maju. Pemanfaatan robot pun dilakukan banyak dilakukan di berbagai bidang untuk mempermudah pekerjaan manusia, salah satunya penggunaan robot dapat dimanfaatkan untuk mengangkut sampah. Dengan piranti

yang sudah ada seperti pemanfaatan bidang mekanik dan bidang elektronika daya serta memanfaatkan cahaya matahari yang dapat menghasilkan tenaga listrik untuk catu daya robot.

Dengan adanya robot yang mengangkut sampah, pekerjaan manusia akan semakin efisien dalam mengangkut sampah dikarenakan manusia tidak perlu langsung memegang menuangkan tong yang berisikan sampah yang mungkin saja membahayakan kesehatan jika disentuh. Robot pengangkut sampah ini dapat bekerja dengan bantuan mikrokontroler arduino yang telah di program untuk mendeteksi jalur pengangkutan sampah dengan memanfaatkan sensor garis serta sensor warna untuk mendeteksi tong sampah

Berdasarkan hal diatas maka penulis akan merancang sebuah prototype robot pengangkut sampah dengan judul **“Prototype Robot Line Follower Pengangkut Sampah Dengan Memanfaatkan Solar Cell Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560”**

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sebuah robot line follower dengan memanfaatkan mikrokontroler arduino mega 2560?
2. Bagaimana merancang dan membuat sebuah aktuator untuk mengangkut tong sampah?
3. Bagaimana memindai sebuah tong sampah menggunakan sensor warna?
4. Bagaimana memanfaatkan cahaya matahari yang di tangkap oleh *solar cell* sebagai sumber tenaga listrik?

5. Bagaimana memprogram sebuah prototype robot line follower dengan actuator untuk mengangkat tong sampah serta menggunakan solar cell sebagai catu daya berbasis arduino mega 2560?
6. Bagaimana merancang dan membuat sebuah prototype robot line follower dengan actuator untuk mengangkat tong sampah serta menggunakan solar cell sebagai catu daya berbasis arduino mega 2560?

1.3 BATASAN MASALAH

Agar masalah tidak melebar, dilakukan pembatasan masalah yakni sebagai berikut:

1. Jalur robot line follower menggunakan garis berwarna hitam, dengan lebar garis 2,5 cm.
2. Penempatan, warna dan ukuran tong sampah telah ditentukan
3. Pengujian sensor untuk pendeteksi tong sampah menggunakan sensor warna yang mendeteksi warna biru
4. Pendeteksi tempat pembuangan akhir menggunakan sensor warna dengan mendeteksi warna merah
5. Pengujian dilakukan dengan mengangkat 10 tong sampah yang telah disediakan dan ditentukan peletakannya
6. Pengecasan hanya bisa dilakukan dalam keadaan matahari terik sehingga *solar cell* menghasilkan tegangan lebih dari 12 volt
7. Baterai akan terisi ketika solar cell terkena cahaya matahari terik

1.4 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka masalah dirumuskan sebagai berikut: “Bagaimana merancang dan membuat prototype robot line

follower pengangkut sampah dengan memanfaatkan solar cell berbasis mikrokontroler arduino mega 2560?"

1.5 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirumuskan maka tujuan yang hendak dicapai adalah sebagai berikut:

1. Sebagai contoh pemanfaatan bidang robotika dalam bidang lingkungan
2. Dapat memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber tenaga cadangan untuk pengisian baterai robot

1.6 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian yaitu menjurus ke beberapa aspek aspek lain yaitu:

1. Aspek keteknikan

Robot ini memanfaatkan solar cell sebagai salah satu sumber energi listrik alternatif untuk pengisian baterai

2. Aspek lingkungan

Menjadi salah satu contoh pemanfaatan energi bersih yaitu menggunakan cahaya matahari sebagai sumber tenaga listrik alternatif serta memanfaatkan robot untuk kebersihan lingkungan

BAB II

KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1 KERANGKA TEORITIK

2.1.1 Definisi *Prototype*

Prototype adalah bentuk fisik pertama dari suatu objek yang direncanakan dibuat dalam satu proses produksi, mewakili bentuk dan dimensi dari objek yang diwakilinya dan digunakan untuk objek penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Prototipe dibuat sebagai model, contoh atau simulasi dari bentuk dan dimensi dari objeknya. Sehingga dengan adanya tahapan pengembangan, di masa yang akan datang *prototype* dapat dibuat menjadi alat sebenarnya dan digunakan pada kehidupan sehari-hari sesuai dengan fungsinya (BPPT, 2016).

2.1.2 Sampah

Sampah merupakan masalah yang dihadapi hampir seluruh Negara di dunia. Tidak hanya di Negara-negara berkembang, tetapi juga di negara-negara maju, sampah selalu menjadi masalah. Rata-rata setiap harinya kota-kota besar di Indonesia menghasilkan puluhan ton sampah. Sampah-sampah itu diangkut oleh truk-truk khusus dan dibuang atau ditumpuk begitu saja di tempat yang sudah disediakan tanpa apa-apakan lagi. Dari hari ke hari sampah itu terus menumpuk dan terjadilah bukit sampah seperti yang sering kita lihat. Sampah yang menumpuk itu, sudah tentu akan mengganggu penduduk di sekitarnya. Selain baunya yang tidak sedap, sampah sering dihinggapi lalat. Dan juga dapat mendatangkan wabah penyakit.

Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembikinan atau materi berkelebihan atau ditolak atau buangan”. (Kamus Istilah Lingkungan, 1994). “Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis.” (Istilah Lingkungan untuk Manajemen, Ecolink, 1996). “Sampah adalah sesuatu yang tidak berguna lagi, dibuang oleh pemiliknya atau pemakai semula”. (Tandjung, Dr. M.Sc., 1982) “Sampah adalah sumberdaya yang tidak siap pakai.” (Radyastuti, W. Prof. Ir, 1996).

2.1.3 Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah adalah aktivitas penanganan yang tidak hanya mengumpulkan sampah dari wadah individual dan atau dari wadah komunal (bersama) melainkan juga mengangkutnya ke tempat terminal tertentu, baik dengan pengangkutan langsung maupun tidak langsung (SNI 19-2454-2002). Menurut SK SNI 19-2454-1991 dan SNI 19-3242-1994 untuk pengumpulan sampah dapat dilaksanakan dengan cara sebagai berikut:

2.1.3.1 Secara langsung (*Door to door*)

Pengumpulan dan pengangkutan sampah dilakukan bersamaan. Sampah dari tiap-tiap sumber akan diambil, dikumpulkan dan langsung diangkut ke tempat pemrosesan; Pengumpulan dan pengangkutan sampah dari tiap sumber dengan alat pengangkut untuk dibawa ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

2.1.3.1 Secara tidak langsung (*communal*)

Pengumpulan sampah beberapa sumber sampah dilakukan pada satu titik pengumpulan terlebih dahulu oleh sarana pengumpul seperti dalam gerobak tangan

(*hand cart*) dan diangkut ke tempat pengumpulan sampah; Pengumpulan sampah untuk beberapa lokasi ada satu titik pengumpulan. Pola komunal ini sangat tepat untuk daerah pemukiman yang berpenghasilan rendah.

Peralatan yang digunakan dalam pengumpulan sampah hampir sama dengan yang digunakan dalam pewadahan sampah, antara lain Bin (tong sampah) dengan kapasitas 40 atau 60 liter bahkan 120 liter, Kantong plastik dengan kapasitas 30 atau 50 liter dan gerobak sampah dengan kapasitas 0,5 m³ atau 1,0 m³.

Menurut Damanhuri (2010) Perencanaan operasional pengumpulan harus memperhatikan beberapa aspek, yaitu Ritasi antara 1-4 rit per hari; Periodisasi: 1 hari, 2 hari atau untuk sampah mudah membusuk maksimal 3 hari sekali namun sebaiknya setiap hari, tergantung dari kapasitas kerja, desain peralatan, kualitas kerja, serta kondisi komposisi sampah. Semakin besar persentase sampah organik, periodisasi pelayanan semakin sering; Mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap; Mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan perlu dipindahkan secara periodik dan Pembebanan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh, kondisi daerah, dan jenis sampah yang diangkut.

2.1.4 Arduino

Perkembangan ilmu eletronika terus berkembang dan untuk mempelajarinya tentu sudah lebih mudah karena banyak perusahaan-perusahaan elektronika dan robotika yang mempermudah dengan membuat perangkat-perangkat *hardware* yang memudahkan dalam pengembangan pembuatan alat elektronika maupun robot yang biasanya sudah jadi satu paket dengan *Software* bawaannya sendiri. Contohnya, adalah Arduino. Arduino adalah pengendali mikro *single board* yang bersifat *open source*, diturunkan oleh *wiring platform*, dirancang

untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarena memiliki bahasa pemrograman sendiri.¹ Arduino adalah sebuah label perusahaan yang bergerak dibidang robotika dan elektronika. Saat ini Arduino banyak digunakan oleh pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika dikarenakan mudah dipelajari. Bahasa yang dipakai dalam Arduino adalah bahasa C/C++ yang sudah disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka Arduino.

Proyek Arduino berawal di Lvrea, Italia pada tahun 2005 sekarang telah lebih 120.000 unit terjual. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartielles. Berikut dibawah ini adalah Gambar 2.1 dari Logo Arduino perusahaan.



Gambar 2.1 Logo Arduino

Berdasarkan Pada Gambar 2.1 Logo Arduino adalah logo perusahaan yang digunakan untuk memperkenalkan produk Arduino kepada publik. Berikut ini adalah beberapa kelebihan dari penggunaan Arduino :

1. Murah : Papan (perangkat keras) Arduino biasanya dijual relatif murah (antara 125 ribu hingga 400 ribuan rupiah) dibandingkan dengan *platform* mikrokontroler pro lainnya. Jika ingin lebih murah lagi, tentu bisa dibuat sendiri dan itu sangat mungkin sekali karena semua sumber daya untuk membuat sendiri Arduino tersedia lengkap di website Arduino bahkan di
-

website-website komunitas Arduino lainnya. Tidak hanya cocok untuk windows, namun juga cocok bekerja di linux.

2. Sederhana dan mudah pemrogramannya, perlu diketahui bahwa lingkungan pemrograman di Arduino mudah digunakan untuk pemula, dan cukup fleksibel bagi mereka yang sudah tingkat lanjut. Untuk guru/dosen, Arduino berbasis pada lingkungan pemrograman *processing*, sehingga jika mahasiswa atau murid-murid terbiasa menggunakan *processing* tentu saja akan mudah menggunakan Arduino.
3. Perangkat lunaknya *open source* : perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan sebagai *Open Source*, tersedia bagi para pemrogram berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka C++ yang berbasis pada bahasa untuk AVR.
4. Perangkat kerasnya *Open Source*, perangkat keras Arduino berbasis mikrokontroler ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328, dan ATMEGA1280 (yang terbaru 2560).

Dengan demikian siapa saja bisa membuatnya (dan kemudian bisa menjualnya) perangkat keras Arduino ini, apalagi *bootloader* tersedia langsung dari perangkat lunak Arduino IDE-nya bisa juga menggunakan *breadboard* untuk membuat perangkat sendiri.

2.1.4.1 Arduino ATMega2560

Mikrokontroler AVR merupakan pengontrol utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya dibandingkan mikroprosesor, yaitu murah, dukungan software dan dokumentasi

yang memadai, dan memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit. Pada penelitian ini, penulis menggunakan Arduino dengan mikrokontroler AVR Atmega 2560, sehingga biasa dikenali dengan nama arduino mega 2560.

Arduino Mega 2560 adalah board Arduino yang merupakan perbaikan dari board Arduino Mega sebelumnya. Arduino Mega awalnya memakai chip Atmega 1280 dan kemudian diganti dengan chip Atmega 2560. Secara fisik, arduino mega 2560 memiliki board berukuran lebih besar dibanding arduino tipe lainnya. Hal tersebut dikarenakan board ini memiliki pin analog, pin digital, serta pin komunikasi yang lebih banyak dibanding arduino tipe lainnya. Bentuk serta tampilan dari arduino mega 2560 dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut ini.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

Pada gambar 2.4. merupakan arduino mega 2560. Arduino tipe ini memiliki pin analog sebanyak 16 pin, pin digital I/O sebanyak 54 pin, serta pin komunikasi serial sebanyak 4 pasang pin. Jadi arduino dengan tipe ini cocok digunakan untuk alat yang banyak input atau output serta menggunakan lebih dari satu komunikasi serial seperti bluetooth, GPS, GPRS/GSM dan banyak lainnya. (Widodo Budiharto, *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR Atmega16*, Gramedia, Jakarta, 2008, hlm.1)

2.1.4.2 Karakteristik Arduino ATmega 2560

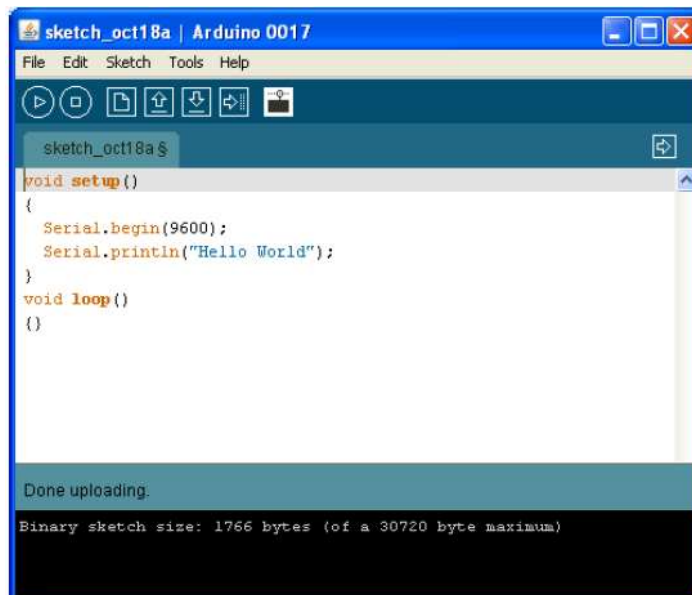
Arduino Mega 2560 memiliki dimensi panjang dan lebar yaitu 4 x 2,1 inch (10,16 x 5,3 cm), dilengkapi dengan konektor USB dan jack power. Arduino Mega 2560 mempunyai 4 port serial dan flash memory sebesar 256Kb yang secara umum sudah cukup besar untuk kebanyakan program di microcontroller. Tabel 2.1 berikut ini merupakan spesifikasi arduino mega 2560.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Microcontroller	Mega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

2.1.4.3 Pemrograman Arduino IDE 1.05

Arduino memiliki bawaan *software* sendiri dimana pemrogramannya menggunakan bahasa C++, tetapi dengan penambahan pustaka dan fungsi-fungsi standar membuat pemrograman Arduino lebih mudah untuk dipelajari. Karena Arduino bersifat *open source* maka pustaka-pustaka yang tersedia di Arduino IDE 1.05 juga dapat di download gratis di website Arduino. Arduino IDE, *software* yang beroperasi di komputer berfungsi untuk menghasilkan sebuah file yang berformat hex yang akan diunduh pada papan Arduino. Berikut ini adalah tampilan dari sketch di Arduino IDE 1.05 ditunjukkan pada gambar 2.3



```

sketch_oct18a | Arduino 0017
File Edit Sketch Tools Help
sketch_oct18a $
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Hello World");
}
void loop()
{}

Done uploading.
Binary sketch size: 1766 bytes (of a 30720 byte maximum)

```

Gambar 2.3 Tampilan Sketch Arduino IDE 1.05

2.1.5 Sensor Garis

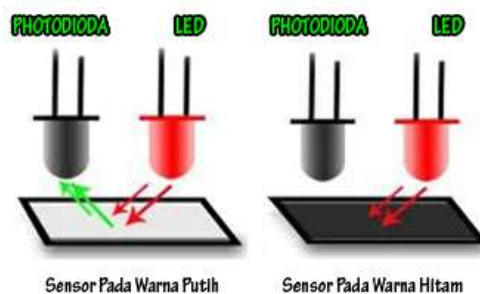
Sensor garis sering digunakan pada robot *line follower* (*line tracking*) yang berfungsi mendeteksi warna garis hitam dan putih. Sensor ini biasa dibuat dari LED sebagai pemancar cahaya lalu LDR ataupun photodiode sebagai sensor. Dengan memanfaatkan sifat pemantulan cahaya yang berbeda dari berbagai macam warna dan diaplikasikan pada rangkaian pembagi tegangan akan bisa dibedakan

warna hitam dan putih. Output dari sensor garis nantinya dihubungkan ke komparator atau langsung ke mikrokontroler yang mempunyai fitur adc.

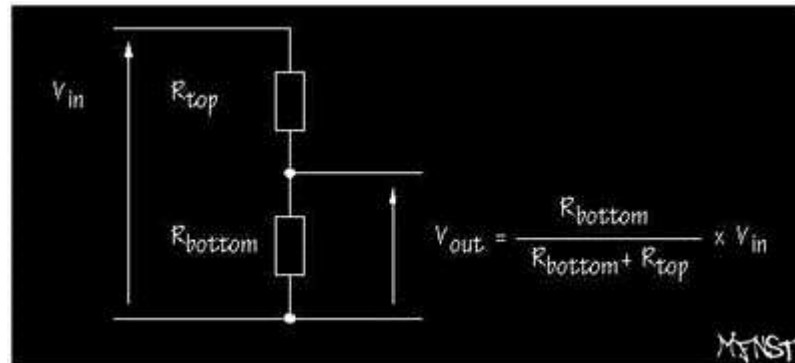
Sebelum membahas cara kerja sensor garis, harus diketahui dulu sifat dari sensor yang dipakai baik itu Photodiode ataupun LDR.

2.1.5.1 Prinsip Kerja Sensor Garis

Sifat Pemantulan cahaya yang berbeda dari warna. LED Pada sensor garis berfungsi sebagai pengirim cahaya ke garis untuk dipantulkan lalu dibaca sensor (photodiode ataupun LDR). Sifat pemantulan cahaya yang berbeda dari berbagai macam warna digunakan dalam hal ini. Ketika LED memancarkan cahaya ke bidang berwarna putih, cahaya akan dipantulkan hampir semuanya oleh bidang berwarna putih tersebut. Sebaliknya, ketika LED memancarkan cahaya ke bidang berwarna gelap atau hitam, maka cahaya akan banyak diserap oleh bidang gelap tersebut, sehingga cahaya yang sampai ke sensor (photodiode atau LDR) sedikit. Karena perbedaan cahaya yang diterima oleh sensor akan menyebabkan hambatan yang berbeda pula di dalam sensor maka prinsip ini yang digunakan untuk membedakan pembacaan garis. Gambar dibawah ini adalah ilustrasi mekanisme pemantulan cahaya sensor garis.



Gambar 2.4 Mekanisme Pemantulan Cahaya

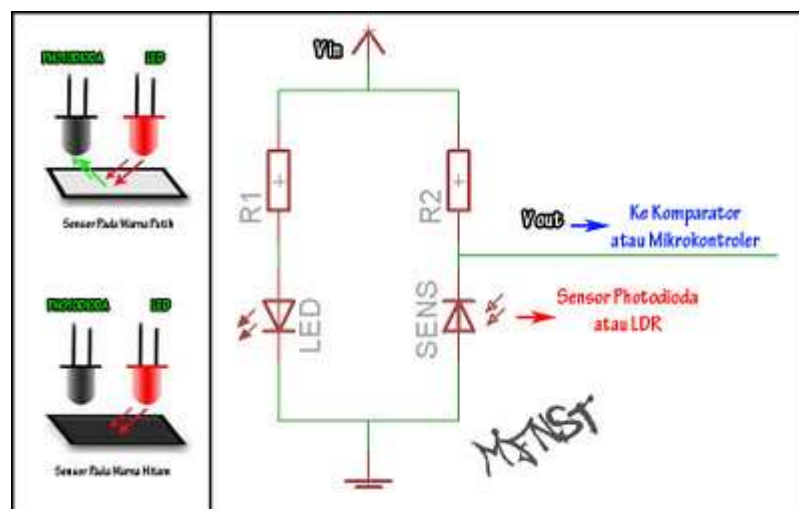


Gambar 2.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

Berdasarkan Gambar dan rumus diatas maka diketahui bahwa

- Saat R_{bottom} sangat besar maka keluaran $V_{out} = V_{in}$
- Saat R_{bottom} sangat kecil maka keluaran $V_{out} = 0$
- V_{out} Berbanding lurus dengan R_{bottom}

Pada penggunaanya di sensor garis, R_{bottom} diganti menggunakan sensor (photodiode ataupun LDR). Dengan berubahnya resistansi saat sensor mendeteksi warna berbeda maka V_{out} pun akan ikut berubah seiring perubahan pendeteksian warna. Perubahan tegangan V_{out} inilah yang akan digunakan sebagai pembeda warna.



Gambar 2.6 Ilustrasi kerja Sensor Garis

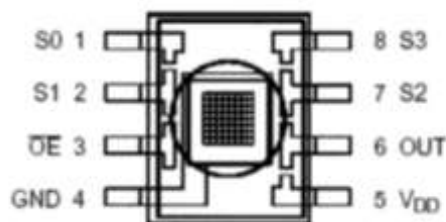
- **Saat sensor pada garis putih**, maka sensor akan terkena banyak cahaya sehingga nilai resistansinya akan sangat kecil atau dapat diabaikan. Karena R_{sens} sangat kecil maka $V_{out}=0$.
- **Saat sensor pada garis hitam**, maka sensor akan tidak terkena cahaya sehingga nilai resistansinya akan besar atau dapat diasumsikan tak hingga. Karena R_{sens} sangat besar maka $V_{out}=V_{in}$

Dengan arti kata dengan rangkaian diatas perubahan V_{out} berbanding lurus dengan cahaya. Untuk membuat rangkaian dengan V_{out} berbanding terbalik dengan perubahan cahaya hanya dengan mengganti letak sensor berada dekat dengan V_{in} .

Seperti dibahas diatas Saat Sensor mendeteksi warna berbeda maka V_{out} pun akan ikut berubah. Perubahan V_{out} inilah yang akan digunakan sebagai pembeda warna hitam dan putih baik dengan menggunakan komparator ataupun dengan menggunakan ADC internal mikrokontroler.

2.1.6 Sensor Warna TCS230

Salah satu identifikasi objek yang sering dibutuhkan pada aplikasi robotik adalah pengenalan warna. Dengan teknologi infrared, proses pengenalan warna dapat dilakukan dengan memperhitungkan kuat lemahnya pantulan cahaya.

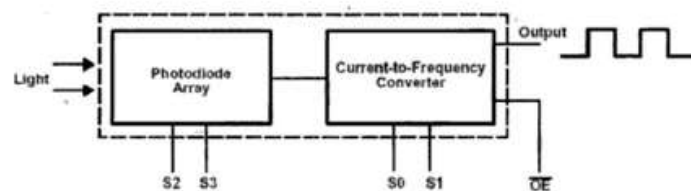


Gambar 2.7 Sensor Warna TCS-230

TCS 230 adalah sensor warna keluaran *Texas Advance Optoelectronic Solutions* yang berisi 8x8 matrix photodiode yang masing-masing berukuran 120

μm . Photodiode tersebut terdiri atas 16 photodiode dengan filter merah, 16 dengan filter hijau, 16 dengan filter biru, dan 16 tanpa filter. Masing-masing *photodiode* ini diaktifkan melalui internal *decoder* dengan memberikan kondisi logika tertentu pada input S2 dan S3.

Kuat lemah cahaya infra merah yang diterima oleh photodiode akan diubah menjadi kuat lemah arus. Melalui bagian pengubah arus ke frekuensi (*current to frequency*). Kuat lemah arus yang diterima oleh photodiode diubah menjadi besaran frekuensi.



Gambar 2.8 Blok Diagram TCS230

Pengenalan warna dilakukan dengan mendeteksi kuat lemah cahaya R,G,B, dan bening (clear) yang diterima oleh photodiode TCS230. Hal ini dilakukan dengan memilih kelompok-kelompok photodiode dan mengukur besaran-besaran frekuensi yang muncul dibagian keluaran TCD230 saat masing-masing kelompok tersebut diaktifkan.

Besaran frekuensi yang keluar dari TCS230 juga dapat diatur skala maksimumnya menjadi 2% atau 12 kHz, dan 100% atau 600kHz melalui kondisi kaki S0 dan S1.

2.1.6.1 Spektrum Warna

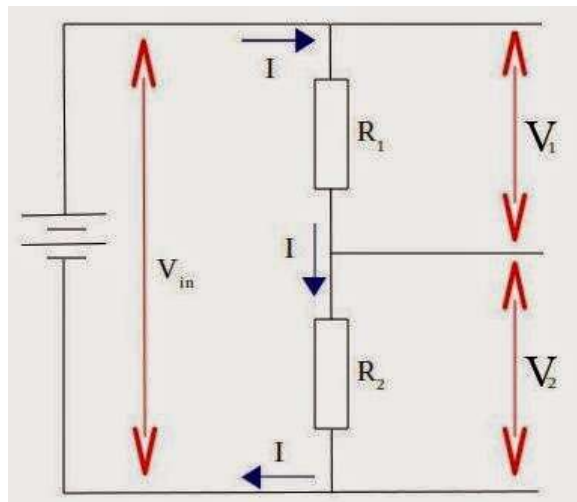
Suatu material yang terkena cahaya akan memantulkan dan menyerap beberapa frekuensi yang berbeda-beda. Cahaya yang terpantulkanlah yang kita lihat sebagai warna dalam panjang gelombang cahaya tampak.

Cahaya tampak merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik, yaitu daerah jangkauan panjang gelombang yang merupakan bentangan radiasi elektromagnetik yang mempengaruhi mata. Spektrum yang memiliki λ lebih panjang dari cahaya tampak disebut spektrum infra-merah sedangkan yang lebih pendek disebut ultra-violet. Panjang gelombang dari cahaya tampak berada pada pita 380-770nm. Cahaya atau sinar matahari terdiri dari cahaya tampak dengan panjang gelombang sesuai spektrum cahaya, namun mata pengamat melihatnya sebagai *colorless* atau tidak berwarna. Apabila sinar matahari dilewatkan ke suatu alat yang dapat mendispersikan cahaya, contohnya prisma, yang diletakkan layar didepannya, maka pada layar tersebut akan tampak spektrum warna.

Warna merupakan ekspresi dari tingkat energi yang berbeda pada cahaya, yang ditentukan oleh panjang gelombangnya. Warna ialah suatu sensasi cahaya pada mata yang disebabkan dari gelombang elektromagnetik pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu, warna ditentukan oleh panjang gelombang tersebut.

2.1.7 Sensor Tegangan

Rangkaian Voltage Divider menjadi dasar dalam belakar rangkaian listrik dan elektronika. Rangkaian pembagi tegangan ini difungsikan untuk membagi tegangan input menjadi beberapa bagian tegangan output. Perhatikan contoh rangkaian pada gambar dibawah ini,



Gambar 2.9 Rangkaian Pembagi Tegangan

Terlihat bahwa tegangan input V_{in} dibagi menjadi dua buah tegangan lagi yaitu tegangan V_1 dan V_2 . Dengan mengacu pada hukum Ohm dapat diketahui bahwa nilai V_1 sama dengan kuat arus (I) dikalikan dengan nilai Resistor (R_1)

Begitu pula dengan V_2 sama dengan kuat arus (I) dikalikan dengan Resistor (R_2). Untuk menghitung nilai Arus I yaitu tegangan V_{in} dibagi dengan resistor total (R_{total}) yang merupakan hasil dari resistor R_1 ditambah resistor R_2 . Berikut perhitungannya ;

$$V_1 = I \times R_1 \quad \rightarrow \quad I = \frac{V_1}{R_1} \quad \text{persamaan 2 - 1}$$

$$V_2 = I \times R_2 \quad \rightarrow \quad I = \frac{V_2}{R_2} \quad \text{persamaan 2 - 2}$$

maka nilai arus

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \text{persamaan 2 - 3}$$

Dari ketiga rumus tersebut dapat dicari V_2 tanpa menghitung kuat arus lebih dulu, yaitu dengan mensubstitusikan persamaan 1 dan persamaan 2 pada persamaan 3.

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \text{persamaan 2 - 4}$$

Maka,

$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \rightarrow \quad V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad \text{persamaan 2 - 5}$$

Sehingga didapatkan rumus menghitung tegangan V1 sebagai berikut :

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad \text{persamaan 2 - 6}$$

Dengan proses yang sama seperti diatas dapat dihitung rumus menghitung V2 yang akan menghasilkan persamaan berikut :

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad \text{persamaan 2 - 7}$$

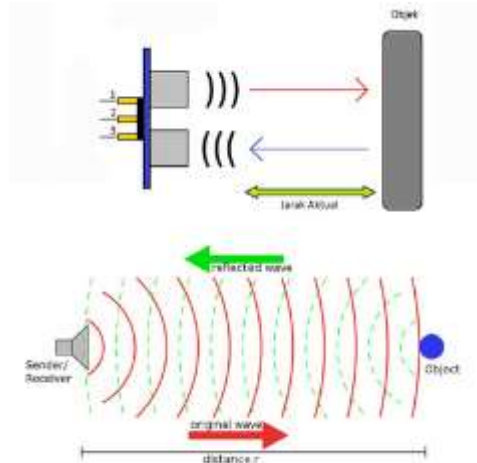
Dalam elektronika voltage divider ini sangat penting, contoh aplikasinya adalah bisa digunakan sebagai sensor tegangan

2.1.8 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah 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 dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik nisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Gambar cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver (atas), sensor ultrasonik dengan single sensor yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver sekaligus.



Gambar 2.10 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonic

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340 \cdot \frac{t}{2} \qquad \text{persamaan 2 - 8}$$

dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

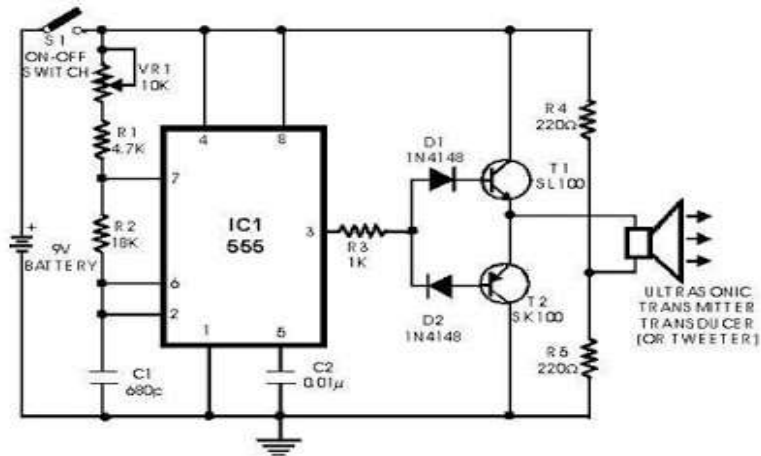
2.1.8.1 Rangkaian Sensor Ultrasonik

- ***Piezoelektrik***

Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama, maka dapat digunakan sebagai transmitter dan receiver. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihanannya inilah maka transduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.

- ***Transmitter***

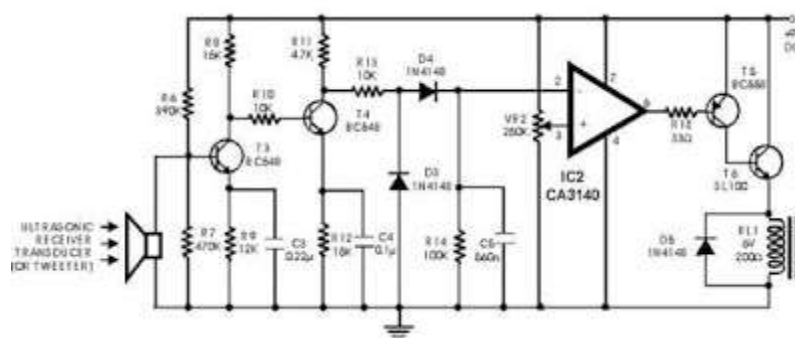
Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu (misal, sebesar 40 kHz) yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus dibuat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen RLC / kristal tergantung dari desain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.



Gambar 2.11 Rangkaian Dasar Dari Transmitter Ultrasonic

- **Receiver**

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari *transmitter*. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang reversible, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut.



Gambar 2.12 Rangkaian Dasar Receiver Sensor Ultrasonic

2.1.8.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ini merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa

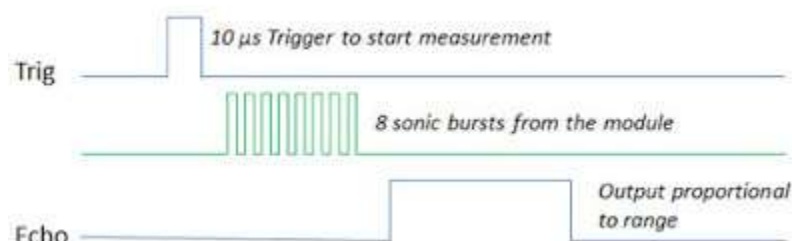
digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin *Vcc*, *Gnd*, *Trigger*, dan *Echo*. Pin *Vcc* untuk listrik positif dan *Gnd* untuk ground-nya. Pin *Trigger* untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin *Echo* untuk menangkap sinyal pantul dari benda.



Gambar 2.13 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Cara menggunakan alat ini yaitu: ketika kita memberikan tegangan positif pada pin *Trigger* selama 10 μ s, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin *Echo*. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut. Rumus untuk menghitungnya sudah saya sampaikan di atas.

Berikut adalah visualisasi dari sinyal yang dikirimkan oleh sensor HC-SR04



Gambar 2.14 Sistem Pewaktu Pada Sensor HC-SR04

(sumber : <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)

2.1.9 Motor DC Gear Box

Motor listrik merupakan suatu peralatan yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros (Bintoro, 2000: 23). Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). *Gearbox* adalah perangkat yang mengkonversi kecepatan dan torsi. Jadi motor DC *gearbox* dapat diartikan sebagai motor listrik arus searah yang menggunakan perangkat *gearbox*, sehingga torsi dari putaran motor menjadi besar.



Gambar 2.15 Menunjukkan Bentuk Fisik Dari Motor DC *Gearbox*.

2.1.10 Motor Servo

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 sebuah motor, serangkaian 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. Tampak

pada gambar dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor *stepper*. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor Servo tampak pada gambar



Gambar 2.16 Motor Servo

Motor Servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian control elektronik dan internal gear untuk mengendalikan pergerakan dan sudut sudutnya. Sistem Mekanik Motor Servo tampak pada gambar 2.18.



Gambar 2.17 Sistem Mekanik Motor Servo

Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya.

Lebih dalam dapat digambarkan bahwa sebuah motor servo memiliki :

- jalur kabel : power, ground, dan control
- Sinyal control mengendalikan posisi
- Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.
- Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer, dan feedback control.

2.1.10.1 Jenis-Jenis Motor Servo

- Motor Servo Standar 180°
 Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.
- Motor Servo Continuous

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

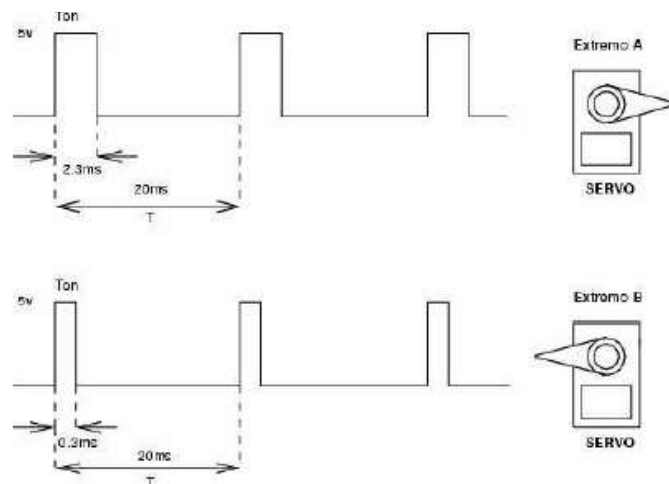
2.1.10.2 Kegunaan Motor Servo

Kebanyakan motor servo digunakan sebagai :

- Manipulators.
- Moving camera's.
- Robot arms.

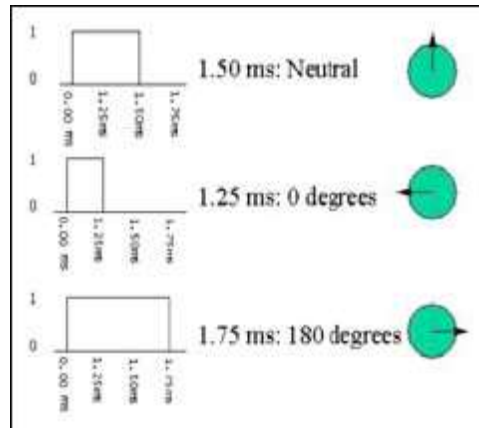
2.1.10.3 Pensinyalan Motor Servo

Mode pensinyalan motor servo tampak pada gambar berikut.



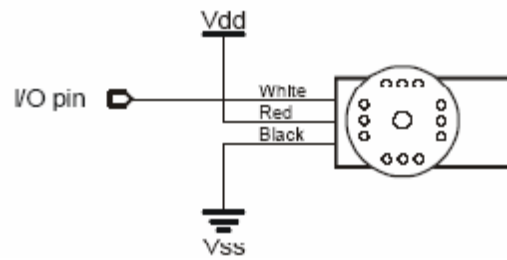
Gambar 2.18 Pensinyalan Motor Servo

Contoh dimana bila diberikan pulsa dengan besar 1.5ms mencapai gerakan 90 derajat, maka bila kita berikan data kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0 derajat dan bila kita berikan data lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180 derajat. Contoh Posisi dan Waktu Pemberian Pulsa tampak pada gambar 2.19



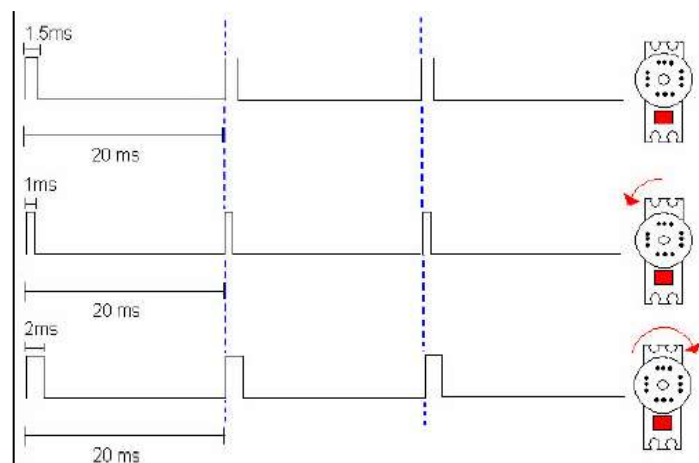
Gambar 2.19 Contoh Posisi dan Waktu Pemberian Pulsa

- Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz.
- Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton duty cycle 1.5ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° / netral).
- Pada saat Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton *duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut.
- Dan sebaliknya, jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton *duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.



Gamba 2.20 Pin-Pin dan Pengkabelan Pada Motor Servo

Bentuk motor servo dapat dilihat pada gambar 2.21 Terdapat tiga utas kabel dengan warnamerah, hitam, dan kuning. Kabel merah dan hitam harus dihubungkan dengan sumber tegangan4-6 volt dc agar motor servo dapat bekerja normal. Sedangkan kabel berwarna kuning adalahkabel data yang dipakai untuk mengatur arah gerak dan posisi servo. Pergerakan motor servo terhadap perubahan lebar pulsa tampak pada gambar 8.



Gambar 2.21 Pergerakan Motor Servo Terhadap Perubahan Lebar Pulsa

2.1.11 Solar Cell

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi. Pada umumnya,

solar cell merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif . Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif. (digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-13287-Chapter1I.pdf)

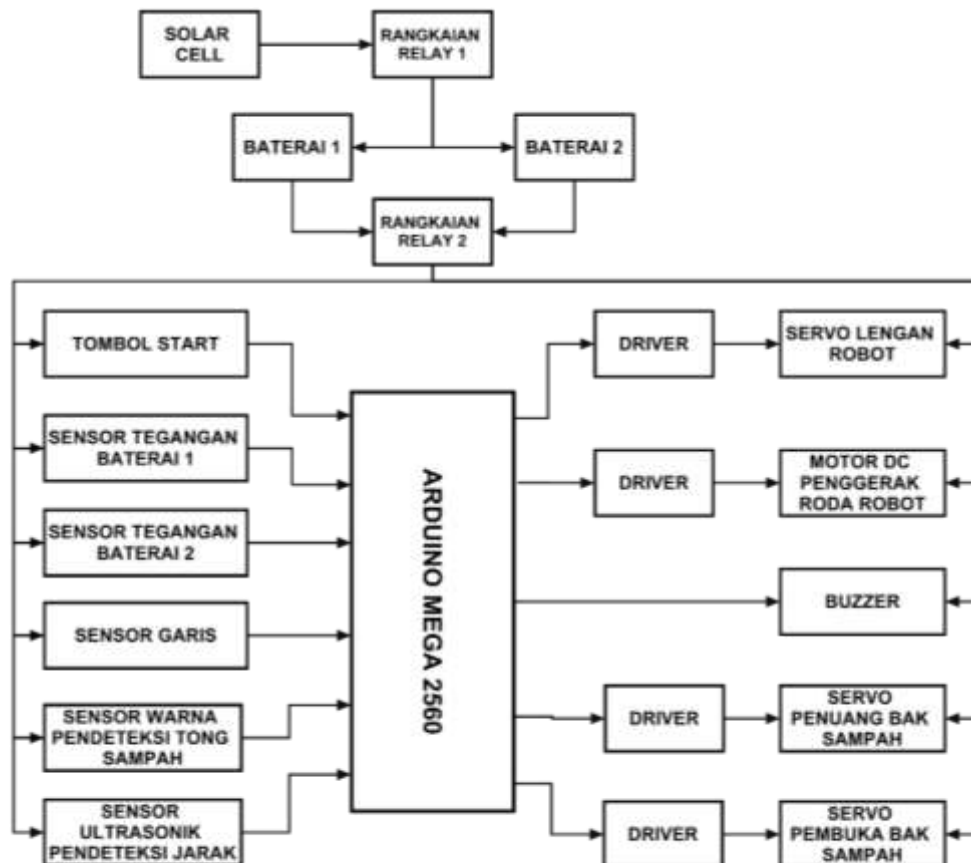
Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif. Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, electron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas

dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n.

2.2 KERANGKA BERIKIR

2.2.1 Blok Diagram

Blok diagram adalah salah satu tahapan dari proses dalam pembuatan alat. Blok diagram digunakan untuk menentukan komponen penyusunan dari suatu alat yang akan dibuat, sehingga hasil akhirnya sesuai yang diinginkan.



Gambar 2.22 Blok Diagram

2.2.2 Alur Kerja Sistem

Prototype robot ini bekerja ketika salah satu baterai terisi dan dayanya cukup untuk menjalankan robot. Jika cahaya matahari yang diterima solar cell cukup untuk melakukan pengisian baterai, maka baterai akan terisi secara otomatis, dan robot tidak bisa dijalankan hingga salah satu baterai memiliki tegangan yang cukup untuk menjalankan robot. Proses pengisian daya baterai berlangsung ketika salah satu baterai tidak memiliki tegangan yang cukup untuk menjalankan robot atau tegangan baterai kurang dari 3,7 volt setiap selnya, penukaran penggunaan baterai tersebut terjadi jika baterai yang sedang digunakan menyentuh angka 3,7 volt setiap selnya, dan otomatis akan menukar penggunaan baterai yang sedang digunakan dengan baterai yang sedang diisi dayanya.

Robot dijalankan dengan menekan tombol start yang akan memberi masukan kepada arduino untuk memerintahkan robot untuk bergerak maju mengikuti garis atau jalur yang telah ditentukan. Proses pengambilan tong sampah terjadi ketika sensor warna mengidentifikasi tong sampah dengan warna hijau, secara otomatis robot akan berhenti dan lengan robot melakukan pengambilan tong sampah tersebut dan menuangkan isi tong sampah tersebut ke bak sampah yang tersedia pada robot lalu meletakkan kembali tong sampah tersebut ke tempat semula dan robot kembali berjalan mengikuti garis. Proses tersebut berlangsung kembali ketika sensor warna mengidentifikasi tong sampah yang dilewati robot tersebut. Sensor ultrasonic berfungsi ketika mendeteksi halangan di depan robot. Robot akan memberikan peringatan berupa suara yang dikeluarkan dari buzzer, clock pada buzzer akan semakin cepat ketika robot berjalan maju mendekati halangan dan

robot akan berhenti berjalan ketika semakin dekan dengan halangan, robot akan berjalan maju kembali ketika sudah tidak ada halangan di depannya

Ketika robot mencapai garis akhir, sampah yang diangkut selama robot mengikuti jalur akan dituangkan ke tempat pembuangan, setelah selesai dituangkan maka robot akan berjalan maju posisi awal. Untuk mengulang atau menjalankan robot kembali, perlu adanya oprator untuk menekan tombol start dan tidak akan berjalan jika tombol start tidak ditekan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di laboratorium instrumentasi fakultas teknik, Universitas Negeri Jakarta. Tepatnya di gedung L jurusan Teknik Elektro Lantai 4, dilaksanakan pada bulan Mei 2016 – Desember 2016.

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

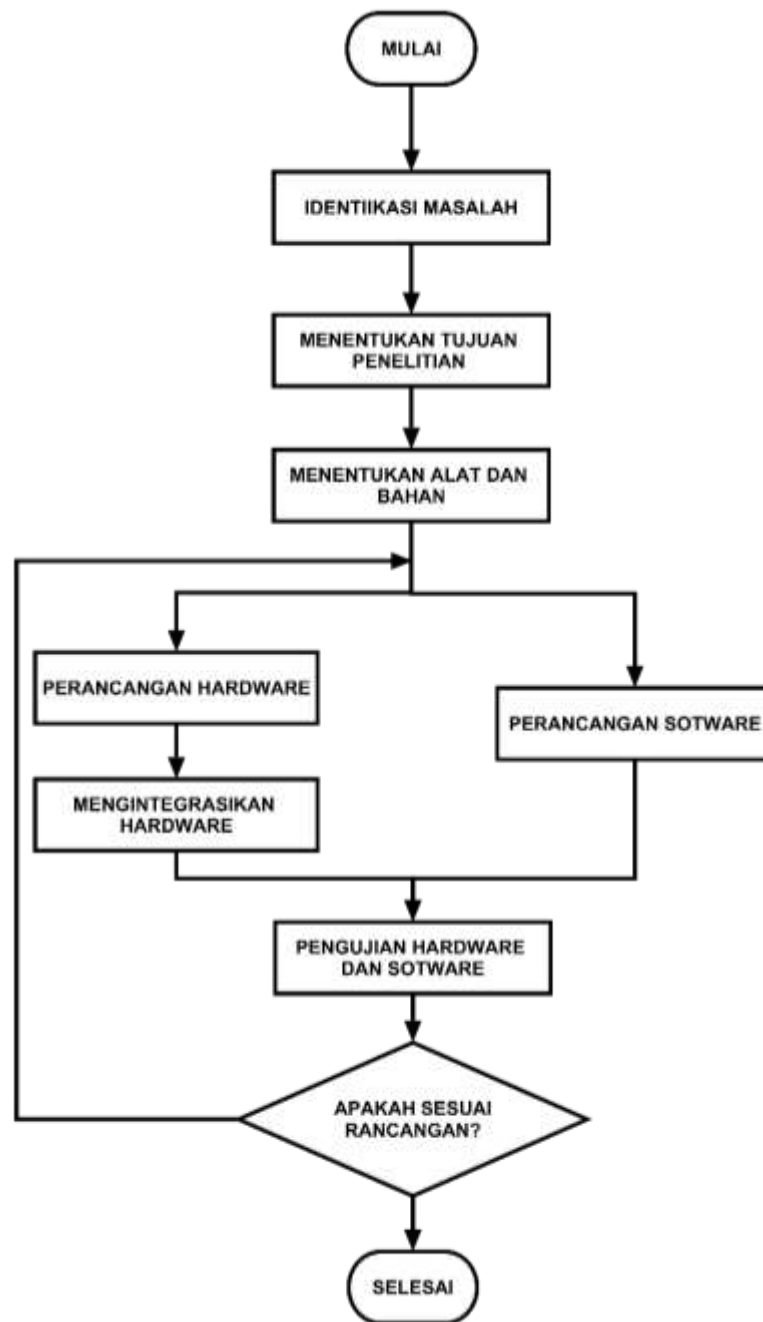
1. PC/Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - a. Processor AMD E450 APU With Radeon™ HD Graphics (2 CPUs), ~ 1,6GHz
 - b. Memory RAM 3GB
 - c. Windows 7 Ultimate 64 bit
2. *Software* pendukung :
 - a. Arduino IDE 1.6.8, yang digunakan untuk memprogram *board* Arduino Mega 2560.
 - b. Proteus 7 Professional, yang digunakan untuk mensimulasikan rangkaian alat.
 - c. Eagle 6.4.0 Professional, yang digunakan untuk membuat skematik dan *layout* rangkaian PCB.
 - d. Google SketchUp 8, yang digunakan untuk membuat desain perancangan alat.
 - e. Microsoft Office Word 2016, yang digunakan untuk penulisan.
 - f. ClickCharts NTH Suite, yang digunakan untuk membuat blok diagram dan *flowchart*.

3. Hardware pendukung :
 - a. Toolkit
4. Multimeter/Avometer digital dengan merek Sanwa CD800a digunakan untuk mengukur besar tegangan, besar arus dan besar hambatan, digunakan pula untuk memeriksa hubungan jalur rangkaian dan kabel penghubung.
5. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *prototipe* robot *line follower* pengangkut sampah dengan memanfaatkan *solar cell* berbasis mikrokontroler arduino mega 2560.

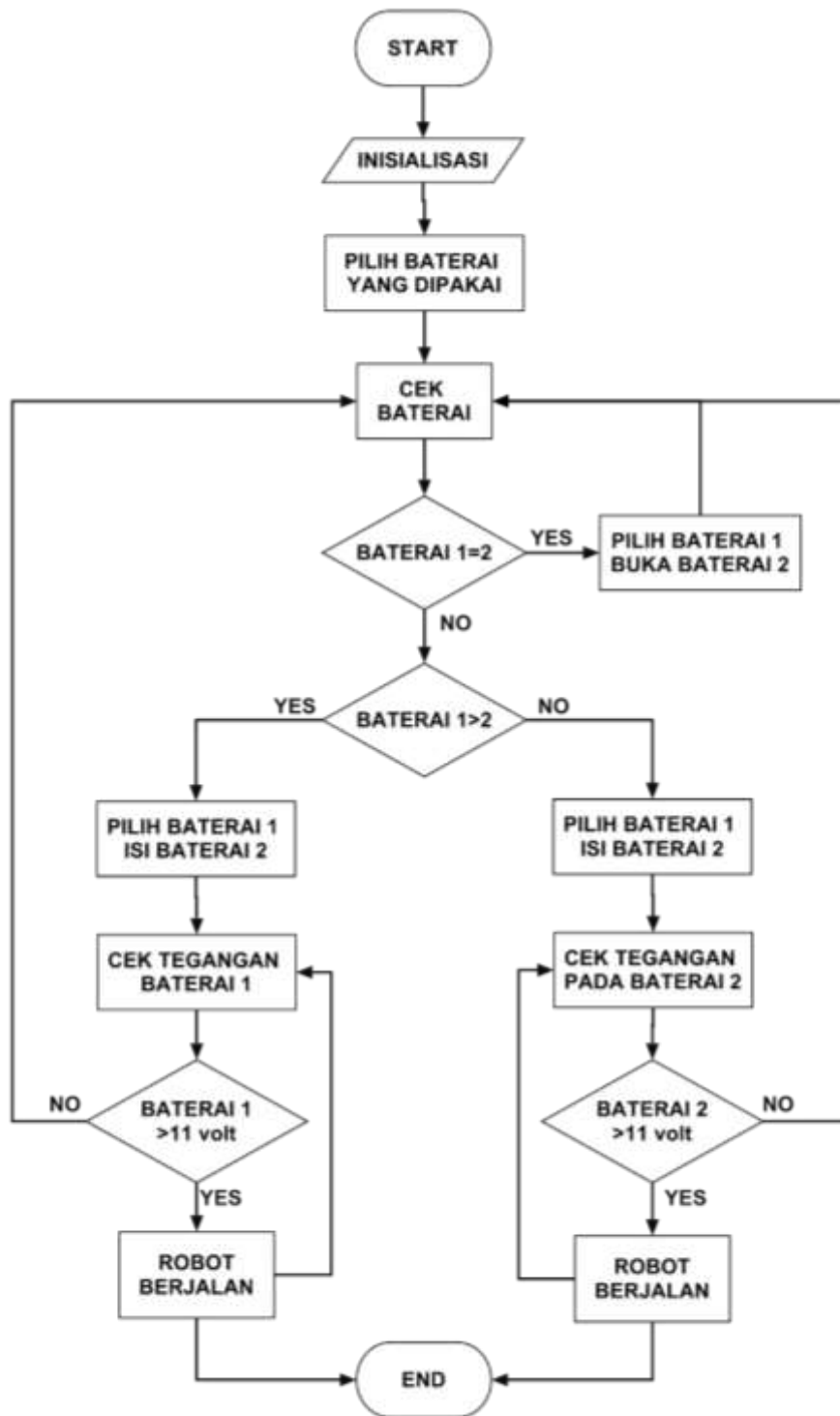
<ol style="list-style-type: none"> a. Maket robot berbahan akrilik b. Arduino Mega 2560 c. <i>Solar cell</i> d. Baterai lipo e. Sensor garis f. Sensor warna g. Sensor ultrasonic 	<ol style="list-style-type: none"> h. Sensor tegangan i. Driver motor j. Buzzer k. Buck Converter l. Boost Converter m. Driver relay n. Motor servo o. Motor DC
--	---

3.3 Diagram Alir Penelitian

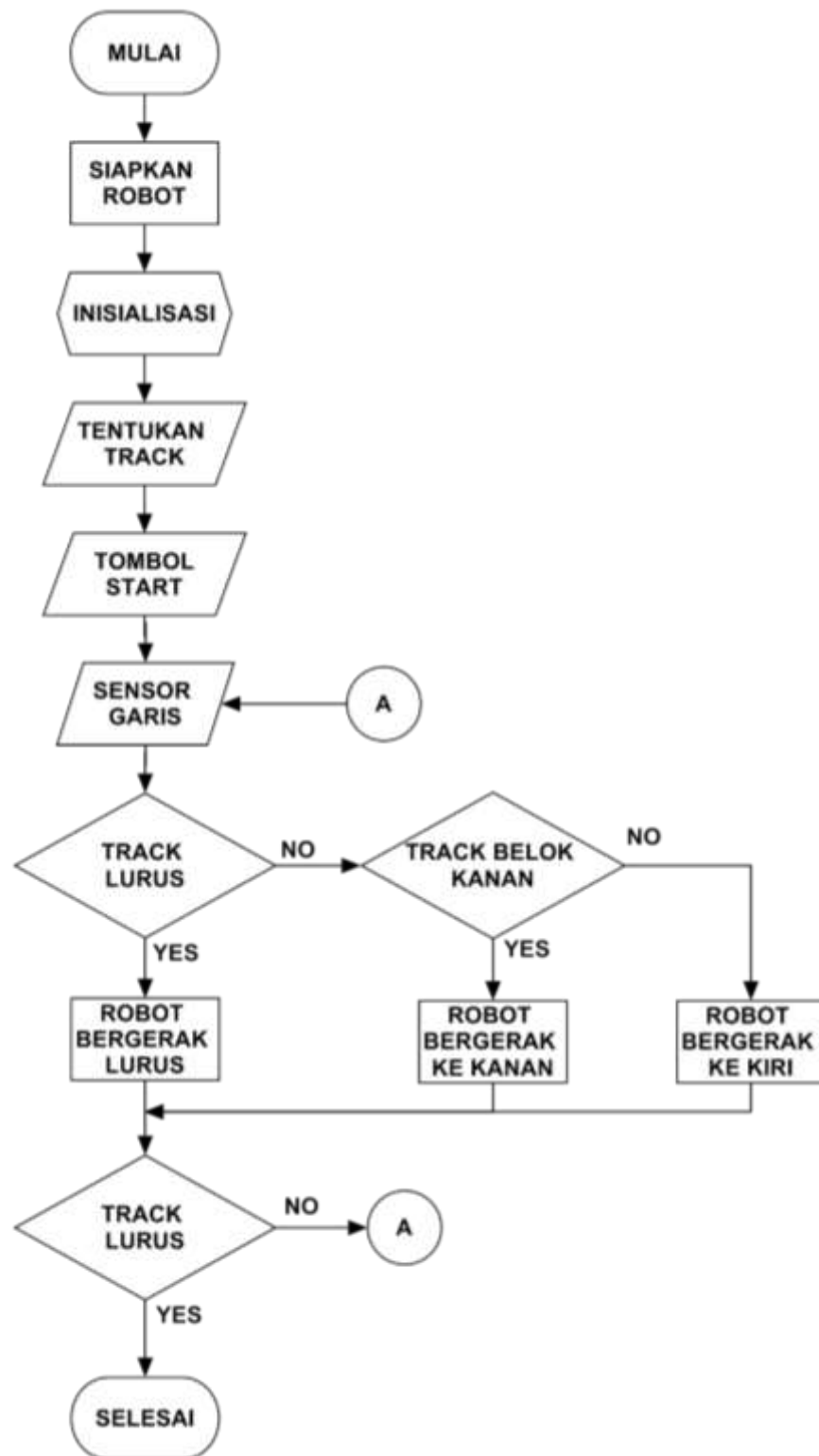
Metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah menggunakan metode rekayasa teknik meliputi perencanaan, analisa kebutuhan, perancangan, pengujian, implementasi perangkat keras (*hardware*), dan implementasi perangkat lunak (*software*).



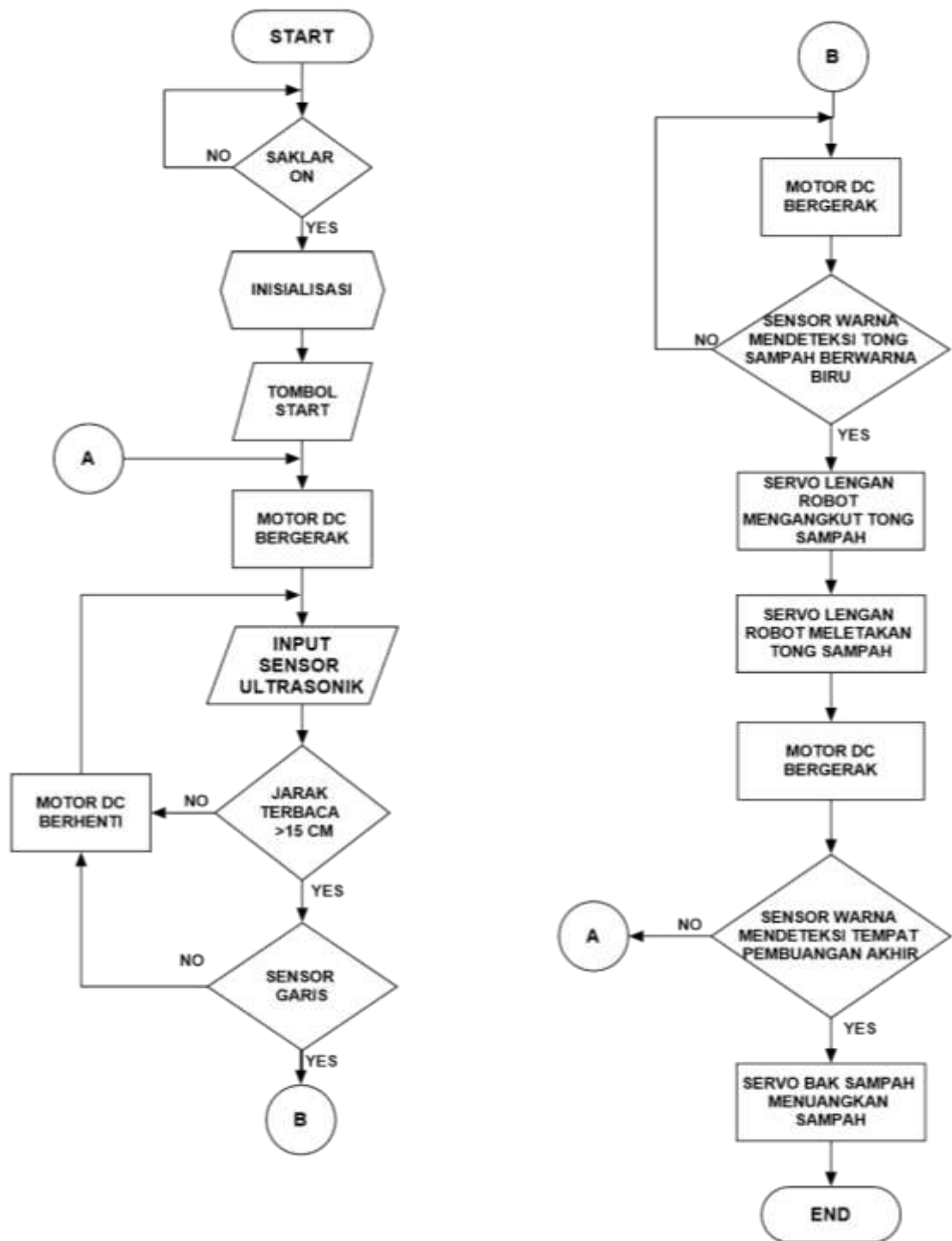
Gambar 3.1 Alur Perancangan Alat



Gambar 3.2 Flowcart Kerja Baterai



Gambar 3.3 Flowchart arah gerak robot



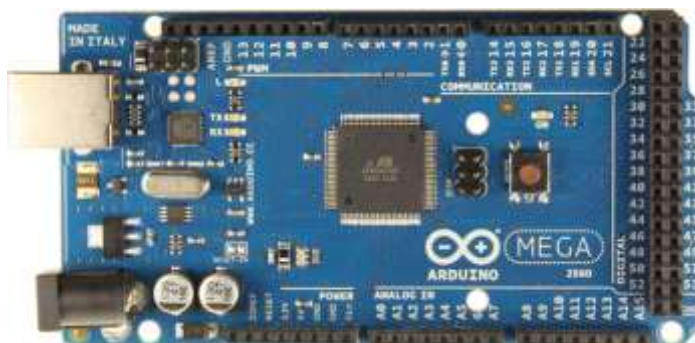
Gambar 3.4 Flowchart Sistem Robot

3.3.1 Rancangan Penelitian

Perancangan penelitian ini merupakan suatu rencana atau gagasan yang komprehensif dan mempunyai suatu tujuan yang terarah agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Perancangan *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah dengan memanfaatkan *solar cell* adalah sebagai berikut:

3.3.1.1 Menentukan Sistem Kendali

Dalam perancangan dan pengujian *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini terlebih dahulu harus menentukan sistem kendalinya. Sistem kendali yang digunakan untuk pembuatan alat ini adalah arduino mega 2560 yang dapat dilihat pada gambar Gambar 3.5



Gambar 3.5 Arduino Mega 2560

3.3.1.2 Menentukan Motor Servo

Dalam perancangan dan pengujian *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan motor servo sebagai penggerak lengan robot dan penggerak bak sampah. pemilihan penggunaan motor servo ditujukan untuk menggerakkan beban yang membutuhkan torsi. Pada perancangan alat ini menggunakan *i2c* servo untuk mempermudah pembagian sinyal *pwm*. gambar motor servo dan *i2c* servo dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Servo dan *i2c* Servo

3.3.1.3 Menentukan Motor Dc

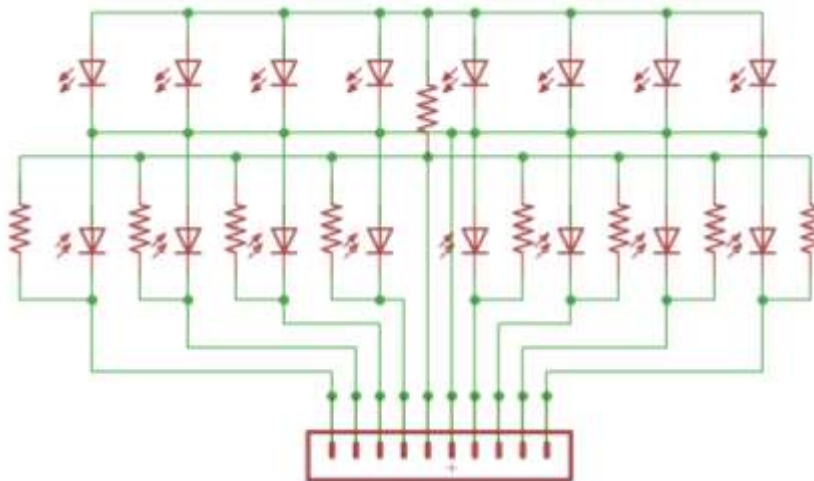
Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan motor dc sebagai penggerak roda, dan motor dc yang digunakan adalah motor dc *gearbox* dengan tegangan 12 volt agar memiliki torsi yang cukup untuk menggerakkan robot. Gambar motor dc *gearbox* dapat dilihat pada gambar 3.7



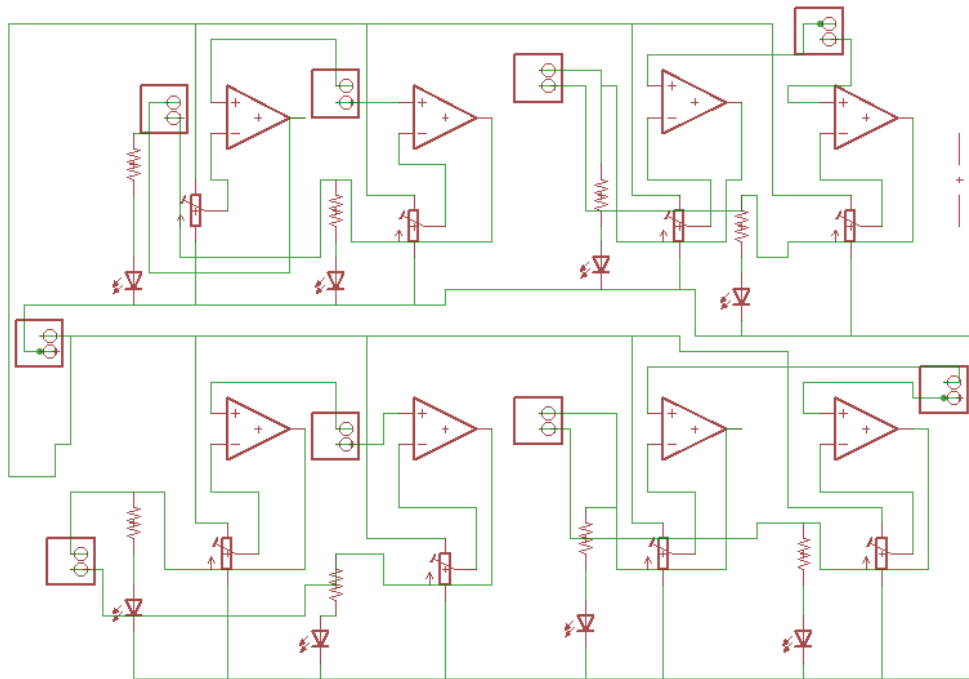
Gambar 3.7 Motor Dc *Gearbox*

3.3.1.4 Perancangan Sensor Garis

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan sensor garis untuk mendeteksi jalur serta mengarahkan posisi robot saat berjalan mengikuti jalur. Sensor garis ini merupakan gabungan dari sensor cahaya yang terdiri dari 8 sensor. Sensor cahaya tersebut adalah gabungan dari infrared dan foto diode yang diolah oleh komparator sehingga menghasilkan logika untuk masukan ke mikrokontroler dan diproses kembali untuk mengatur pergerakan motor dc penggerak roda. Rangkaian sensor garis dapat dilihat pada gambar 3.8 sebagai rangkaian sensor dan gambar 3.9 sebagai rangkaian komparator



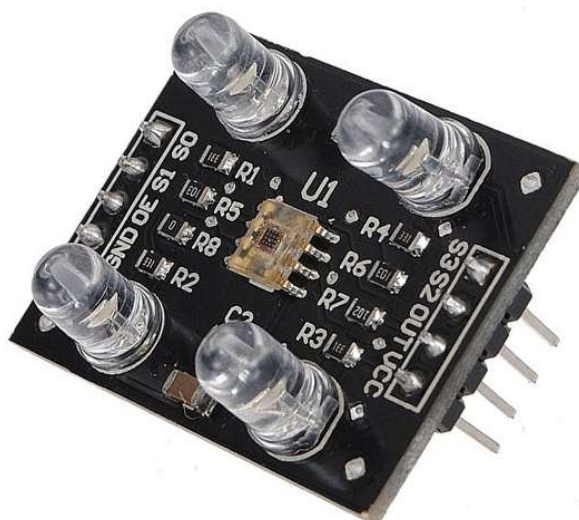
Gambar 3.8 Skematik Sensor Garis



Gambar 3.9 Komparator Sensor Garis

3.3.1.5 Menentukan Sensor Warna

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan sensor warna sebagai pendeteksi tong sampah dan emici lengan robot untuk mengambil tong sampah. Sensor warna itu sendiri berupa matriks fotodiode dan led. Proses pengenalan warna dapat dilakukan dengan memperhitungkan kuat lemahnya pantulan cahaya yang diterima matriks fotodiode. Gambar sensor warna tcs3200 dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Gambar Sensor Warna TCS3200

3.3.1.6 Menentukan Sensor Ultrasonic

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan sensor ultrasonic sebagai pendeteksi jarak penghalang di depan terhadap robot. Sensor ultrasonic sendiri 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 dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gambar sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 ultrasonik HC-SR04

3.3.1.7 Menentukan Sensor Tegangan

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan sensor tegangan untuk mengukur tegangan pada baterai robot yang sedang digunakan. Sensor tegangan ini berfungsi memberikan masukan pada mikrokontroler apabila tegangan pada baterai menurun dan daya baterai tidak cukup untuk menjalankan robot. Gambar sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Sensor Tegangan

3.3.1.8 Menentukan Solar Cell

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan solar cell ini menggunakan solar cell sebagai cadangan pengisian daya pada baterai dengan memanfaatkan sinar matahari yang di tangkap solar cell. *Solar cell* yang digunakan adalah solar cell dengan keluaran 6 volt dan arus 200mAh berjumlah 10 buah yang disusun secara seri dan parallel sehingga menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12 volt 1 Ampere. Gambar solar cell yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Solar Cell Mini

3.3.1.9 Menentukan Baterai

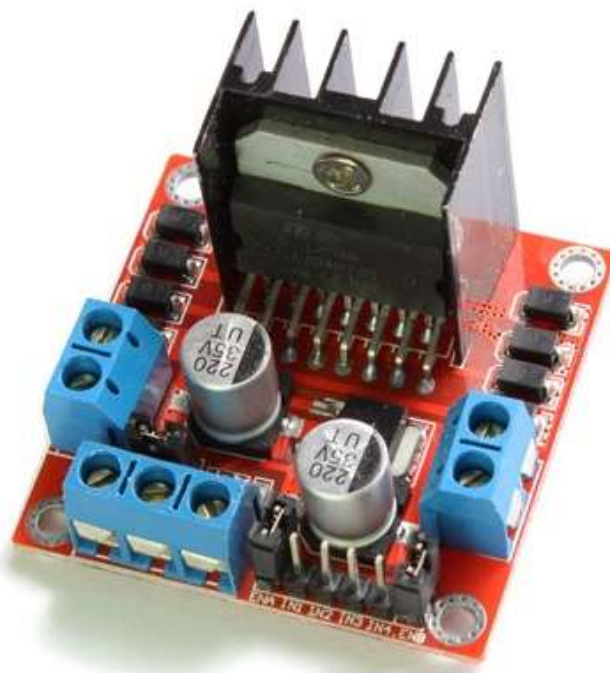
Dalam perancangan dan pengujian *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini tentulah membutuhkan sumber catu daya konstan agar masing masing komponen yang ada pada robor dapat bekerja dengan baik. Pada penelitian ini sumber tegangan konstan robot menggunakan 2 baterai dengan spesifikasi 11,1 volt 2200 mAh dan 11,1 volt 1300 mAh. Penggunaan baterai lipo ini dikarenakan memiliki daya yang cukup kuat dan dikarenakan robot ini bersifat *mobile*. Gambar baterai lipo dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Baterai Lipo turnigy 2200 mAh

3.3.1.10 Menentukan Modul *Driver* Motor L298N

Dalam perancangan dan pengujian *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini memiliki penggerak roda dengan motor dc gearbox yang tentunya membutuhkan driver motor yang bisa memberikan tegangan serta pulsa yang sesuai agar motor dapat bekerja dengan baik. Driver motor ini memiliki 4 channel yang digunakan untuk mengontrol 2 motor dc agar kedua motor tersebut bisa berputar searah dengan jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. *Driver* motor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.15

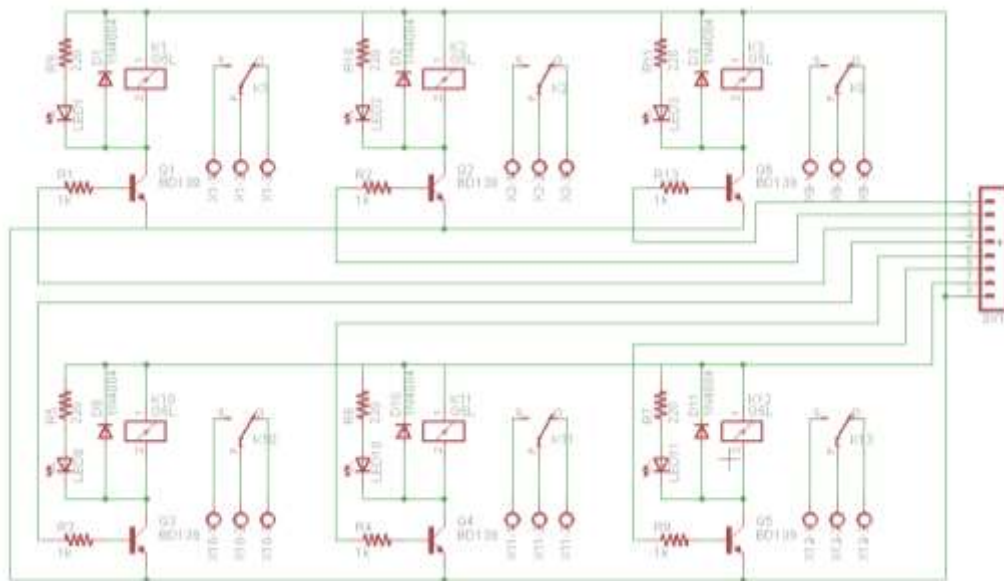


Gambar 3.15 Modul Driver motor L298N

3.3.1.11 Perancangan Rangkaian *Relay* 6 Channel

Penggunaan rangkaian pada robot ini berfungsi untuk memungkinkan penggunaan saklar otomatis untuk melakukan pertukaran penggunaan baterai, Rangkaian *relay* ini terdiri dari 6 *channel*, yang masing-masing *channel*-nya

digunakan sebagai saklar *on/off*. *Channel* yang pertama digunakan untuk mensaklarkan baterai 1 sebagai sumber catu daya robot dan *channel* yang kedua digunakan untuk mensaklarkan baterai 2 sebagai sumber catudaya cadangan robot ketika tegangan pada baterai 1 menurun dan daya nya tidak mencukupi sebagai sumber tegangan robot. *Channel* ketiga digunakan untuk mensaklaarkan solar cell dengan baterai 1 jika baterai 1 sedang tidak digunakan dan *Channel* keempat digunakan untuk mensaklaarkan *solar cell* dengan baterai 2 jika baterai 2 sedang tidak digunakan. Masing-masing *input* dari setiap *channel* tersebut dikendalikan oleh arduino mega 2560. Rangkaian *relay* dapat dilihat pada Gambar 3.16 di bawah ini:

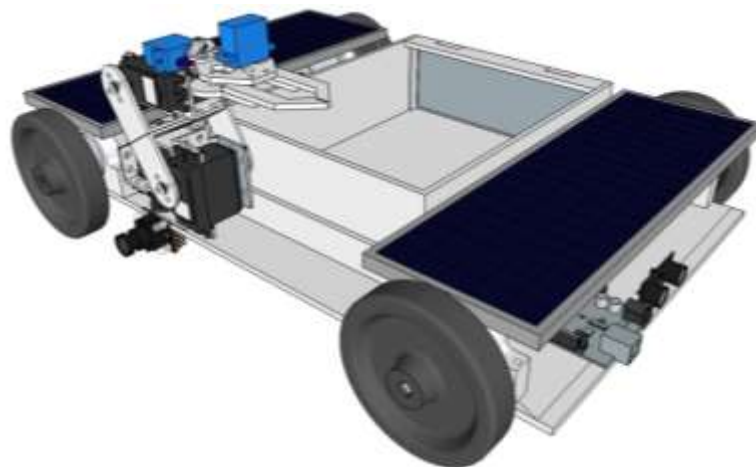


Gambar 3.16 Skematik Relay 6 Channel

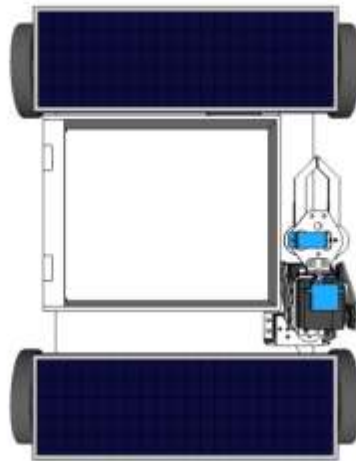
3.3.1.12 Perancangan Bentuk Robot

Dalam perancangan dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini menggunakan bahan akrilik yang di desain berbentuk kotak seperti gerobak sampah dengan ukuran panjang 42 cm dan lebar 25 cm, yang memiliki bak sampah berbentuk kotak di tengah nya dengan ukuran panjang 21 cm dan lebar 16 cm, serta

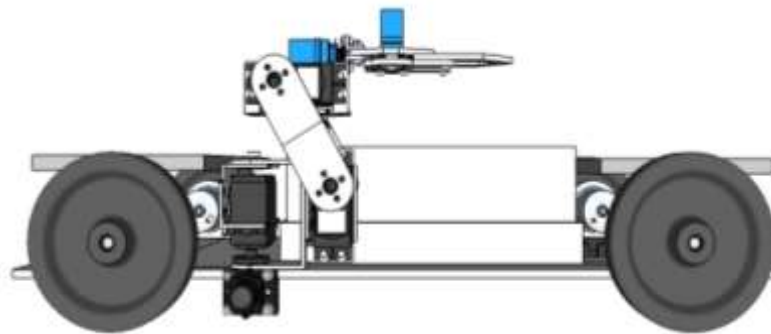
terdapa 2 buah *solar cell* dibagian depan dan belakang robot dengan ukuran panjang setiap *solar cell* 34 cm dan lebar setiap *solar cell* 12 cm. pada bagian kiri robot terdapat lengan robot dengan bahan alumunium yang ringan dan kuat untuk menopang gerakan motor servo dan menggunakan bahan akrilik pada bagian *gripper*. Dibagian bawah tengah robot ini terdapat satu motor servo yang digunakan untuk menuangkan bak sampah dan terdapat motor servo pula pada bagian kanan atas bak sampah yang difungsikan untuk membuka bak sampah agar sampah bisa dituangkan. Pada bagian depan terdapat sensor garis yang diungsikan untuk mendeteksi garis peletakannya berada di bawah depan, dan terdapat rodan dengan penggerak motor dc pada bagian kiri dan kanan depan. Dibawah posisi solar cell bagian depan terdapat driver motor, rangkaian komparator dan sensor ultrasonic serta i2c servo berada diantara bak sampah dan penopang solar cell. Pada bagian belakang robot tepatnya dibawah posisi solar cell peneliti meletakkan mikrokontroloer Arduino mega 2560, rangkaian relay, lcd dan baterai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.17, Gambar 3.18, Gambar 3.19, Gambar 3.20, Gambar 3.21



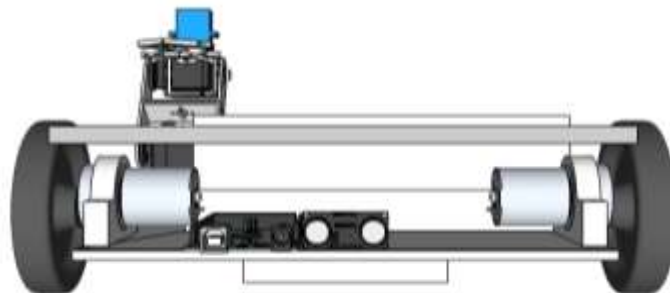
Gambar 3.17 Gambar Rancangan Robot



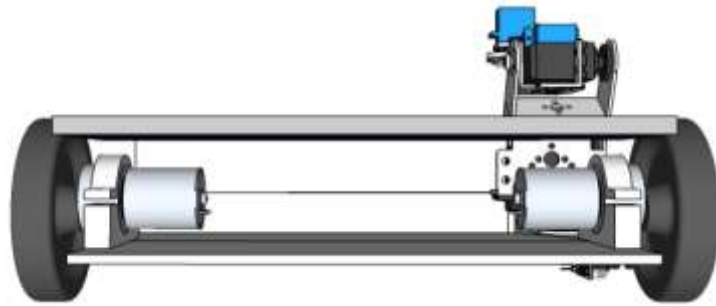
Gambar 3.18 Gambar Rancangan Robot Tampak Bagian Atas



Gambar 3.19 Gambar Rancangan Robot Tampak Samping



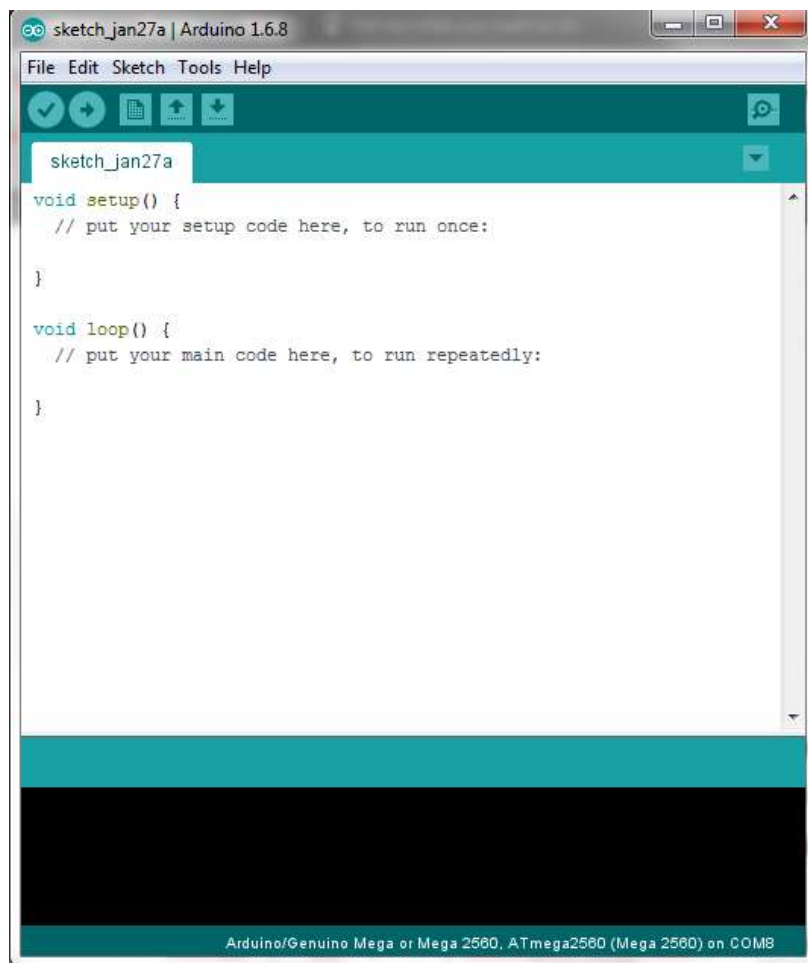
Gambar 3.20 Gambar Rancangan Robot Tampak Depan



Gambar 3.21 Gambar Rancangan Robot Tampak Belakang

3.3.1.13 Perancangan Arduino IDE

Arduino IDE merupakan salah satu bawaan *software* sendiri dari perangkat arduino di mana pemrogramannya menggunakan bahasa C/C++. Arduino IDE yang beroperasi di komputer berfungsi untuk menghasilkan sebuah *file* yang berformat .ino yang akan unggah pada papan arduino. Dalam hal ini arduino IDE digunakan untuk membuat program pengujian *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* yang nantinya digunakan sebagai pengendali perangkat keras. Berikut ini adalah Gambar 3.22 tampilan awal perangkat lunak arduino IDE 1.6.8:



Gambar 3.22 Aplikasi Arduino IDE 1.6.8

Berdasarkan fungsi dari aplikasi arduino IDE di atas, peneliti menggunakan sebagai pemrograman mikrokontroler arduino mega 2560 untuk *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell*.

Beberapa *input* dan *output* yang dihubungkan menggunakan parameter data untuk memasukan program. Berikut ini adalah parameter data yang digunakan pada arduino uno menggunakan perangkat lunak arduino IDE 1.6.8.

1. *Input* berupa sensor garis, sensor warna, sensor ultrasonik, sensor tegangan, sensor arus, dan tombol start pin yang digunakan pada arduino mega 2560 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Tabel *Input* Arduino Mega 2560

Jenis	Pin Perangkat <i>input</i>	Pin Arduino
Sensor Garis	VCC	5V
	GND	GND
	S1	52
	S2	50
	S3	48
	S4	46
	S5	40
	S6	38
	S7	36
	S8	34
Sensor Warna	VCC	5V
	GND	GND
	OUT	2
	S0	3
	S1	4
	S2	5
	S3	6
Sensor Tegangan	VCC	5V
	GND	GND
	DATA	22
Sensor Arus	VCC	5V

	GND	GND
	DATA	24
Sensor Ultrasonik	VCC	5V
	GND	GND
	Trigger	A9
	Echo	A8
Tombol Start	VCC	5V
	GND	GND
	DATA	A7

2. *Outputt* berupa *i2c* motor servo, motor dc, *i2c* lcd, rangkaian relay, driver motor, dan *buzzer*. Pin yang digunakan pada arduino mega 2560 dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Tabel *Output* Arduino Mega 2560

Jenis	Pin Perangkat Output	Pin Arduino
I2c Motor Servo	Vcc	5 V
	Gnd	Gnd
	Sda	Sda
	Scl	Scl
I2c Lcd	Vcc	5 V
	Gnd	Gnd
	Sda	Sda
	Scl	Scl

Driver Motor	Vcc	5 V
	Gnd	Gnd
	Motor 1	9
	Motor 2	10
	Motor 3	11
	Motor 4	12
Buzzer	Input Buzzer	8
	Gnd	Gnd
Rangkaian Relay	Vcc	5 V
	Gnd	Gnd
	Output 1	22
	Output 2	24
	Output 3	26
	Output 4	28
	Output 5	30
	Output 6	32

3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur penelitian yang ditempuh dalam merancang dan pengujian *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

1. Perakitan modul dimulai dari pemilihan komponen, pemasangan, penyolderan, dan pengkabelan.

2. Mengecek dengan manual apakah *relay* dapat digunakan atau tidak.
3. Mengecek secara manual driver motor dapat digunakan atau tidak.
4. Mengecek dengan manual apakah motor dc dapat digunakan atau tidak.
5. Mengecek solar cell dapat menghasilkan tegangan atau tidak
6. Mengecek motor servo dapat digunakan atau tidak
7. Mengecek secara manual sensor garis dapat digunakan atau tidak
8. Mengecek sensor warna bisa digunakan atau tidak untuk mendeteksi tong sampah
9. Mengecek sensor ultrasonik dapat mendeteksi jarak atau tidak
10. Merancang lengan robot menggunakan motor servo untuk mengangkat tong sampah
11. Menggabungkan lengan robot dengan sensor warna sebagai pendeteksi tong sampah
12. Memprogram sensor garis untuk menggerakkan motor dc sebagai penggerak robot *line follower*
13. Mengintegrasikan line follower menggunakan lengan lengan robot dengan sensor warna sebagai pendeteksi tong sampah
14. Menggabungkan penggunaan relay sebagai sistem pensaklaran antara solar cell dan baterai yang akan diisi daya nya
15. Setelah semua subsistem bekerja dengan baik pengujian dilakukan dengan menggabungkan semua subsistem dalam satu robot
16. Jika integrasi semua subsistem sesuai dengan rancangan selanjutnya uji coba dilakukan dengan pengambilan video
17. Menyimpulkan hasil penelitian dari hasil pengujian ini

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan penelitian yang diperlukan peneliti untuk mendapatkan data dari keseluruhan sistem robot. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah semua sistem berhasil atau gagal.

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* harus dilakukan pengujian. Berikut adalah kriteria pengujian alat tersebut dengan parameter keberhasilan yang akan dilakukan

1. *Line follower* dapat mendeteksi garis dengan baik
2. Lengan robot dapat mendeteksi dan mengangkut tong sampah serta menuangkannya ke bak sampah
3. *Solar cell* dapat mengisi daya baterai sebagai sumber daya listrik cadangan
4. Baterai cadangan yang diisi daya nya oleh *solar cell* dapat digunakan untuk sumber listrik cadangan robot

3.5.1 Pengujian *Solar Cell* Untuk Pengisian Daya Baterai

Pengujian *solar cell* dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *solar cell* yang digunakan pada robot. Pengujian dilakukan dilakukan ketika *solar cell* terkena cahaya matahari terik, tidak terik, dan tidak terkena cahaya matahari langsung. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui pada posisi apa *solar cell* dapat melakukan pengecasan bada baterai. Pengujian *solar cell* pada tabel 3.3, Pengujian *solar cell* untuk pengisian baterai 1 pada tabel 3.4, Pengujian *solar cell* untuk pengisian baterai 2 pada tabel 3.5

Table 3.3 Pengujian Solar Cell

Jam	Kriteria Tegangan (volt)	Tegangan Terukur (volt)	Kriteria Arus (ampere)	Arus Terukur (ampere)
9	12,6		1	
10	12,6		1	
11	12,6		1	
12	12,6		1	
13	12,6		1	
14	12,6		1	
15	12,6		1	
16	12,6		1	

Table 3.4 Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 1

Waktu	Tegangan		Keterangan
	Baterai 1	Solar Cell	
0			
30			
60			
90			
120			
150			

180			
210			
240			
270			

Table 3.5 Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 2

Waktu	Tegangan		Keterangan
	Baterai 2	Solar Cell	
0			
30			
60			
90			
120			
150			
180			
210			
240			
270			

3.5.2 Pengujian Relay 6 Channel

Pengujian *relay* untuk *switch* pertukaran penggunaan baterai dan *switch* pengisian baterai dari solar cell dilakukan dengan mengukur tegangan *input* ketika *relay* aktif dan *relay* tidak aktif. Pengujian *relay* diaktifkan tertuang pada Tabel 3.6 dan pengujian *relay* dinonaktifkan tertuang pada Tabel 3.7.

Table 3.6 Pengujian *Relay* Diaktifkan

Jenis	Kriteria	Tegangan (volt)	Tampilan
<i>Relay</i> Baterai 1	HIGH		
<i>Relay</i> Baterai 2	HIGH		
<i>Relay</i> Baterai Cell 1	HIGH		
<i>Relay</i> Baterai Cell 2	HIGH		
<i>Relay</i> Baterai Cell 3	HIGH		
<i>Relay</i> Gnd	HIGH		
Rata-Rata Tegangan			

Table 3.7 Pengujian *Relay* Dinonaktifkan

Jenis	Kriteria	Tegangan (volt)	Tampilan
<i>Relay</i> Baterai 1	LOW		
<i>Relay</i> Baterai 2	LOW		
<i>Relay</i> Baterai Cell 1	LOW		
<i>Relay</i> Baterai Cell 2	LOW		
<i>Relay</i> Baterai Cell 3	LOW		
<i>Relay</i> Gnd	LOW		
Rata-Rata Tegangan			

3.5.3 Pengujian Penggunaan Baterai

Pengujian penggunaan baterai sebagai sumber tenaga listrik robot dilakukan dengan melakukan pengukuran pada kedua baterai. Pengukuran dilakukan dengan

cara mengukur perubahan tegangan ketika robot aktif ketika kondisi kedua baterai terisi penuh

Table 3.8 Pengujian Penggunaan Baterai

Waktu	Tegangan (volt)		Keterangan
	Baterai 1	Baterai 2	
0			
15			
30			
45			
60			
75			
90			
105			
120			
135			
150			
165			
180			
195			
210			
225			
240			

3.5.4 Pengujian Sensor Garis

Pengujian sensor garis dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran dari komparator yang digunakan sebagai input Arduino yang di proses untuk menggerakan robot. Pengujian dilakukan terhadap keluaran kedelapan sensor garis yang terdiri dari sensor cahaya foto dioda *infrared*. Kondisi dilakukan ketika sensor terkena cahaya warna putih dan hitam pengujian sensor ketika terkena warna hitam dapat dilihat pada table 3.9 dan pengujian sensor ketika terkena warna hitam dapat dilihat pada table 3.10

Table 3.9 Sensor Ketika Terkena Warna Hitam

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
Sensor 1	HIGH		
Sensor 2	HIGH		
Sensor 3	HIGH		
Sensor 4	HIGH		
Sensor 5	HIGH		
Sensor 6	HIGH		
Sensor 7	HIGH		
Sensor 8	HIGH		
Rata-Rata Tegangan			

Table 3.10 Sensor Ketika Terkena Warna Putih

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
Sensor 1	LOW		
Sensor 2	LOW		

Sensor 3	LOW		
Sensor 4	LOW		
Sensor 5	LOW		
Sensor 6	LOW		
Sensor 7	LOW		
Sensor 8	LOW		
Rata-Rata Tegangan			

3.5.5 Pengujian *Driver Motor*

Pengujian *driver* motor dilakukan untuk mengetahui keadaan atau logika yang di terima oleh driver motor dari Arduino. Keadaan yang diuji adalah ketika kondisi maju, belok kiri, dan belok kanan. Pengujian ketika motor bergerak dapat dilihat pada table 3.11

Table 3.11 Pengujian Ketika Motor Bergerak

Pin				Motor		Keterangan
In1	In2	In3	In4	Kanan	Kiri	

3.5.6 Pengujian Sensor Warna

Pengujian sensor warna dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara warna yang di pindai dengan tampilan serial monitor, dan ditujukan untuk mengetahui nilai RGB yang di baca oleh sensor warna terhadap warna objek yang di pindai. Table pengujian sensor warna berdasarkan nilai RGB dapat dilihat pada table 3.12

Table 3.12 Tabel Pengujian Warna

Warna	Kriteria Pengujian	Tegangan Output	Jarak Sensor Terhadap Objek
Merah	Jarak antara sensor warna terhadap objek		
Biru	berwarna merah dan biru		

3.5.7 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui jarak yang di baca sensor lalu digunakan untuk mendeteksi objek pada jarak tertentu. Pengujian untuk membandingkan jarak yang dibaca ultrasonik dapat dilihat pada table 3.13

Table 3.13 Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik

Kriteria Pengujian	Jarak (cm)	Hasil Pengujian	Keterangan
Membaca jarak antara robot dan penghalang di depan robot	5		
	10		
	15		
	20		
	25		
	30		
	35		

3.5.8 Pengujian Motor Servo

Hasil Pengujian motor servo dilakukan dengan memberikan beban pada lengan robot yaitu beban tong sampah dengan ukuran berbeda pada penjepit, serta memberikan beban pada servo bak sampah dan pintu bak sampah, dapat terangkat atau tidak. Pengujian motor servo dibagi 2 dikarenakan pada penelitian ini motor servo dimanfaatkan untuk 2 posisi yaitu pada lengan robot dan bak sampah. Pengujian servo pada lengan robot dapat dilihat pada table 3.14 dan pengujian servo pada bak sampah dapat dilihat pada table 3.15.

Table 3.14 Pengujian Servo Pada Lengan Robot

Percobaan	Diameter Tong (cm)	Kriteria	Hasil Pengujian
1	5		
2	6		

3	7	Terangkat	
4	8		
5	9		
6	10		

Table 3.15 Pengujian Servo Pada Bak Sampah

Motor Servo	Beban	Kriteria	Hasil Pengujian	Keterangan
Bak	Bak sampah	Terangkat		
Pintu Bak Sampah	Pintu Bak Sampah	Terbuka		

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Berdasarkan rancangan penelitian yang telah dijabarkan pada penjelasan sebelumnya, maka peneliti akan mendeskripsikan hasil penelitian berupa prinsip kerja dan langkah kerja alat.

4.1.1 Prinsip Kerja Alat

Pada *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini memiliki prinsip kerja untuk mengangkut dan menuangkan tong sampah yang berada di samping kiri robot, jalur robot sendiri menggunakan prinsip *line follower* yang akan berjalan mengikuti garis yang telah di tentukan. Dalam simulasinya robot ini mengangkut tong sampah dengan ukuran diameter 7 cm dan tinggi 10 cm. untuk mendeteksi tong sampah itu sendiri robot ini menggunakan sensor warna dimana akan mendeteksi tong sampah dengan warna biru.

Pada prinsip kerja nya robot ini membutuhkan sumber daya listrik konstan menggunakan baterai, robot ini juga memiliki sumber listrik cadangan yaitu memanfaatkan *solar cell* untuk pengisian baterai kedua, dimana baterai kedua tersebut akan terisi dayanya ketika *solar cell* terkena cahaya matahari dan menghasilkan tegangan yang cukup untuk melakukan pengisian baterai kedua. Baterai kedua tersebut akan terpakai ketika tegangan pada baterai pertama menurun dan daya nya tidak cukup untuk menjalankan robot

4.1.2 Langkah Kerja Alat

Berikut adalah langkah-langka kerja *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* :

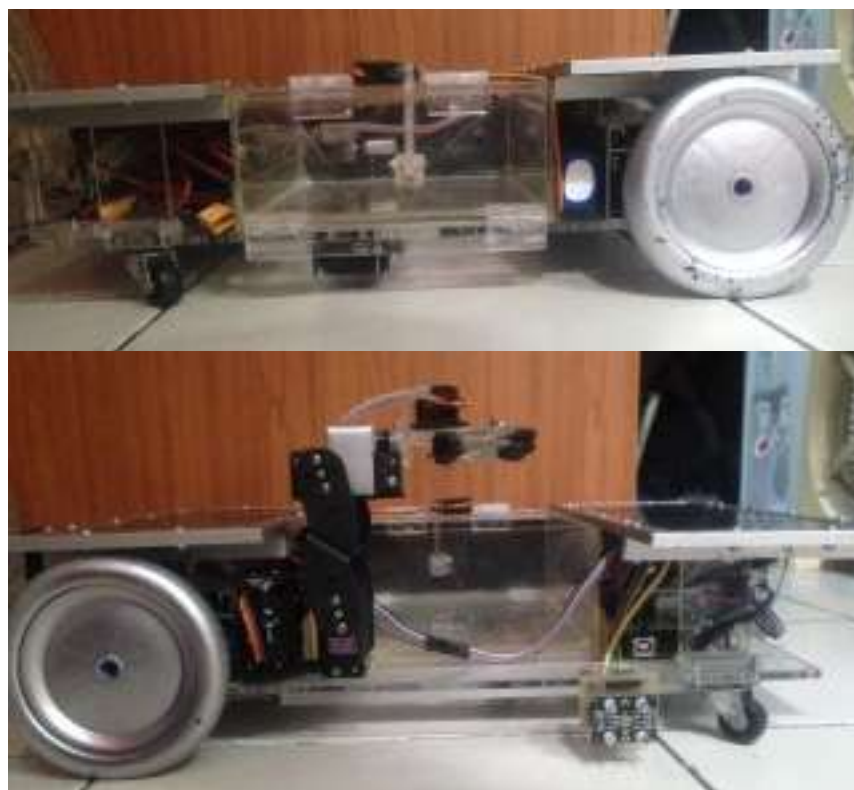
1. Sambungkan kabel USB pada alat ke port USB pada laptop yang berisi program Arduino IDE dan program robot yang akan di jalan kan
2. Download program ke dalam robot
3. Nyalakan catu daya yang terdapat pada robot
4. Lakukan pengecekan sensor pada tampilan LCD yang ada pada robot
5. Setelah melakukan pengecekan sensor garis letakan robot pada garis start
6. Lalu tekan tombol start pada robot untuk memberikan perintah maju pada robot
7. Robot akan mengikuti garis yang telah ditentukan jalurnya
8. Ketika mengikut garis robot mendeteksi tong sampah dengan warna biru pada samping kiri robot maka robot akan berhenti
9. Lengan robot akan bekerja mengangkut tong sampah tersebut dan menuangkan nya ke bak sampah kemudian meletakkan tong sampah tersebut di tempat semula dan robot akan berjalan kembali.
10. Robot akan melakukan hal yang sama seperti pada tahap 9 setiap robot mendeteksi tong sampah berwarna biru pada sisi kiri
11. Pada garis akhir robot akan berhenti dan menuangkan sampah yang terdapat pada bak sampah ke sisi kanan robot
12. Lalu robot akan berjalan kembali ke titik awal.
13. Perlu ada oprator untuk menekan tombol start agar robot berjalan

4.2 Analisis Hasil Penelitian

Berdasarkan blok diagram serta *flowchart* yang telah dirancang pada penjelasan sebelumnya, maka *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* diimplementasikan oleh peneliti pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Tampak Atas Robot



Gambar 4.2 Tampak Samping Robot



Gambar 4.3 tampak depan dan belakang

Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap indikator-indikator penelitian dari *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino Mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell*. Pengujian dilakukan terhadap perangkat keras dan perangkat lunak yang diprogram oleh Arduino IDE

4.2.1 Hasil Pengujian Solar Cell

Hasil pengujian solar cell untuk melakukan pengecasan dilakukan dengan mengukur tegangan pada 3 kondisi solar cell yaitu pengujian solar cell terhadap cahaya matahari pada table 4.1, pengujian solar cell terhadap baterai 1 table 4.2, pengujian solar cell terhadap baterai 2 table 4.3.

Table 4.1 Hasil Pengujian Solar Cell

Jam	Kriteria Tegangan (volt)	Tegangan Terukur (volt)	Kriteria Arus (ampere)	Arus Terukur (ampere)
9	12,6	12,18	1	0,24
10	12,6	12,22	1	0,31
11	12,6	12,86	1	0,89
12	12,6	12,89	1	0,34
13	12,6	12,96	1	1,02
14	12,6	12,77	1	0,73
15	12,6	11,44	1	0,13
16	12,6	12,46	1	0,48

Table 4.2 Hasil Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 1

Waktu	Tegangan		Keterangan
	Baterai 1	Solar Cell	
0	11,08	12,82	Kondisi Matahari Terik
30	11,24	12,89	Kondisi Matahari Terik
60	11,37	12,72	Kondisi Matahari Terik
90	11,49	12,97	Kondisi Matahari Terik
120	11,54	12,93	Kondisi Matahari Terik
150	11,71	12,94	Kondisi Matahari Terik
180	11,93	12,72	Kondisi Matahari Terik
210	12,12	12,92	Kondisi Matahari Terik
240	12,26	12,90	Kondisi Matahari Terik
270	12,37	12,97	Kondisi Matahari Terik
300	12,49	12,91	Kondisi Matahari Terik
330	12,54	12,94	Kondisi Matahari Terik




Table 4.3 Hasil Pengujian Solar Cell Untuk Pengisian Daya Baterai 2

Waktu	Tegangan		Keterangan
	Baterai 2	Solar cell	
0	11,06	12,84	Kondisi Matahari Terik
30	11,21	12,94	Kondisi Matahari Terik
60	11,34	12,97	Kondisi Matahari Terik
90	11,49	12,96	Kondisi Matahari Terik
120	11,66	12,93	Kondisi Matahari Terik
150	11,82	12,91	Kondisi Matahari Terik
180	12,04	12,76	Kondisi Matahari Terik
210	12,22	12,95	Kondisi Matahari Terik
240	12,37	12,98	Kondisi Matahari Terik
270	12,55	12,97	Kondisi Matahari Terik

4.2.2 Hasil Pengujian Relay 6 Channel

Hasil Pengujian *relay* untuk *switch* pertukaran penggunaan baterai dan *switch* pengisian baterai dari solar cell dilakukan dengan mengukur tegangan *input* ketika *relay* aktif dan *relay* tidak aktif. Pengujian *relay* diaktifkan tertuang pada Tabel 4.4 dan pengujian *relay* dinonaktifkan tertuang pada Tabel 4.5

Table 4.4 Hasil Pengujian *Relay* Diaktifkan

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
<i>Relay</i> Baterai 1	<i>HIGH</i>	12,39 volt	
<i>Relay</i> Baterai 2	<i>HIGH</i>	11,76 volt	
<i>Relay</i> Baterai Cell 1	<i>HIGH</i>	4.12 volt	









<i>Relay Baterai Cell</i> 2	<i>HIGH</i>	8,26 volt	
<i>Relay Baterai Cell</i> 3	<i>HIGH</i>	12,39 volt	
<i>Relay Gnd</i>	<i>HIGH</i>	0 volt	

Table 4.5 Hasil Pengujian *Relay* Dinonaktifkan

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
<i>Relay</i> Baterai 1	LOW	0 volt	
<i>Relay</i> Baterai 2	LOW	0 volt	
<i>Relay</i> Baterai Cell 1	LOW	3,92 volt	

<p><i>Relay Baterai Cell</i> 2</p>	<p>LOW</p>	<p>7,86 volt</p>	
<p><i>Relay Baterai Cell</i> 3</p>	<p>LOW</p>	<p>11,76 volt</p>	
<p><i>Relay Gnd</i></p>	<p>LOW</p>	<p>0 volt</p>	

4.2.3 Pengujian Penggunaan Baterai

Pengujian penggunaan baterai sebagai sumber tenaga listrik robot dilakukan dengan melakukan pengukuran pada kedua baterai. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur perubahan tegangan ketika robot aktif ketika kondisi kedua baterai terisi penuh




Table 4.6 Hasil Pengujian Penggunaan Baterai





Waktu	Tegangan (volt)		Keterangan
	Baterai 1	Baterai 2	
0	12,64	12,62	Penggunaan baterai A
15	12,49	12,62	Penggunaan baterai A
30	12,36	12,62	Penggunaan baterai A
45	12,19	12,61	Penggunaan baterai A
60	12,03	12,61	Penggunaan baterai A
75	11,89	12,60	Penggunaan baterai A
90	11,73	12,60	Penggunaan baterai A
105	11,56	12,59	Penggunaan baterai A
120	11,39	12,59	Penggunaan baterai A
135	11,22	12,59	Penggunaan baterai A
150	11,09	12,58	Penggunaan baterai B
165	11,09	12,32	Penggunaan baterai B
180	11,08	12,11	Penggunaan baterai B
195	11,07	11,79	Penggunaan baterai B
210	11,07	11,41	Penggunaan baterai B
225	11,07	11,24	Penggunaan baterai B
240	11,06	11,08	Robot tidak bergerak

4.2.3 Hasi Pengujian Sensor Garis

Hasil pengujian sensor garis didapatkan dengan cara melakukan pengukuran dari setiap sensor yang ada pada sensor garis, pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa tegangan keluaran dari komparator sensor berlogika *HIGH* atau *LOW*. Kondisi pengukuran dilakukan ketika sensor dipantulkan pada bidang berwarna putih dan hitam pengujian sensor ketika terkena warna hitam dapat dilihat pada table 4.6 dan pengujian sensor ketika terkena warna hitam dapat dilihat pada table 4.7

Table 4.7 Sensor Ketika Terkena Warna Hitam

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
Sensor 1	<i>HIGH</i>	3,38 volt	
Sensor 2	<i>HIGH</i>	3,38 volt	
Sensor 3	<i>HIGH</i>	3,37 volt	

Sensor 4	<i>HIGH</i>	3,39 volt	
Sensor 5	<i>HIGH</i>	3,40 volt	
Sensor 6	<i>HIGH</i>	3,40 volt	
Sensor 7	<i>HIGH</i>	3,39 volt	










Sensor 8	<i>HIGH</i>	3,40 volt	
Rata-Rata Tegangan		3,92 volt	

Table 4.8 Sensor Ketika Terkena Warna Putih

Jenis	Kriteria	Tegangan	Tampilan
Sensor 1	<i>LOW</i>	0 volt	
Sensor 2	<i>LOW</i>	0 volt	

Sensor 3	<i>LOW</i>	0 volt	
Sensor 4	<i>LOW</i>	0 volt	
Sensor 5	<i>LOW</i>	0 volt	
Sensor 6	<i>LOW</i>	0 volt	

Sensor 7	<i>LOW</i>	0 volt	
Sensor 8	<i>LOW</i>	0 volt	
Rata-Rata Tegangan		0 volt	

4.2.4 Hasil Pengujian *Driver Motor*

Hasil pengujian *driver motor* dilakukan untuk mengetahui keadaan atau logika yang di terima oleh driver motor dari Arduino. Keadaan yang diuji adalah ketika kondisi maju, belok kiri, dan belok kanan. Pengujian ketika motor bergerak dapat dilihat pada table 4.9

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Ketika Motor Bergerak

Pin				Motor		Keterangan
Pin 5	Pin 7	Pin 10	Pin 12	Kanan	Kiri	
0	0	0	0	Diam	Diam	Robot Berhenti
1	0	0	1	Mundur	Mundur	Robot Mundur

0	1	1	0	Maju	Maju	Robot bergerak Maju
0	1	0	1	Maju	Mundur	Robot Belok Kiri
1	0	1	0	Mundur	Maju	Robot Belok Kanan

4.2.5 Hasil Pengujian Sensor Warna

Hasil Pengujian pada sensor warna dilakukan dengan melakukan pengukuran pada output sensor warna, pengukuran dilakukan pada kondisi sensor warna mendeteksi warna merah, dan biru. Table hasil pengujian sensor dapat dilihat pada table 4.10

Table 4.10 Hasil Pengujian Sensor Warna

Warna	Kriteria Pengujian	Tegangan Output	Jarak Sensor Terhadap Objek
Merah	Jarak antara sensor warna terhadap objek berwarna merah dan biru	1,98 volt	2,8 cm
Biru		2,32 volt	4,2 cm

4.2.6 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui jarak yang di baca sensor lalu digunakan untuk mendeteksi objek pada jarak tertentu. Pengujian untuk membandingkan jarak yang dibaca ultrasonik dapat dilihat pada table 4.11

Table 4.11 Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik

Kriteria Pengujian	Jarak (cm)	Hasil Pengujian	Keterangan
Membaca jarak antara robot dan penghalang di depan robot	5	Terdeteksi	Buzzer menyala robot berhenti
	10	Terdeteksi	Buzzer menyala robot berhenti
	15	Terdeteksi	Buzzer menyala robot berhenti
	20	Terdeteksi	Buzzer menyala robot berjalan
	25	Terdeteksi	Buzzer menyala robot berjalan
	30	Tidak Terdeteksi	Buzzer mati robot berjalan
	35	Tidak Terdeteksi	Buzzer mati robot berjalan

4.2.7 Hasil Pengujian Motor Servo

Hasil Pengujian motor servo dilakukan dengan memberikan beban pada lengan robot yaitu beban tong sampah dengan ukuran berbeda pada penjepit, serta memberikan beban pada servo bak sampah dan pintu bak sampah, dapat terangkat atau tidak. Pengujian motor servo dibagi 2 dikarenakan pada penelitian ini motor servo dimanfaatkan untuk 2 posisi yaitu pada lengan robot dan bak sampah

Pengujian servo pada lengan robot dapat dilihat pada table 4.12 dan pengujian servo pada bak sampah dapat dilihat pada table 4.13.

Table 4.12 Pengujian Servo Pada Lengan Robot

Percobaan	Diameter Tong (cm)	Kriteria	Hasil Pengujian
1	5	Terangkat	Terangkat
2	6		Terangkat
3	7		Terangkat
4	8		Tidak Terangkat
5	9		Tidak Terangkat
6	10		Tidak Terangkat

Table 4.13 Pengujian Servo Pada Bak Sampah

Motor Servo	Beban	Kriteria	Hasil Pengujian	Keterangan
Bak	Bak sampah	Terangkat	Terangkat	Servo bak sampah dapat menuangkan bak sampah
Pintu Bak Sampah	Pintu Bak Sampah	Terbuka	Terbuka	Servo dapat membuka pintu pada bak sampah

4.3 Pembahasan

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan semua subsistem, mulai dari sensor garis, sensor ultrasonic, sensor tegangan sensor warna TCS 3200, motor dc penggerak roda yang dikendalikan oleh driver

motor, rangkaian relay untuk pensaklaran baterai dan solar cell, Arduino sebagai mikrokontroler, servo sebagai penggerak bak sampah, serta lengan robot yang tersusun dari 5 buah motor servo. Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* ini berfungsi sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian didapat melalui pengujian *solar cell*, rangkaian *relay*, sensor garis, sensor ultrasonik, sensor warna, *driver* motor, serta pengujian terhadap motor servo dan penampilkan inputan yang didapat pada sensor sensor tersebut pada lcd yang terdapat pada robot.

Pada Tabel 4.1 hasil pengujian terhadap solar cell dengan tegangan keluaran lebih dari 12 volt dapat melakukan pengecasan terhadap baterai dalam kondisi solar cell terkena cahaya matahari terik. Penggunaan solar cell tidak digunakan langsung sebagai sumber daya listrik akan tetapi digunakan untuk melakukan pengisian daya pada baterai cadangan. Dalam kondisi penuh baterai memiliki tegangan 12,62 volt yang digunakan untuk sumber catu daya seluruh subsistem robot.

Pada table 4.2 dan 4.3 menampilkan data hasil pengujian *solar cell* untuk pengisian baterai 1, dimana baterai dapat terisi ketika solar cell menghasilkan tegangan lebih dari 12 volt, dan baterai tidak akan terisi jika tegangan yang dihasilkan solar cell kurang dari 12 volt

Pada table 4.4 menampilkan pengukuran dari relay ketika diaktifkan dan di nonaktifkan. Dalam keadaan aktif relay tersebut menghubungkan baterai untuk menjadi sumber catu daya, dan jika relay tidak aktif maka tidak ada tegangan untuk menyuply setiap subsistem pada robot. Kondisi tersebut hanya berlaku pada relay

1 dan relay 2. Perubahan kondisi tersebut tergantung pada inputan logika *HIGH* dari Arduino. Berikut adalah hasil pengukuran pada input rangkaian relay

1. Channel 1 : 4,73 volt
2. Channel 2 : 4,71 volt
3. Channel 3 : 4,77 volt
4. Channel 4 : 4,81 volt
5. Channel 5 : 4,79 volt
6. Channel 6 : 4,71 volt

Pada relay 3 hingga relay 6 digunakan untuk menghubungkan *charger* baterai dengan baterai. *Channel 3* digunakan untuk menghubungkan ground dengan modul dengan charger baterai, *channel 4* digunakan untuk menyambungkan *cell 1*, *channel 5* digunakan untuk menyambungkan *cell 2*. *channel 6* digunakan untuk menyambungkan *cell 3*

Pada Tabel 4.6 menampilkan hasil pengukuran pada sensor garis yang digunakan, pada pengukuran ini kondisi dari sensor dalam keadaan *LOW* (terkena garis hitam), berikut adalah hasil pengukuran sensor garis:

- Sensor 1 : 3,38 Volt
- Sensor 2 : 3,38 Volt
- Sensor 3 : 3,37 Volt
- Sensor 4 : 3,39 Volt
- Sensor 5 : 3,40 Volt
- Sensor 6 : 3,40 Volt
- Sensor 7 : 3,39 Volt
- Sensor 8 : 3,40 Volt

Pada table 4.8 menunjukan hasil pengujian logika dari modul driver untuk menggerakkan motor penggerak roda. Pengujian dilakukan untuk memastikan logika yang menentukan arah gerak motor yang mengakibatkan robot dapat berbelok ke kiri, ke kanan, atau pun lurus, tegangan terukur pada logika HIGH adalah 10,92 volt pada ketika motor bergerak searah jarum jam, dan 10,87 volt ketika motor berputar berlawanan arah jarum jam.

Pada table 4.11 menampilkan hasil perbandingan tegangan dari warna objek yang di deteksi oleh sensor warna, pengukuran tersebut dilakukan pada 2 kondisi warna yaitu merah dan biru. Perbandingan nilai tegangan dari kedua warna tersebut adalah sebagai berikut

1. Merah : 1,98 volt
2. Biru : 2,32 volt

Pada table 4.12 menampilkan jarak yang dapat di deteksi oleh sensor ultrasonik pada robot ini

Pada table 4.13 menunjukan hasil pengujian pada motor servo yang mana pengujian dilakukan dengan menggerakkan dan pemberian beban berupa tong dengan ukuran diameter tong sampah 5-7 cm.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dan dijabarkan pada penjelasan sebelumnya maka *prototype* robot *line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* dapat dipalिकासikan sebagai contoh rancangan robot *hybrid*, selain itu dapat dimanfaatkan untuk salah satu solusi pemanfaatan teknologi robotik dibidang lingkungan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian pada *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan sistem *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* dapat terealisasi sesuai dengan perencanaan yaitu ketika sensor warna mendeteksi tong sampah dengan warna biru maka lengan robot akan merespon dengan mengangkat tong sampah tersebut dan penuangkannya ke dalam bak sampah, sensor warna tersebut mampu mendeteksi tong sampah dengan warna biru dengan jarak 3 centimeter.
2. Robot mampu mengikuti garis atau jalur pengangkutan yang telah ditentukan layaknya robot *line follower*
3. Pertukaran penggunaan baterai dapat dilakukan secara otomatis apabila tegangan pada baterai 1 tidak memiliki daya yang cukup untuk menggerakkan robot, secara otomatis akan robot akan menggunakan baterai cadangan
4. Solar cell dapat melakukan pengisian daya pada baterai ketika menerima cahaya matahari yang cukup yang mengeluarkan tegangan lebih dari 12 volt

5.2 Saran

Dalam proses perancangan *prototype robot line follower* pengangkut sampah berbasis Arduino mega 2560 dengan memanfaatkan *solar cell* peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan, maka dari itu peneliti memberikan saran sebagai berikut kepada pihak- pihak yang ingin mengembangkan penelitian ini.

1. Konstruksi robot harus lebih kokoh untuk menopang beban robot sendiri sehingga penggunaan daya untuk menggerakkan robot pun dapat lebih efisien
2. Pemilihan torsi motor sebagai penggerak roda harus disesuaikan dengan beban robot
3. Sensor pendeteksi tong sampah dapat menggunakan sensor lain yang bisa mendeteksi benda dengan lebih spesifik
4. Pemanfaatan solar cell pada bidang robotic kurang efektif dikarenakan penggunaan robot sendiri tidak selalu diluar ruangan dan terkena cahaya matahari

DAFTAR PUSTAKA

- Ariannah. (2014). *Rancangan Bangunan Aplikasi Android Pengendali Robot Lengan Menggunakan Komunikasi Wifi Berbasis Arduino ATmega328*. Jakarta
- Bagus, I.S. (2013). *Perancangan Robot Auto Line Follower yang Menerapkan Metode Osilasi*
- Banzi, Massimo. (2011). *Getting Started with Arduino 2nd edition*. . Sebastopol : O'Reilly Media. Inc.
- Blocher, R. (2003). *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi
- Budiharto, Widodo. (2008). *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR Atmega16*, Gramedia: Jakarta
- Buku Panduan Penyusunan Skripsi Dan Non Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. (2015)
- Cara kerja sensor ultrasonik, rangkaian, & aplikasinya
(<http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>) diakses pada 22 desember 2016
- Fahmizal. 2010. *Robot Line Follower Dengan Kendali PID*.
<https://fahmizaleeits.wordpress.com/2010/05/08/robot-line-follower-dengan-kendali-pid/> [diakses pada 23 April 2016].
- <http://sains.kompas.com/read/2014/04/10/1800317/Volume.Sampah.Terus.Naik.Jakarta.Utara.Kekurangan.Truk> 1 Febuari 2017
- <http://www.beritasatu.com/kesra/233419-produksi-sampah-capai-08-kg-per-orang-per-hari.html> 1 Febuari 2017

<http://www.beritasatu.com/megapolitan/321282-djarot-sampah-jakarta-7500-ton-per-hari.html> 1 Febuari 2017

Karim, Syaiful. (2013). *Sensor dan Aktuator*. Jakarta : Kementrian Pendidikan & Kebudayaan.

Kazimierczuk, Marian K. (2008). *Pulse-Width Modulated DC-DC Power Converter*. USA : John Wiley & Sons, Inc

Melihat prinsip kerja sel surya lebih dekat.

<https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/> (diakses pada 20 April 2016)

Mudeng, dkk. *Auto Charger System Berbasis Solar Cell pada Robot Management Sampah*. Jurnal : Universitas Brawijaya

Nuraini, D. & Pangestu, S. (2011). *Tugas Akhir Robot Pengangkut Sampah Otomatis untuk Distribusi Sampah di dalam Gedung (Studi Kasus di Gedung Robotika ITS)*. Skripsi tidak dipublikasikan Surabaya: ITS.

Schmidt, Maik. (2011). *Arduino : A Quick Start Guide*. Dallas : Pragmatic Programmers. LLC.

Teori Relay Elektro Mekanik. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/teori-relayelektro-> 29 Juni 2016

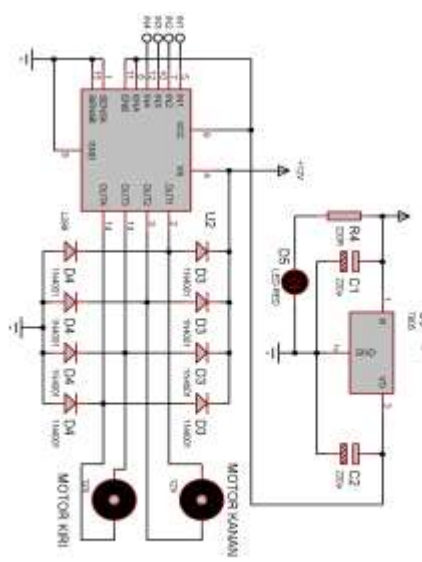
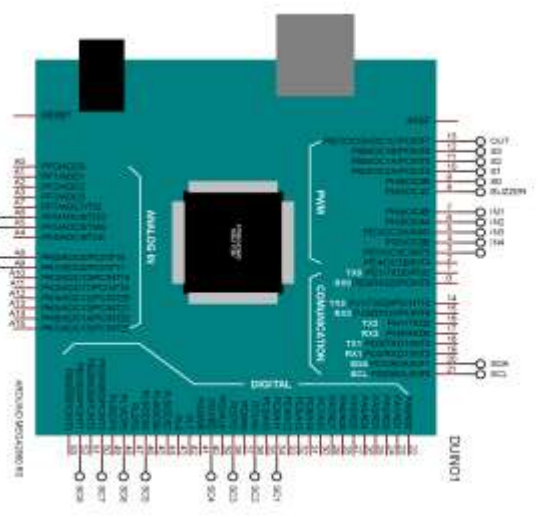
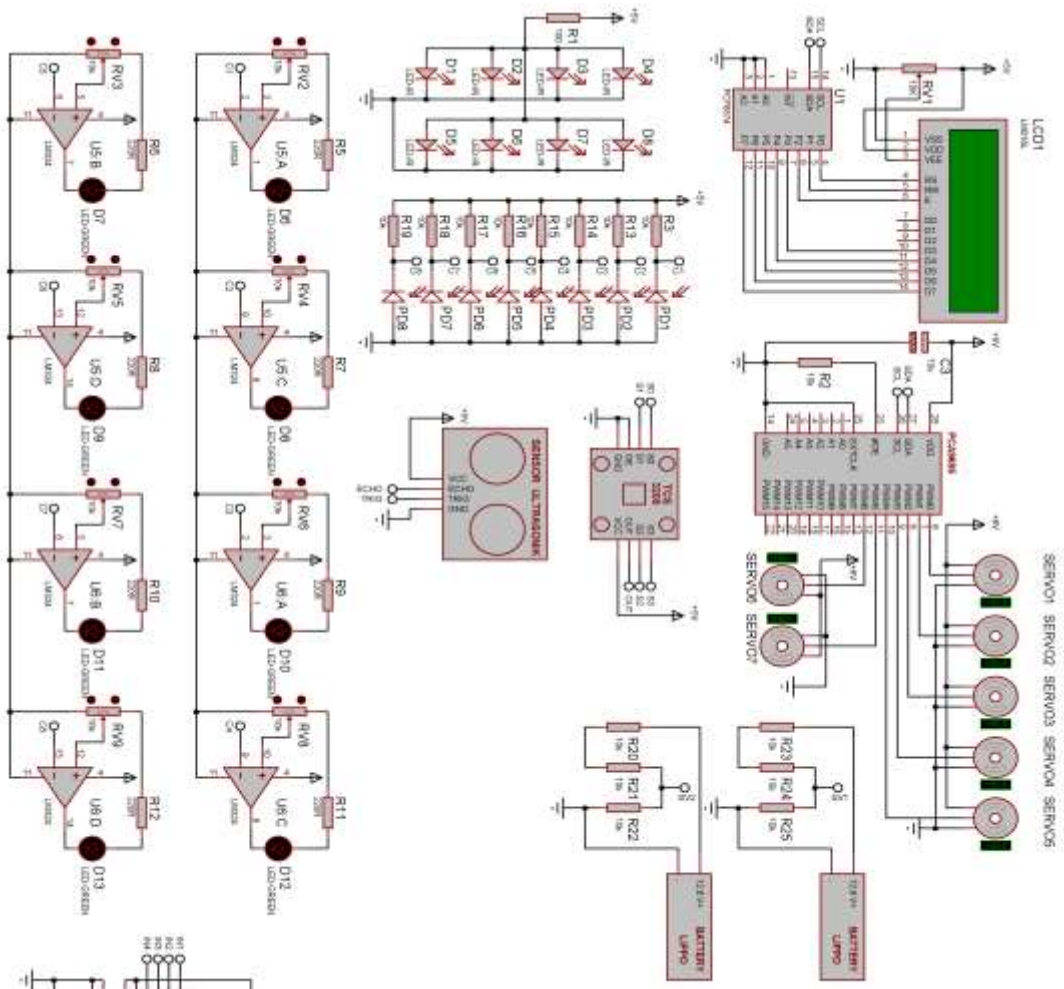
www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM [diakses pada 22 April 2016].

Yulianto Dkk. Perancangan Dan Implementasi Sistem Catu Daya Otomatis Menggunakan Solar Cell Pada Robot Beroda Pengikut Garis. Jurnal : Universitas Telkom

Ziegler-Nichols Untuk Tuning Parameter PID pada Kontes Robot Indonesia.

Skripsi Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang: Indonesia.

LAMPIRAN



PROGRAM INTEGRASI

```
/*
  Program Integrasi Robot Line Follower
  Pengangkut Sampah berbasis Arduino Mega 2560

  Aziz Akbar Guntama
  Pendidikan Teknik Elektronika
  Projek Skripsi

*/

/*===== Prepare Library =====*/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
#include <NewPing.h>
/*=====*/

/*===== Pin Configuration =====*/
#define TRIG_PIN  A9
#define ECHO_PIN  A8
#define MAX_JARAK  50 // Pembacaan Maksimal sampai 50cm

#define S0        9
#define S1        10
#define S2        11
#define S3        12
#define OUT       13

#define MOTOR_KIRI_1  7
#define MOTOR_KIRI_2  6
#define MOTOR_KANAN_1  4
#define MOTOR_KANAN_2  5
#define BUZZER        8
#define SENSOR_VOLT_1  A5
#define SENSOR_VOLT_2  A6

#define START        A7

const int sensorCahaya [8] = {34, 36, 38, 40, 46, 48, 50, 52};

/*===== Create Objects =====*/
Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();
```

```

NewPing sensorJarak(TRIG_PIN, ECHO_PIN, MAX_JARAK);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
/*=====*/

/*===== GLOBAL VARIABEL =====*/
int jarak;
int durasi;

int merah, hijau, biru, kuning;

unsigned long sekarang ;
unsigned long lama = 0;
int ledState = 0;

unsigned long lcdSekarang;
unsigned long lcdLama = 0;
int lcdState = 0;

float teganganBatere1 = 0;
float teganganBatere2 = 0;

String color = "";

const byte mask = B11111000;

int servobakmin = 100;
int servobakmax = 240;
int servopinbakmin = 300;
int servopinbakmax = 550;

int posisiServo[] =
{
    160, 360, 260, 240, 370, // 1
    200, 160, 260, 240, 370, // 2
    200, 160, 260, 240, 360, // 3
    200, 160, 260, 240, 340, // 4
    200, 160, 260, 240, 320, // 5
    280, 160, 260, 240, 320, // 6
    280, 160, 590, 560, 320, // 7
    280, 160, 590, 560, 380, // 8
    280, 500, 590, 560, 380, // 9
    280, 160, 590, 560, 380, // 10
    280, 160, 590, 560, 320, // 11
    280, 160, 260, 240, 320, // 12
    200, 160, 260, 240, 320, // 13
}

```

```

    200, 160, 260, 240, 380, // 14
    160, 360, 260, 240, 380, // 15

};

/*=====*/

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  // Atur Nilai Frequency dari PWM, untuk mencegah HUM
  // TCCR1B = (TCCR1B & mask) | 5;
  // TCCR2B = (TCCR2B & mask) | 5;

  lcd.begin();
  lcd.backlight();

  pwm.begin();
  pwm.setPWMFreq(60);
  yield();

  // Set Pin Sensor Cahaya sebagai Input
  for (int indeks = 0; indeks < 8; indeks++)
  {
    pinMode(sensorCahaya[indeks], INPUT);
  }

  pinMode(START, INPUT_PULLUP);
  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
  // pinMode(MOTOR_KIRI_1, OUTPUT);
  // pinMode(MOTOR_KANAN_1, OUTPUT);
  // pinMode(MOTOR_KIRI_2, OUTPUT);
  // pinMode(MOTOR_KANAN_2, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);

  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  pinMode(OUT, INPUT);

```

```
digitalWrite(S0, HIGH);  
digitalWrite(S1, HIGH);  
digitalWrite(S2, HIGH);  
digitalWrite(S3, HIGH);
```

```
pwm.setPWM(5, 0, servobakmin);  
pwm.setPWM(6, 0, servopinbakmax);
```

```
servoBergerak (0, 5); ;
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Robot L.Follower");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Aziz Akbar Guntama");  
delay(2000);  
lcd.clear();  
}
```

```
void loop()  
{  
  lcdSekarang = millis();  
  if (lcdSekarang - lcdLama >= 2000)  
  {  
    lcdLama = lcdSekarang;  
    lcdState = 1 - lcdState;  
    //lcd.clear();  
    Serial.print("lcd State"); Serial.println(lcdState);  
  }  
}
```

```
teganganBatere1 = ukurTegangan(SENSOR_VOLT_1);  
teganganBatere2 = ukurTegangan(SENSOR_VOLT_2);
```

```
if (lcdState == 1)  
{  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("V1=");  
  lcd.print(teganganBatere1);  
  lcd.print("V ");  
  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("V2=");  
  lcd.print(teganganBatere2);  
  lcd.print("V");  
}
```

```
delay(5);
jarak = ukurJarak();
if (jarak <= 20 && jarak >= 3)
{
  int tunda = map(jarak, 3, 20, 50, 150);
  blinkLed(tunda);
}
else
{
  digitalWrite(BUZZER, LOW);
}
```

```
color = ukurWarna();
if (color == "Biru")
{
  lcd.setCursor(9, 0);
  lcd.print("W=");
  lcd.print(color);
  lcd.print(" ");
  berhenti();
  lenganServo();
  delay (500);
  majuF();
  delay (700);
  maju();
}
if (color == "Merah")
{
  baksampah();
  delay (1000);
}
```

```
if (lcdState == 0)
{
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print("J=");
  lcd.print(jarak);
  lcd.print("cm ");
}
```

```
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print("W=");
lcd.print(color);
```



```
    lcd.print(" ");  
}
```

```
//switch (sensor)  
//{  
// case 00011000:  
// berhenti;  
// break;  
//}
```

```
if (jarak >=1 && jarak <= 15)  
{  
    berhenti();  
}  
int sensor = readSensor();
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0 )  
{  
    belokkiriT();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0 )  
{  
    belokkiriT();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
```

```

        bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0 )
    {
        belokkiriF();
    }

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0 )
{
    belokkiri();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)

{
    majukir();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)

```

```
{  
  majukir();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
```

```
{  
  maju();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
```

```
{  
  majukan();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
```

```
{  
  majukan();  
}
```

```
if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&  
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
```

```

    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
{
    belokkanan();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
{
    belokkananF();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 1)
{
    belokkananT();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 1 &&
    bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 1)
{
    belokkananT();
}

if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 1 &&

```

```

        bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 1 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 1)
    {
        berhenti();
    }
    if (bacaSensor(sensorCahaya[0]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[1]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[2]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[3]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[4]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[5]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[6]) == 0 &&
        bacaSensor(sensorCahaya[7]) == 0)
    {
        mundur();
    }

    if (lcdState == 0)
    {
        lcd.setCursor(0, 1);
        for (int i = 0; i < 8; i++)
        {
            if (sensor & (0b10000000 >> i))
            {
                lcd.write(0xff);
            }
            else
            {
                lcd.write('_');
            }
        }
    }
}

```

PROGRAM LINE FOLLOWER

```

int bacaSensor(int pin)
{
    return digitalRead(pin);
}

```

```

void majuF()

```

```

{
  if(lcdState ==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Maju ");
  }
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 250);
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 250 );
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);
}

void maju()
{
  if(lcdState ==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Maju ");
  }
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 180);
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 180 );
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);
}

void majukan()
{
  if(lcdState ==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Maju ");
  }
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 150);
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 200);
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);
}

void majukir()
{
  if(lcdState ==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Maju ");
  }
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 200);
}

```

```
    analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 150 );  
    digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
    digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
}
```

```
void belokkiri ()  
{  
    if(lcdState ==0)  
    {  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("B.Kiri ");  
    }  
    analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 200);  
    analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 150);  
    digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
    digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
}
```

```
void belokkiriF ()  
{  
    if(lcdState ==0)  
    {  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("B.Kiri ");  
    }  
    analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 250);  
    analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 100);  
    digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
    digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
}
```

```
void belokkiriT ()  
{  
    if(lcdState ==0)  
    {  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("B.Kiri ");  
    }  
    analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 200);  
    analogWrite (MOTOR_KIRI_2, 250);  
    digitalWrite (MOTOR_KIRI_1, LOW);  
    digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
}
```

```
}
```

```
void belokkanan ()  
{  
  if(lcdState ==0)  
  {  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("B.Kanan ");  
  }  
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 200);  
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 150);  
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
}
```

```
void belokkananF ()  
{  
  if(lcdState ==0)  
  {  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("B.Kiri ");  
  }  
  analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 100);  
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 250);  
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);  
}
```

```
void belokkananT ()  
{  
  if(lcdState ==0)  
  {  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("B.Kanan ");  
  }  
  analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 200);  
  analogWrite (MOTOR_KANAN_2, 250);  
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_1, LOW);  
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);  
}
```

```
void berhenti ()  
{
```



```
analogWrite (MOTOR_KANAN_1, 0);
analogWrite (MOTOR_KIRI_1, 0);
digitalWrite (MOTOR_KANAN_2, LOW);
digitalWrite (MOTOR_KIRI_2, LOW);
}
```

```
void mundur()
{
  if(lcdState ==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Mundur ");
  }
  analogWrite (MOTOR_KANAN_2, 250);
  analogWrite (MOTOR_KIRI_2, 250 );
  digitalWrite (MOTOR_KANAN_1, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_KIRI_1, LOW);
}
```

```
int readSensor()
{
  int bitSensor = 0;
  for (int i = 0; i < 8; i++)
  {
    if (digitalRead(sensorCahaya[i]) > 0)
    {
      bitSensor = bitSensor | (0b10000000 >> i);
    }
  }
  return bitSensor;
}
```

PROGRAM SENSOR

```
int ukurJarak()
{
  int ukur = sensorJarak.ping_cm();
  return ukur;
}
```

```
void blinkLed(int interval)
{
  sekarang = millis();
  if (sekarang - lama > interval)
  {
    lama = sekarang;
```

```

    ledState = 1 - ledState;
    digitalWrite(BUZZER, ledState);
  }
}

String ukurWarna()
{
  String warna = "";
  digitalWrite(S1, LOW);
  digitalWrite(S2, LOW);
  digitalWrite(S3, LOW);
  // Menghitung konsentrasi warna Merah
  merah = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
  digitalWrite(S3, HIGH);

  // Menghitung konsentrasi warna Biru
  biru = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
  digitalWrite(S2, HIGH);

  // Menghitung konsentrasi warna Hijau
  hijau = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
  digitalWrite(S1, HIGH);

  // Menghitung konsentrasi warna Kuning
  kuning = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);

  if (merah < biru && merah < hijau && merah < 150) warna = "Merah";
  else if (biru < merah && biru < hijau && biru < 150) warna = "Biru";
  else if (hijau < merah && hijau < biru && hijau < 150) warna = "Hijau";
  else warna = "_ _ ";

  //Jika Merah maka;
  // if(merah < biru && merah < hijau && merah < 100) Serial.println("Merah");
  // else if(biru < merah && biru < hijau && biru < 100) Serial.println("Biru");
  // else if(hijau < merah && hijau < biru && hijau < 100) Serial.println("Hijau");
  // else Serial.println("_ _");

  // Serial.print("Merah = ") ; Serial.print(merah, DEC);
  // Serial.print(" Hijau = ") ; Serial.print(hijau, DEC);
  // Serial.print(" Biru = ") ; Serial.print(biru, DEC);
  // Serial.print(" Kuning = "); Serial.println(kuning, DEC);
  return warna;
}

```

```

float ukurTegangan(int pin)
{
  unsigned long nilaiAdc = 0;
  for (int sample = 0; sample < 10; sample++)
  {
    nilaiAdc = nilaiAdc + analogRead(pin);
  }
  float nilaiRata
  = nilaiAdc /9.3;
  float teganganResistor = ((nilaiRata * 5.0) / 1024.0) - 0.24;
  float teganganBatere = teganganResistor * 3.0;
  if(teganganBatere < 0) teganganBatere = 0;
  return teganganBatere;
}

```

PROGRAM SERVO

```

void lenganServo()
{
  servoBergerak (0, 5); //1
  delay(100);
  servoBergerak (5, 10); //2
  delay(100);
  servoBergerak (10, 15); //3
  delay(500);
  servoBergerak (15, 20); //4
  delay(500);
  servoBergerak (20, 25); //5
  delay(1000);
  servoBergerak (25, 30); //6
  delay(500);
  servoBergerak (30, 35); //7
  delay(500);
  servoBergerak (35, 40); //8
  delay(1000);
  servoBergerak (40, 45); //9
  delay(1500);
  servoBergerak (45, 50); //10
  delay(500);
  servoBergerak (50, 55); //11
  delay(500);
  servoBergerak (55, 60); //12
  delay(1000);
  servoBergerak (60, 65); //13
  delay(500);
}

```

```

servoBergerak (65, 70); //14
delay(500);
servoBergerak (70, 75); //15
delay(500);

}

void servoBergerak(int awal, int akhir)
{
  int portServo = 0;
  while (awal < akhir)
  {
    pwm.setPWM(portServo, 0, posisiServo[awal]);
    awal += 1;
    portServo += 1;
  }
}

void baksampah ()
{
  for (int pulselen = servobakmin; pulselen <= servobakmax; pulselen++) {
    pwm.setPWM(5, 0, pulselen);
    delay (10);
  }
  delay(1000);

  for (int pulselen = servopinbakmax; pulselen >= servopinbakmin; pulselen--) {
    pwm.setPWM(6, 0, pulselen);
    delayMicroseconds (500);
  }
  delay (2000);

  for (int pulselen = servopinbakmin; pulselen <= servopinbakmax; pulselen++) {
    pwm.setPWM(6, 0, pulselen);
    delayMicroseconds (500);
  }
  delay(1000);

  for (int pulselen = servobakmax; pulselen >= servobakmin; pulselen--) {
    pwm.setPWM(5, 0, pulselen);
    delay (10);
  }
}

```

RIWAYAT HIDUP



Aziz Akbar Guntama, Lahir di Bogor pada tanggal 19 Juni 1994 dari pasangan Bapak Jumanta Ahmad dan Ibu Mariam sebagai anak pertama dari tiga bersaudara . Memiliki nama panggilan Aziz. Bertempat tinggal di Kp. Cibeureum Tengah RT 01/01 No. 63 Kec. Dramaga Bogor. Penulis menyelesaikan pendidikan formal dimulai dari

Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Marga Jaya 1 pada tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan ke Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 14 Jakarta pada tahun 2006 dan lulus pada tahun 2009. Penulis meneruskan ke Pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2012. Setelah Tamat SMA penulis melanjutkan pendidikan ke Universitas Negeri Jakarta diterima setelah melaksanakan Ujian SNMPTN pada tahun 2012 untuk Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.