



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 145561**

**SISTEM PENGAMAN KURSI RODA ELEKTRIK DARI  
BENTURAN MELALUI EVALUASI SENSOR JARAK**

Darul Muslimin  
NRP 2214030084

Dosen Pembimbing  
Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT.  
Yunafi'atul Aniroh, ST., M.Sc.

PROGRAM STUDI KOMPUTER KONTROL  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 145561**

***ELECTRICAL WHEELCHAIR SAFETY SYSTEM FROM  
COLLISION THROUGH RANGE SENSOR EVALUATION***

Darul Muslimin  
NRP 2214030084

*Advisor*

Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT.  
Yunafi'atul Aniroh, ST., M.Sc.

***COMPUTER CONTROL PROGRAM STUDY  
Department Of Electrical Engineering Automation  
Fakulty of Vocational  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017***

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

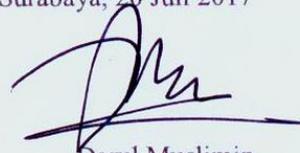
## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan melalui evaluasi Sensor Jarak**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juli 2017



Darul Muslimin  
NRP 2214030084

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**SISTEM PENGAMAN KURSI RODA ELEKTRIK DARI  
BENTURAN MELALUI EVALUASI SENSOR JARAK**

**TUGAS AKHIR**

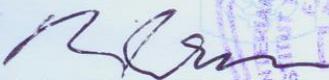
Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada

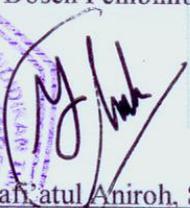
Program Studi Komputer Kontrol  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT.  
NIP. 195704241985021001

  
Yunafiatul Aniroh, ST., M.Sc.  
NIP. 2200201405001

**SURABAYA,  
JULI, 2017**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# **SISTEM PENGAMAN KURSI RODA ELEKTRIK DARI BENTURAN MELALUI EVALUASI SENSOR JARAK**

**Nama** : Darul Muslimin  
**Pembimbing** : Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT.  
Yunafi'atul Aniroh, ST., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Penelitian tentang pengendalian kursi roda elektrik dengan sensor *electromyograph* (EMG) dapat membantu penyandang cacat, karena kursi roda elektrik tersebut mampu bergerak ke arah yang diinginkan hanya dengan menggerakkan otot tertentu. Namun hal tersebut terdapat kelemahan bagi penyandang cacat yang memiliki kekuatan fisik lemah yaitu memiliki respon yang lambat jika dibandingkan dengan orang normal, sehingga kemungkinan orang tersebut tidak dapat mengendalikan kursi rodanya dengan baik yang berakibat kursi roda berpotensi membentur objek disekitarnya. Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat sistem pengaman kursi roda elektrik berbasis sensor jarak dengan kendali sensor EMG. Penggunaan sensor jarak bertujuan agar ketika pengguna lajai kursi roda elektrik dapat terkendali sebelum menabrak objek disekitarnya.

Sensor jarak yang digunakan adalah sensor ultrasonik, sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan terpantul kembali ketika gelombang tersebut membentur suatu objek. Terdapat 6 buah sensor yang terpasang di sekeliling kursi roda. Jika sensor mendeteksi objek yang berjarak kurang dari 50 cm, maka mikrokontroler akan menghentikan kursi roda pada jarak aman. Pada pengujian sistem pengaman kursi roda yang dilakukan telah didapatkan jarak aman antara objek dengan sensor depan dan belakang adalah 40 cm, serta kanan dan kiri adalah 30 cm.

**Kata Kunci:** Kursi roda elektrik, Sistem Pengaman, Sensor Jarak

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## ***ELECTRICAL WHEELCHAIR SAFETY SYSTEM FROM COLLISION THROUGH RANGE SENSOR EVALUATION***

**Name** : Darul Muslimin  
**Advisor** : Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT.  
Yunafi'atul Aniroh, ST., M.Sc.

### ***ABSTRACT***

*Research on the control of electric wheelchairs with Electromyography (EMG) sensors is able to help people with disabilities, because the electric wheelchair is able to move in the desired direction just by moving the specific muscles. But there are weaknesses for people with disabilities who have weak physical strength. People with weak physical strength have a slow response when compared with normal people, so it is possible that the person can not control the wheelchair spontaneously which result in a wheelchair hitting the object arround it. In this Final Task will be made an electric wheelchair safety system based range sensor with EMG control. The use of range sensor aiming when the user was careless the electrical wheel chair is under control before hitting the object arround it.*

*The range sensor which used is an ultrasonic sensor, this sensor works by reflecting an ultrasonic wave and reflected back when that wave hitting an object. There are 6 sensors mounted around the wheelchair. If the sensor detects an object less than 50 cm away, then the microcontroller will stop the wheelchair in the safe range. In the electrical wheelchair safety system tests conducted have been obtained the safe distance of the wheelchair with the front and rear sensor is 40 cm, also right and left sensor 30 cm.*

***Keyword:*** *Electrical Wheelchair, Safety system, Range sensor*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “**SISTEM PENGAMAN KURSI RODA ELEKTRIK DARI BENTURAN MELALUI EVALUASI SENSOR JARAK**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan Diploma 3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan oleh penulis berkat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Doyo dan Ibu Kati selaku orang tua penulis yang telah mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis, Bapak Ir. Rusdhianto Effendi AK., MT. dan Ibu Yunafi'atul Aniroh, ST., M.Sc. selaku pembimbing I dan II atas bimbingan dan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Dosen Departemen Teknik Elektro Otomasi yang telah membagi ilmunya, serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 2 juni 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	4
1.7 Relevansi.....	5
<b>BAB II TEORI DASAR .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Sensor Jarak .....	7
2.3 Mikrokontroler Arduino .....	9
2.4 Driver Motor BTS 7960 .....	11
2.5 Modul Wireless nRF24L01 .....	11
2.6 Motor DC MY1025.....	13
2.7 Baterai (Accu).....	14
2.8 Mekanik Kursi Roda Elektrik .....	14
2.9 Spesifikasi Kursi Roda Elektrik .....	16
<b>BAB III PERANCANGAN ALAT .....</b>	<b>19</b>
3.1 Blok Fungsional Sistem .....	19
3.2 Rancangan Kursi Roda Elektrik .....	21
3.3 Perancangan Elektrik .....	24
3.4 Perancangan Program.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Cara Kerja Alat .....	37
4.2 Hasil rancangan wiring .....	38
4.3 Pengujian Sensor Jarak .....	41
4.4 Pengujian moving average sensor jarak.....	48
4.5 Pengujian Komunikasi Wireless .....	50
4.6 Pengujian Sensor Jarak sebagai Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik .....	51
BAB V KESIMPULAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN.....	63
A.1 Filter HC-SR04 R .....	63
A.2 Filter HC-SR04 L .....	64
A.3 Filter LV-MaxSonar EZ1 FR.....	66
A.4 Filter LV-MaxSonar EZ1 FL.....	68
A.5 Filter LV-MaxSonar EZ1 BR .....	70
A.6 Filter LV-MaxSonar EZ1 BL.....	72
A.7 Listing Program Transmitter.....	74
A.8 Listing Program Receiver .....	74
A.9 Datasheet .....	84
RIWAYAT HIDUP .....	87

## DAFTAR GAMBAR

### HALAMAN

Gambar 2.1	Sensor HC-SR04 .....	8
Gambar 2.2	Cara kerja sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	8
Gambar 2.3	Sensor Ultrasonik LV-MaxSonar EZ1 .....	9
Gambar 2.4	Arduino Mega 2560.....	10
Gambar 2.5	Arduino Uno R3 .....	10
Gambar 2.6	Driver motor BTS7960.....	11
Gambar 2.7	Konfigurasi pin driver motor BTS 7960.....	12
Gambar 2.8	Modul Radio nRF24L01.....	12
Gambar 2.9	Motor DC MY1025 .....	13
Gambar 2.10	Aki Yuasa 12 V, 17.2 Ah .....	14
Gambar 2.11	Perancangan Gear pada Kursi Roda .....	15
Gambar 3. 1	Diagram Blok Fungsional Sistem.....	19
Gambar 3. 2	Desain penempatan sensor jarak.....	21
Gambar 3. 3	Desain kursi roda tampak samping.....	22
Gambar 3. 4	Desain kursi roda tampak belakang.....	22
Gambar 3. 5	Dimensi kursi roda .....	23
Gambar 3. 6	Perancangan Wiring driver motor .....	24
Gambar 3. 7	Perancangan Wiring sensor jarak dengan Arduino Mega 2560.....	25
Gambar 3. 8	Perancangan Wiring Arduino dengan modul radio nRF24L01.....	25
Gambar 3. 9	flowchart program filter sensor .....	27
Gambar 3. 10	Sensor yang digunakan pada saat kursi roda maju .....	29
Gambar 3. 11	Sensor yang digunakan pada saat kursi roda mundur .....	29
Gambar 3. 12	Sensor yang dipakai saat kursi roda (a) belok kiri, (b) belok kanan.....	30
Gambar 3. 13	Flowchart sistem pengaman maju .....	32
Gambar 3. 14	Flowchart sistem pengaman mundur .....	33
Gambar 3. 15	Flowchart sistem pengaman belok.....	34
Gambar 3. 16	flowchart program pembaca sinyal kursi roda.....	35
Gambar 3. 17	flowchart program kontrol kursi roda.....	36

Gambar 4. 1	Wiring driver motor .....	38
Gambar 4. 2	Wiring sensor jarak .....	39
Gambar 4. 3	Wiring modul radio nRF24L01 .....	40
Gambar 4. 4	Output Sensor HC-SR04 .....	41
Gambar 4. 5	Grafik linierisasi sensor HC-SR04 L.....	43
Gambar 4. 6	Grafik linierisasi sensor HC-SR04 R .....	43
Gambar 4. 7	Output Sensor LV-MaxSonar EZ1 .....	44
Gambar 4. 8	Grafik linierisasi sensor FL .....	45
Gambar 4. 9	Grafik linierisasi sensor FL < 50 cm .....	46
Gambar 4. 10	Grafik linierisasi sensor FR.....	47
Gambar 4. 11	Grafik linierisasi sensor BL.....	47
Gambar 4. 12	Grafik linierisasi sensor BR .....	48
Gambar 4. 13	Grafik Filter Sensor HC-SR04 .....	49
Gambar 4. 14	Grafik filter sensor LV-MaxSonar EZ1 .....	50

## DAFTAR TABEL

## HALAMAN

Tabel 2.1	Spesifikasi umum dan torsi kursi roda .....	15
Tabel 2.2	Spesifikasi gear kursi roda .....	16
Tabel 2.3	Torsi motor berdasarkan PWM .....	18
Tabel 3.1	Kondisi sistem pengaman saat maju.....	28
Tabel 3.2	Representasi gerakan kedalam bentuk data sinyal.....	31
Tabel 4. 1	Pengukuran sensor HC-SR04 .....	42
Tabel 4. 2	Pengukuran sensor LV-MaxSonar EZ1 .....	44
Tabel 4. 3	Pengukuran sensor LV-MaxSonar EZ1 FL <50 cm .....	45
Tabel 4. 4	Pengujian komunikasi wireless .....	51
Tabel 4. 5	Pengujian Sistem pengaman Maju .....	52
Tabel 4. 6	Pengujian obstacle avoidance .....	53
Tabel 4. 7	Pengujian Sistem pengaman Mundur .....	54
Tabel 4. 8	Pengujian Sistem pengaman Kanan .....	55
Tabel 4. 9	Pengujian Sistem pengaman Kiri .....	56

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia, pada tahun 2012 tercatat jumlah penyandang disabilitas atau difabel mencapai 4,45 persen dari 237 juta jiwa. Di antara penyandang disabilitas tersebut, 10,26% di antaranya mengalami keterbatasan berjalan yang mana harus menggunakan kursi roda untuk alat bantu berjalan. Karena keterbatasan fisiknya, mayoritas penyandang difabel merasa tidak percaya diri jika bersosialisasi dengan masyarakat.

Model kursi roda konvensional adalah pilihan utama pemakai kursi roda di Kota Surabaya. Hampir 90% dari responden (pemakai kursi roda) memakai kursi roda konvensional atau kursi roda standar. Penggunaan kursi roda konvensional masih menggunakan daya dorong dari pengguna tersebut. Hal ini kurang efektif bagi penyandang disabilitas dalam menggerakkan kursi roda karena membutuhkan tenaga yang cukup besar untuk mengayuh, sehingga dibuat kursi roda dengan penggerak elektrik.

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian tentang pembuatan kursi roda elektrik dilakukan. Pada penelitian [1] telah dibuat kursi roda menggunakan kontrol gerakan *joystick*. Kursi roda ini menggunakan mikrokontroler Arduino Duemilanove Atmega 328. Secara teknis, pengoperasian kursi roda ini menggunakan tuas berupa *joystick* untuk dapat bergerak maju, mengubah arah atau berbelok kanan kiri, dan berhenti atau mengerem jalannya kursi roda.

Umumnya penyandang disabilitas masih mengalami kesulitan dalam mengendalikan kursi roda elektrik terutama pada lansia, baik itu menggunakan *joystick* maupun dengan metode lain. Seperti halnya jika terdapat beberapa objek yang menghalangi kursi roda maka penyandang atau pengguna kursi roda akan kesulitan untuk mengendalikan arah kursi roda, terutama jika objek berada pada *blind spot area*. Apalagi jika objek tersebut bergerak, maka potensi akan terjadinya kecelakaan sangat tinggi. Untuk itu dibuatlah sistem pengaman dari benturan pada kursi roda elektrik.

Penelitian [2] tentang kursi roda cerdas yang dapat menghindari rintangan. Sensor yang digunakan berupa 8 sensor jarak dan kamera, sehingga kursi roda ini membutuhkan biaya yang mahal. Kemudian pada penelitian [3] telah dilakukan studi tentang kursi roda elektrik pada

kondisi yang sama dengan sensor HC-SR04. Pada penerapannya kursi roda dapat terhindar dari kecelakaan selama halangan dapat terdeteksi oleh sensor yang jarak jangkauannya hanya kurang dari 2 meter.

Pada Tugas Akhiri ini akan dibuat Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan berbasis Sensor Jarak yang dilengkapi dengan sensor EMG untuk pengendalian menggunakan otot. Penggunaan sensor jarak ditujukan agar kursi roda elektrik dapat diamankan dari objek yang berpotensi membentur kursi roda hingga jarak 6.5 meter. Terdapat 6 buah sensor yang terpasang di depan, belakang, dan samping kursi roda.

Sensor jarak yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04 dan LV-Max Sonar EZ1. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan gelombang ultrasonik sehingga dapat digunakan untuk merepresentasikan jarak sensor dengan suatu objek.

## **1.2 Permasalahan**

Pada pengendalian kursi roda elektrik, pengguna kursi roda harus sigap untuk dapat mengendalikan kursi roda ketika akan terjadi benturan. Padahal rata-rata penyandang disabilitas memiliki keterbatasan untuk mengendalikan kursi roda secara seponatan. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini dibuat Sistem pengaman kursi roda elektrik dari benturan menggunakan Sensor jarak, sehingga kursi roda tidak akan menabrak benda karena kelalaian pengguna untuk mengendalikannya.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam pembuatan alat pada Tugas Akhir ini batasan masalah ada pada:

1. Sensor jarak yang digunakan adalah Ultrasonik HC-SR04 dan LV-Max Sonar EZ1.
2. Sensor hanya dapat mendeteksi objek berupa bidang datar dan objek yang tidak bergerak.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino Mega 2560 dan arduino Due R3.
4. Motor yang digunakan yaitu Motor DC tipe MY1025.
5. Komunikasi antar mikrokontroler menggunakan modul radio nRF24L01.
6. *Driver* motor yang digunakan yaitu *driver* motor BTS 7960.
7. Baterai yang digunakan yaitu aki dengan kapasitas 12V - 17,2 Ah.
8. Kursi roda dapat berjalan dengan kemiringan maksimal 15 derajat.

9. Kursi roda elektrik hanya digunakan oleh penderita disabilitas dan penderita cacat pada jari tangan.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah Menghasilkan sistem pengaman kursi roda elektrik dari benturan berbasis sensor jarak. Dengan adanya sensor jarak tersebut, ketika pengguna lalai mengendalikannya maka kursi roda tersebut akan berhenti sebelum menabrak halangan pada jarak aman.

#### **1.5 Metodologi Penelitian**

Dalam pelaksanaan tugas akhir yang berupa sistem pengaman kursi roda elektrik dari benturan melalui evaluasi sensor jarak, ada beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut:

##### **1.5.1 Tahap Persiapan**

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur mengenai Sensor Jarak, *driver* motor, dan komunikasi data.

##### **1.5.2 Tahap identifikasi dan pemodelan sistem**

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi dari sistem alat sesuai data yang telah didapatkan dari studi literatur serta dilakukan pemodelan dari alat yang akan dikerjakan.

##### **1.5.3 Tahap perancangan**

Pada tahap kedua ini akan dilakukan perancangan dan pemodelan kursi roda tersebut. Pada tahap ini, digunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi adanya objek disekitar kursi roda tersebut. Sinyal kontrol didapat dari operator (manusia) melalui *input* pada *keyboard* komputer berupa angka tertentu untuk dikirim ke mikrokontroler di kursi roda melalui modul radio. Mikrokontroler pada kursi roda akan memerintah *driver* motor untuk menggerakkan motor sesuai sinyal yang didapat dari modul radio. Sensor ultrasonik akan mengambil alih pengendalian jika pengguna tidak melakukan tindakan ketika alat tersebut akan menabrak sesuatu.

Setelah mendapat teori dasar yang mendasari pembuatan Tugas Akhir ini, baru dilakukan perancangan alat Tugas Akhir ini. Perencanaan dilakukan agar alat yang dibuat sesuai dengan teori dasar yang dimiliki dengan menerapkan ke dalam praktik bertujuan untuk alat yang dibuat

memiliki hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Perancangan yang dilakukan terdiri dari perancangan hardware yang meliputi perancangan rangkaian elektronika dan perancangan software.

#### **1.5.4 Tahap pembuatan alat**

Perancangan hardware yang dilakukan dengan merancang rangkaian-rangkaian elektronika. Komponen-komponen elektronika yang dibuat atau digunakan meliputi:

1. Konfigurasi Arduino
2. Wiring sensor ultrasonik

#### **1.5.5 Tahap pengujian dan Analisa**

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian alat, menganalisa kesalahan atau kegagalan pada alat dan mengatasi permasalahan tersebut. Pada tahap ini, menganalisa faktor apa saja yang menyebabkan alat tidak bekerja sesuai dengan keinginan atau terjadi eror. Tahapan ini dilakukan berdasarkan urutan di bawah ini:

1. Linierisasi Sensor Ultrasonik
2. Pengujian kontrol gerak kursi roda dengan halangan

#### **1.5.6 Tahap penyusunan laporan**

Setelah alat berhasil dibuat dan berkerja dengan baik tanpa adanya error, pengambilan data dan analisa data terpenuhi, maka tahap selanjutnya yaitu penyusunan laporan untuk buku Tugas Akhir. Diharapkan buku Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua orang, dan dapat dijadikan pedoman dalam melanjutkan dan mengembangkan ide Tugas Akhir ini.

### **1.6 Sistematika Laporan**

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi Tugas Akhir yang dibuat.

## **BAB II TEORI DASAR**

Menjelaskan teori yang berisi teori-teori dasar yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

## **BAB III PERANCANGAN ALAT**

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perencanaan dan pembuatan hardware yang meliputi desain elektronika dan perancangan software yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

## **BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA**

Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

## **BAB V PENUTUP**

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

### **1.7 Relevansi**

Dari pembuatan alat ini diharapkan akan tercipta beberapa manfaat yaitu:

1. Dengan dibuatnya alat ini maka dapat mempermudah penderita disabilitas dalam menjalankan kegiatannya sehari-hari.
2. Dengan adanya sistem pengaman benturan pada kursi roda elektrik melalui evaluasi sensor jarak yang dapat dikontrol dengan metode *electromyography* dapat dijadikan sebagai acuan dalam mengembangkan teknologi dalam bidang ilmu elektronika dan telekomunikasi serta biomedika.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

Beberapa teori penunjang yang dipaparkan dalam buku Tugas Akhir ini adalah teori dasar mengenai sensor jarak, kursi roda elektrik, nRF24L01, dan *driver* motor.

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Sejauh ini sudah banyak dilakukan penelitian mengenai sistem pengaman kursi roda elektrik dari benturan. Metode yang digunakan pada sistem pengaman juga semakin berkembang. Dari sistem pengaman dengan sensor jarak hingga dengan menggunakan kamera.

Yeounggwang Ji dkk pada tahun 2013 telah melakukan penelitian tentang kursi roda cerdas yang dapat menghindari rintangan pada kondisi sadar. sensor yang digunakan berupa 8 sensor jarak dan kamera [2]. Kemudian pada tahun 2016 Taizo Miyachi dkk juga telah melakukan studi tentang kursi roda elektrik pada kondisi yang sama dengan sensor HC-SR04. Pada penerapannya kursi roda dapat terhindar dari kecelakaan selama halangan dapat terdeteksi oleh sensor yang jarak jangkauannya hanya kurang dari 2 meter [3].

Pada Tugas Akhir ini akan dibuat Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan menggunakan Sensor Jarak. Teori dasar yang digunakan seperti pada [2], dimana nantinya kontrol kursi roda akan dikendalikan secara maju/mundur dan kanan/kiri. Serta menggunakan 6 sensor jarak sebagai pendeteksi objek untuk sistem pengamannya.

#### **2.2 Sensor Jarak**

Sensor jarak merupakan sensor yang dapat mendeteksi jarak antara sensor dengan objek. Saat ini ada berbagai macam jenis dan tipe sensor jarak tersedia di pasaran, salah satunya adalah sensor ultrasonik. Pada sub bab ini akan dibahas mengenai sensor jarak jenis ultrasonik HC-SR04 dan LV-MaxSonar EZ.

##### **2.2.1 Sensor Ultrasonik HC-SR04 [14]**

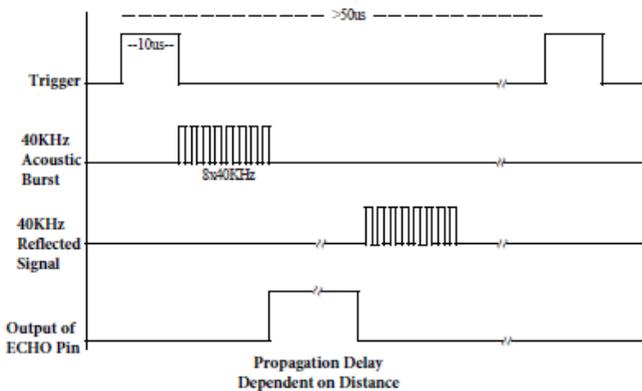
Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor pengukur jarak yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi objek. Prinsip kerja sensor ini mirip dengan radar pada kelelawar, dimana gelombang

ultrasonik dipancarkan oleh *transmitter* hingga mengenai suatu objek, ketika gelombang tersebut mengenai suatu objek kemudian gelombang akan dipantulkan dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Waktu antara sensor memancarkan gelombang dengan sensor menerima gelombang adalah representasi jarak antara sensor dengan objek. Bentuk fisik dari sensor HC-SR04 terlihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Sensor HC-SR04

Agar dapat bekerja, sensor ini membutuhkan input PWM dengan minimum  $10\mu\text{s}$  untuk dapat memancarkan gelombang ultrasonik. Setelah input PWM  $10\mu\text{s}$  tersebut diterima oleh pin Trigger, sensor akan mengirimkan gelombang ultrasonik 40KHz (kecepatan suara di udara  $340\text{m/s}$ ) hingga mengenai objek. Waktu dari gelombang ultrasonik dipancarkan hingga diterima kembali adalah representasi jarak yang terukur. Untuk pengukuran terbaik objek harus lebih besar dari  $0,5\text{ m}^2$ . Cara kerja sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Cara kerja sensor Ultrasonik HC-SR04

### 2.2.2 Sensor Ultrasonik LV-MaxSonar EZ [13]

Sensor LV-MaxSonar EZ adalah sensor jarak buatan maxbotix. Sensor ini memiliki kelebihan dibandingkan HC-SR04 yaitu memiliki tiga tipe *output* yang dapat digunakan, *output* tersebut berupa Pulsa, Analog, dan serial (*RX-TX*). Selain itu sensor ini juga memiliki range yang lebih lebar (0 cm hingga 650 cm) dan sudut bervariasi. Tidak seperti HC-SR04 sensor ini hanya memerlukan tegangan input 3,3-5,5 V untuk dapat bekerja. Bentuk fisik dari sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



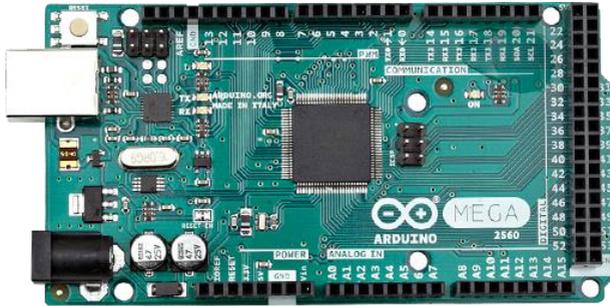
**Gambar 2.3** Sensor Ultrasonik LV-MaxSonar EZ

### 2.3 Mikrokontroler Arduino [4]

Dalam buku “*Getting started with arduino*” Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisik yang *open source* pada *board input output* sederhana. Yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik di sini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi yang ada di dunia nyata.

#### 2.3.1 Arduino Mega2560

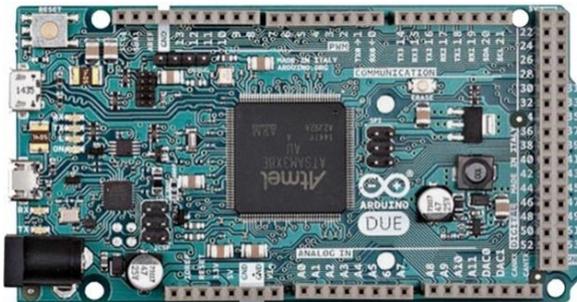
Arduino mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 2560. Mikrokontroler ATmega 2560 mempunyai 54 pin digital *input/output* (14 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UARTs (*hardware serial port*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Bentuk fisik dari ATmega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Arduino Mega 2560

### 2.3.2 Arduino Due

Arduino due adalah board mikrokontroler yang berbasis CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 yang mana ia adalah mikrokontroler pertama yang berbasis ARM 32-bit. Arduino due memiliki 54 pin digital *input/output* (12 diantaranya digunakan sebagai PWM), 12 analog *input*, 4 UARTs (*port serial*), *clock* 84 MHz, 2 DAC (*digital to analog*), SPI *header*, *power jack*, JTAG *header*, tombol *reset* dan *erase*. Tidak seperti board arduino lainnya, arduino due beroperasi pada tegangan 3,3v. Tegangan pin I/O maksimal yang dapat ditolerensi adalah 3,3v sehingga jika memberikan tegangan lebih dari 3,3v ke I/O dapat merusak board. Bentuk fisik dari arduino Due ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Arduino Due

## 2.4 *Driver Motor* BTS 7960 [9]

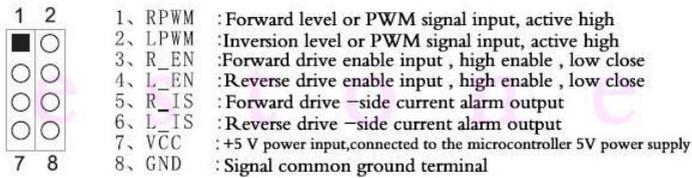


**Gambar 2.6** *Driver* motor BTS7960

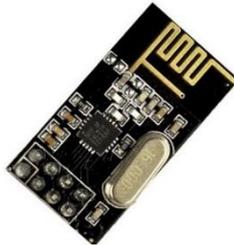
*Driver* motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi kontrol kecepatan motor dengan menggunakan PWM hingga 25 kHz. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27V DC, sedangkan tegangan *input* level antara 3.3V-5V. *Driver* motor ini menggunakan rangkaian *full H-bridge* dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. *Driver module* ini sangat mudah di *interface*-kan menggunakan mikrokontroler ataupun Arduino. Dalam penggunaannya *driver module* ini memiliki pin 5V dan GND yang dihubungkan dengan pin 5V dan GND pada Arduino. Dan untuk pin R\_EN dan L\_EN tidak akan dihubungkan pada Arduino. Bentuk fisik dari rangkaian IBT\_2 *H-Bridge* ditunjukkan pada Gambar 2.6. Pin konfigurasi dari penggunaan *driver* 43A *H-Bridge* ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.

## 2.5 *Modul Wireless* nRF24L01 [10]

Modul *Wireless* nRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini adalah 5V DC. nRF24L01 memiliki *baseband logic Enhanced Shock Burst™ hardware protocol accelerator* yang *support “high-speed SPI interface for the application controller”*. nRF24L01 memiliki *true ULP solution*, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan perifer PC, piranti permainan, piranti *fitness* dan olahraga dan alat lainnya. Bentuk fisik dari modul nRF24L01 terlihat seperti pada gambar 2.8.



**Gambar 2.7** Konfigurasi pin *driver* motor BTS 7960



**Gambar 2.8** Modul Radio nRF24L01

Modul ini memiliki 8 buah pin, diantaranya: VCC (3.3V DC), GND, CE, CSN, MOSI, MISO, SCK dan IRQ. Berikut adalah beberapa fitur dari Modul *Wireless* RF nRF24L01 yaitu dapat beroperasi pada pada pita ISM 2.4 GHz, data *rate* hingga 2Mbps, *ultra low power*, penanganan paket data otomatis dan penanganan transaksi paket otomatis.

1. Pin CE nRF24L01  
Pin CE adalah pin RX/TX pada nRF24L01. Pin ini selalu sebagai *input* dengan suatu respek pada nRF. Apabila nRF tersebut berfungsi sebagai *receiver*, pin CE ini akan terus dalam posisi *high* baik dalam keadaan menerima data ataupun tidak. Apabila nRF tersebut berfungsi sebagai *receiver*, pin CE akan terus dalam posisi *low* sampai Arduino memerintahkan untuk mengirimkan data. Apabila data sudah terkirim dan nRF tidak sedang melakukan pengiriman data, nRF tersebut akan kembali *low*.
2. Pin CSN nRF24L01  
Pin CSN adalah pin untuk mengatur data dan aktif apabila sedang melakukan pengiriman data dari SPI *command* atau mendapat data dari SPI *command*. Pengaturan pin terletak pada *library* SPI.
3. Pin MOSI nRF24L01  
MOSI adalah kepanjangan dari *master out, slave in*. Dalam hal ini maksudnya adalah yang bertindak sebagai *master* adalah Arduino

dan *slave*-nya adalah nRF. Hal ini dikarenakan nRF24L01 tidak akan mengirim data tanpa ada permintaan dari mikrokontroler. Jadi pin ini untuk mengirimkan data pada nRF dari mikrokontroler.

4. Pin MISO nRF24L01

MISO adalah kepanjangan dari *master in, slave out*. MISO berfungsi sebagai pengirim dari nRF ke mikrokontroler. SPI adalah *full duplex*, itu artinya dapat mengirimkan data pada saat bersamaan.

5. Pin SCK nRF24L01

Pin SCK berfungsi sebagai *serial clock* dari nRF24L01.

6. Pin GND nRF24L01

7. Pin VCC nRF24L01

VCC pada nRF24L01 diberi tegangan 3,3 Volt pada Arduino dan tidak boleh diberikan tegangan 5 Volt pada Arduino. nRF24L01 bekerja pada tegangan berkisar antara 1,9 V – 3,6 V.

## 2.6 Motor DC MY1025 [15]

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutubkutub magnet permanen.

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.



**Gambar 2.9** Motor DC MY1025

Pada Tugas Akhir ini akan menggunakan motor MY1025 yang memiliki karakteristik yakni torsi motor sebesar 9,6 Nm, tegangan dan arus maksimum sebesar 24 VDC dan 14 A, serta kecepatan motor sebesar 2570 rpm. MY1025 Memiliki berat sebesar 2 kg, dengan diameter 10 cm x tebal 8 cm, Gambar 2.9 merupakan motor DC yang akan digunakan pada kursi roda ini.

## 2.7 Baterai (*Accu*) [16]

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Proses elektrokimia *reversibel*, proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Baterai dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Pada Gambar 2.10 ditunjukkan konstruksi baterai (aki).

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt yang jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 A.



**Gambar 2.10** Aki Yuasa 12 V, 17.2 Ah

## 2.8 Mekanik Kursi Roda Elektrik [12]

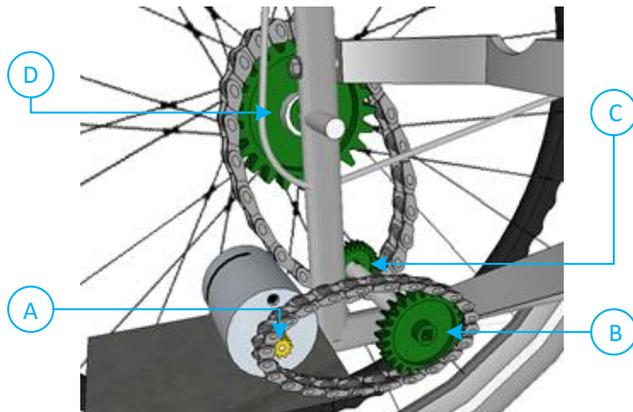
Kursi roda ini menggunakan *gear* rasio atau perbandingan jumlah mata gigi seperti tabel 2.1. Penggunaan *gear* rasio berfungsi untuk

merubah kecepatan dan tenaga putar dari mesin ke roda, sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan kendaraan.

**Tabel 2.1** Spesifikasi gear kursi roda

<i>Gear A</i>	11 mata gigi
<i>Gear B</i>	72 mata gigi
<i>Gear C</i>	12 mata gigi
<i>Gear D</i>	45 mata gigi
Rasio Gear	24,55
Rasio Roda	14,36

Pada mekanik ini menggunakan kombinasi 4 *gear* untuk mengatur percepatan kursi roda. Konstruksi *gear* yang digunakan pada kursi roda ini ditunjukkan pada gambar 2.11. Dimana *gear A* merupakan *gear* yang dimiliki oleh motor DC. *Gear B* merupakan *gear* yang dikopel dengan *gear A* dan memiliki 72 mata gigi. *Gear C* merupakan *gear* yang dikopel oleh *gear B*. *Gear D* merupakan *gear* motor yang berfungsi untuk memutar roda besar dari kursi roda. Dengan rasio *gear* 1:24,55 maka torsi yang dibutuhkan untuk tiap motor DC dalam menggerakkan kursi roda adalah 5,6 Nm.



**Gambar 2.11** Perancangan Gear pada Kursi Roda

## 2.9 Spesifikasi Kursi Roda Elektrik [12]

Kursi roda yang digunakan pada tugas akhir ini memiliki spesifikasi tertentu. Spesifikasi umum dan torsi pada kursi roda ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Spesifikasi umum dan torsi kursi roda

Berat kursi roda	40 kg
Berat maksimum pengguna	100 kg
Kemiringan maksimum	15°
Kecepatan maksimum	10 km/jam
Akselerasi 0 ke 10 km/jam	12s
Gaya gravitasi (g)	9,8 m/s <sup>2</sup>
Koefisien Gesekan aspal	0,022
Koefisien Bahan roda (plastik)	0,4
<i>Gross vehicle weight</i>	1372 N
<i>Rolling resistance</i>	30,18 N
<i>Grade resistance</i>	355,1 N
<i>Acceleration force</i>	32,41 N
<i>Total tractive efforts</i>	417,69 N
<i>Wheel Motor Torque</i>	275,68 Nm
<i>Maximum Tractive Force</i>	329,28 Nm
<i>Reality Check</i>	137,84 Nm

1. *Gross vehicle weight*

*Gross vehicle weight* merupakan berat total kendaraan ditambah berat muatan dalam satuan Newton.

2. *Rolling resistance*

*Rolling resistance* merupakan gaya yang dibutuhkan untuk roda bergerak pada suatu permukaan tertentu.

3. *Grade resistance*

*Grade resistance* merupakan gaya yang dibutuhkan kursi roda untuk tetap berjalan di kondisi jalanan yang miring atau menanjak dengan sudut kemiringan jalan, pada kondisi spesifikasi ini kemiringan maksimum adalah 15 derajat.

4. *Acceleration force*

*Acceleration force* merupakan torsi yang dibutuhkan agar kursi roda dapat mencapai kecepatan tertentu dalam waktu tertentu. Pada kondisi ini yaitu target kecepatan maksimum 10 km/jam dengan jangka waktu 12 detik dari keadaan diam.

5. *Total tractive efforts*

*Total tractive efforts* ini merupakan kondisi terburuk pada saat semua spesifikasi di atas terpenuhi. Sehingga semua gaya yang dibutuhkan untuk masing-masing spesifikasi dijumlahkan menjadi 1 gaya total yang dibutuhkan. Pada kasus ini yaitu kondisi jalanan menanjak pada sudut 15 derajat di jalanan beraspal dengan kecepatan maksimum 10 km/jam dan dengan waktu 12 detik untuk mencapai kecepatan maksimum.

6. *Wheel Motor Torque*

*Torque wheel* adalah torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda. Setelah diketahui gaya yang dibutuhkan, seperti yang sudah diketahui, torsi total dapat diperoleh dari perkalian gaya dengan  $r$  atau jarak tempuh. Dalam perhitungannya dibutuhkan nilai  $R_f$  dan  $R_{wheel}$ .  $R_f$  adalah total kondisi torsi motor dengan nilai 10 % torsi. Namun pada perhitungannya nilai  $R_f$  diasumsikan menjadi 11% yang merupakan penambahan 1 % karena ada kondisi hilangnya torsi karena pemakaian *gear*, *belt*, dan *shaft* yang digunakan. Sedangkan  $R_{wheel}$  adalah diameter kursi roda. Torsi total ini tidak terpengaruh oleh banyaknya roda yang digunakan. Torsi total ini akan memiliki nilai tetap berapapun jumlah roda yang digunakan.

7. *Maximum Tractive Force*

*Maximum tractive force* adalah torsi maksimum yang dapat diaplikasikan pada kursi roda agar ban tidak selip. Nilai torsi total ini harus lebih besar dari torsi yang dibutuhkan untuk memenuhi spesifikasi di atas, agar keamanan masih terjamin dan ban tidak akan selip.

8. *Reality Check*

Pada kursi roda digunakan dua buah motor DC yang menempel pada masing-masing roda untuk menggerakkan kursi roda, dimana torsi yang dibutuhkan untuk masing-masing dari roda tersebut adalah 137,84 Nm.

Pada pengujian [12] telah didapatkan nilai torsi dari masing-masing berdasarkan PWM pada tabel 2.3. Torsi tersebut diukur menggunakan torsi meter untuk mengukur torsi pada motor dan *board* mikrokontroler Arduino untuk pembangkit sinyal PWM.

**Tabel 2.3** Torsi motor berdasarkan PWM

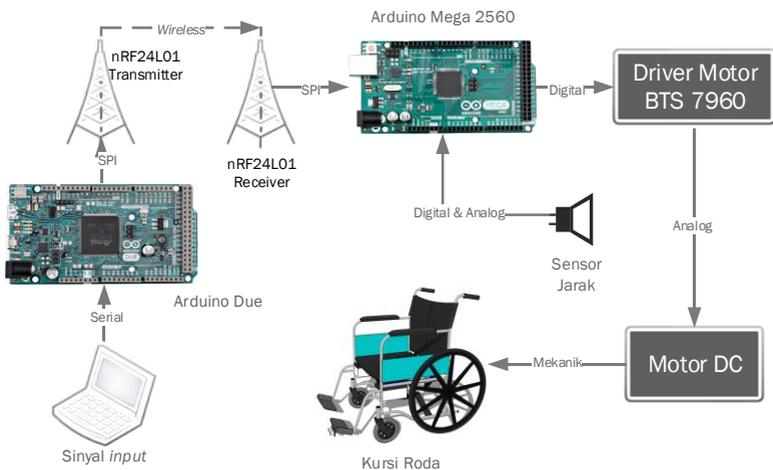
No	PWM	Torsi (kg.cm)
1	30	0,5
2	35	2,3
3	40	3,5
4	45	4
5	50	5,5
6	55	6
7	60	7,5
8	65	8
9	70	8,8
10	75	9

## BAB III PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan menggunakan Sensor Jarak yang meliputi, blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja alat dalam bentuk alur diagram, perancangan mekanik, perancangan perangkat elektrik, dan perancangan program.

### 3.1 Blok Fungsional Sistem

Dari gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa pada Tugas Akhir ini dibuat suatu alat untuk mengendalikan kursi roda secara elektrik yang dilengkapi dengan sistem pengaman. Kursi roda elektrik tersebut dikontrol melalui *keyboard (serial read)* sebagai representasi dari sinyal EMG. *Input* tersebut berupa representasi dari sinyal maju, mundur, belok kanan, belok kiri, dan berhenti yang akan dikirim ke mikrokontroler Arduino Mega2560 dengan menggunakan modul radio untuk dapat digunakan sebagai sinyal kontrol kursi roda elektrik.



**Gambar 3. 1** Diagram Blok Fungsional Sistem

Setelah sinyal kontrol di terima oleh modul *receiver* radio nRF24L01, sinyal tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk diproses. Sinyal yang diterima tersebut akan diterjemahkan menjadi perintah maju, mundur, belok kanan, belok kiri dan berhenti. Kemudian mikrokontroler akan mengolah sinyal tersebut menjadi *output* yang berbeda-beda setiap gerakannya dan akan diteruskan ke *driver* motor BTS 7960. *Output* dari arduino menuju ke *driver* motor berupa sinyal PWM yang kemudian *driver* motor akan mengolahnya lagi untuk dapat memberikan daya pada motor dan mengatur kecepatan dan arah putaran motor.

Terdapat dua buah motor yang digunakan pada masing-masing roda belakang. Sumber yang digunakan untuk memutar dua buah motor tersebut yaitu dengan menggunakan aki 12Volt 17,2 AH yang di pasang secara seri sehingga menghasilkan tegangan yang lebih besar yaitu senilai 24V. Ketika kedua motor diberi *input* daya yang sama namun dengan arah putaran yang berbeda, maka roda kanan dan kiri akan bergerak ke arah yang sama dan dengan kecepatan yang sama karena pada kursi roda ini posisi motor terletak saling berlawanan. Dan ketika kedua motor diberi *input* daya dari masing-masing *driver* motor yang berbeda, kedua motor akan menerima *input* yang berbeda sehingga mengakibatkan kursi roda dapat berbelok atau disebut dengan *differential turning drive*. Contoh apabila kursi roda sedang berbelok ke kiri maka roda kanan akan diberi putaran yang lebih oleh motor dibandingkan dengan motor pada roda kiri, sehingga perputaran kedua motor tersebut kemudian membuat kursi roda dapat bergerak ke kiri.

Namun ketika sensor jarak mendeteksi adanya objek yang berpotensi dapat membentur kursi roda sedangkan pemakai kursi roda belum melakukan tindakan, maka sistem pengaman akan menghentikan laju dari kursi roda tersebut. Terdapat 6 buah sensor yang diletakkan di depan, samping, dan belakang kursi roda. Ketika kursi roda bergerak maju, maka sensor bagian depan akan aktif mendeteksi objek. Begitu pula ketika bergerak mundur, belok kanan, dan belok kiri, sensor bagian tersebut akan aktif mendeteksi objek. Kursi roda dapat dikontrol kembali ketika keadaan telah aman atau tidak adak objek yang menghalangi kursi roda.

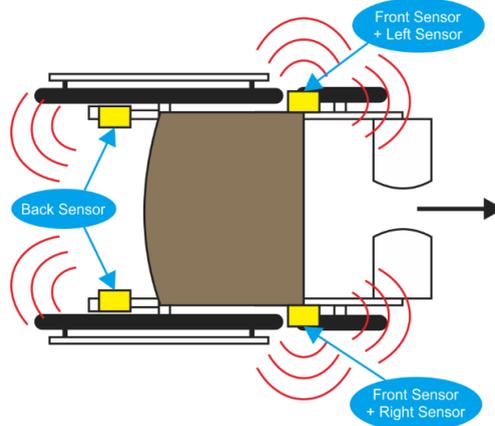
### 3.2 Rancangan Kursi Roda Elektrik

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai rancangan kursi roda elektrik yang meliputi peletakan sensor jarak, desain dan dimensi kursi roda elektrik.

#### 3.2.1 Peletakan Sensor Jarak

Penempatan sensor pada suatu sistem sangatlah penting untuk membuat sistem tersebut dapat bekerja dengan baik. Pada Tugas Akhir ini, sistem pengaman kursi roda elektrik ini menggunakan sensor 6 buah sensor jarak dengan dua tipe yang berbeda. Tipe pertama adalah sensor yang memiliki jarak pengambilan yang lebih jauh dan sudut lebih lebar, tujuannya adalah untuk fleksibilitas kursi roda agar dapat meminimalkan area *blind-spot*. *Blind-spot* adalah titik buta yang tak dapat dijangkau oleh sensor. Bagian depan dan belakang sangat rawan terjadi *Human Error* yang dapat mengakibatkan kecelakaan, oleh karena itu tipe pertama ini diletakkan di depan dan belakang kursi roda.

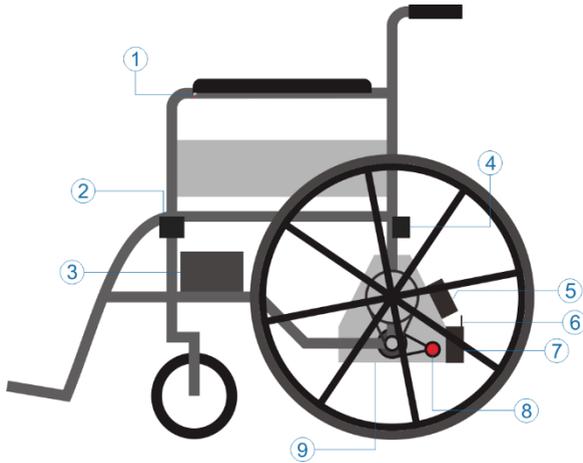
Sedangkan tipe kedua adalah dengan spesifikasi dibawahnya, yaitu memiliki jarak pengambilan yang lebih dekat dan sudut yang lebih sempit. Tipe kedua ini ditempatkan di samping kanan dan kiri kursi roda, karena pada bagian ini tidak terlalu membutuhkan sensor dengan spesifikasi yang baik dan juga untuk meminimalisir biaya karena harga sensor tipe dua ini tentunya akan lebih murah jika dibandingkan dengan tipe pertama. Penempatan sensor dapat dilihat pada gambar 3.2.



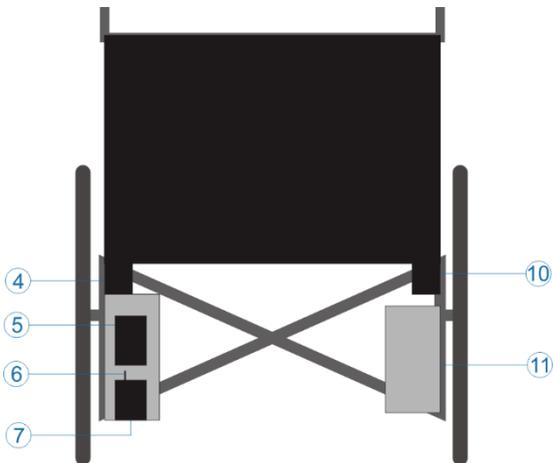
**Gambar 3. 2** Desain penempatan sensor jarak

### 3.2.2 Desain dan Dimensi Kursi Roda Elektrik

Kursi roda elektrik ini didesain memiliki beberapa fungsionalitas seperti ditunjukkan pada gambar 3.3. dan gambar 3.4.



**Gambar 3. 3** Desain kursi roda tampak samping



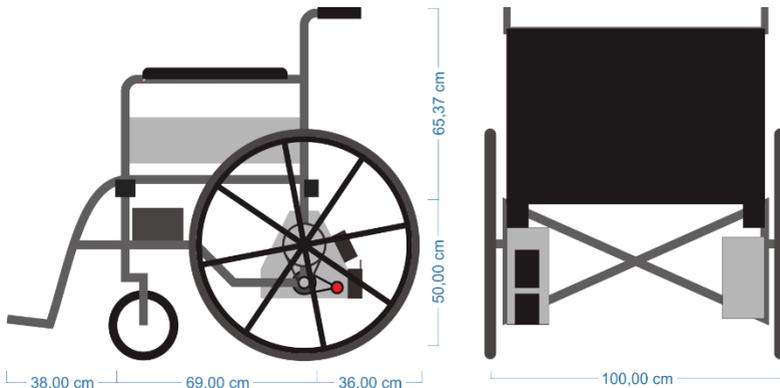
**Gambar 3. 4** Desain kursi roda tampak belakang

Keterangan gambar:

- |   |                              |    |                             |
|---|------------------------------|----|-----------------------------|
| 1 | Tombol daya                  | 7  | <i>Control box</i>          |
| 2 | Sensor kiri depan            | 8  | Motor DC                    |
| 3 | Baterai ( <i>Accu</i> )      | 9  | Modul <i>Gear Box</i> kiri  |
| 4 | Sensor kiri belakang         | 10 | Sensor kanan belakang       |
| 5 | <i>Driver motor</i>          | 11 | Modul <i>Gear Box</i> kanan |
| 6 | Antena modul <i>wireless</i> |    |                             |

Tombol daya diletakkan di tempat yang mudah terjangkau oleh pengguna yaitu berada pada sandaran tangan kursi roda. Agar baterai berada pada daerah aman dari pengguna maka diletakkan dibawah tempat duduk, sedangkan *control box* yang berisi mikrokontroler dan *wireless* diletakkan berdekatan dengan *driver motor*, beserta motor DC dan modul *gear box*.

Dimensi dari kursi roda elektrik ini ditunjukkan pada gambar 3.5. sensor jarak berada di ketinggian 50 cm dari tanah dan 69 cm dari sensor depan dan sensor belakang, sehingga masih banyak area *blind spot* yang belum terlindungi. Dimensi kursi roda ini yaitu panjang 143 cm lebar 100 cm dan tinggi 120 cm.



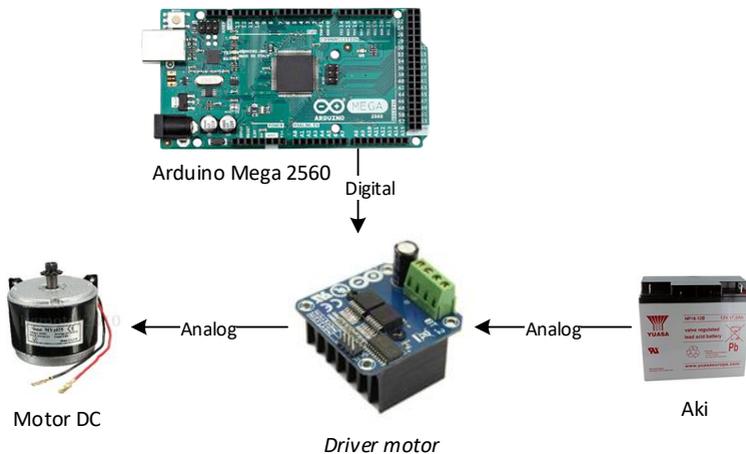
**Gambar 3. 5** Dimensi kursi roda

### 3.3 Perancangan Elektrik

Pada sub bab ini akan dibahas tentang perancangan wiring dari hardware yang digunakan, diantaranya arduino Mega 2560, sensor ultrasonik HC-SR04 dan LV-MaxSonar EZ1, modul radio nRF24101 serta driver motor IBT 2 *H-Bridge*.

#### 3.2.1 Perancangan *Wiring Driver Motor* dengan Arduino

Perangkat kontrol pada kursi roda terdiri dari Arduino Mega2560, *driver* motor BTS7960, aki 12V 17,2 AH dan motor DC MY1025. 2 buah motor DC MY1025 berfungsi sebagai aktuator dari gerakan sensor EMG, yaitu untuk roda kanan dan kiri. Kecepatan pada motor DC ini dapat diatur dengan menggunakan PWM yang diatur oleh *driver* motor BTS7960. Masing-masing *driver* dapat mengatur kecepatan dan arah putar untuk motor kanan dan kiri tergantung dari program Arduino. Sedangkan sumber tegangan didapatkan dari dua buah aki 12V 17,2 AH yang di rangkai seri untuk menggandakan tegangan menjadi 24V sesuai dengan spesifikasi motor DC MY1025. Perancangan *Wiring* perangkat kontrol kursi roda dapat dilihat pada Gambar 3.6.



**Gambar 3. 6** Perancangan *Wiring driver* motor

### 3.2.2 Perancangan *Wiring* Sensor Jarak dengan Arduino Mega 2560

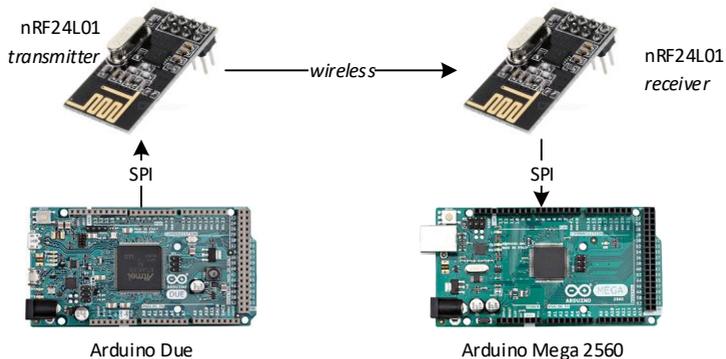
Dalam perancangan sensor jarak dengan Arduino Mega 2560, digunakan dua tipe sensor. Tipe pertama adalah 4 buah LV MaxSonar EZ1, sensor ini diletakkan masing-masing 2 buah di depan dan belakang kursi roda. Sensor jenis ini digunakan karena memiliki fleksibilitas sudut  $\pm 45^\circ$  dan jarak pengukuran dari 0 cm hingga 650 cm.

Sedangkan tipe sensor yang kedua yaitu 2 buah sensor HC-SR04 yang diletakkan di sisi kanan dan kiri kursi roda, sensor ini memiliki jarak pengukuran dari 2 cm hingga 400 cm dengan sudut  $15^\circ$ . Sensor tersebut dipilih karena pada sisi kanan dan kiri tidak memerlukan sudut yang lebar dan jarak pengukuran yang jauh, serta dari segi harga yang lebih murah. Secara umum perancangan *wiring* ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Perancangan *Wiring* sensor jarak dengan Arduino Mega 2560

### 3.2.3 Perancangan *Wiring* nRF24L01



Gambar 3. 8 Perancangan *Wiring* Arduino dengan modul radio nRF24L01

Perangkat komunikasi antar arduino yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah dengan menggunakan modul radio nRF24L01. Modul radio ini diguakan karena memiliki kecepatan yang tinggi (2MBps) dan dapat digunakan untuk komunikasi serial. Pada perancangan komunikasi ini meliputi perangkat *Transmitter* dan *Receiver*. Gambar 3.9 berikut menunjukkan *wiring* perangkat arduino Due dengan nRF24L01 sebagai *transmitter* dan arduino mega 2560 dengan nRF24L01 sebagai *receiver*.

### 3.4 Perancangan Program

Pada sub bab perancangan program ini akan dijelaskan mengenai perancangan program yang terbagi atas perancangan program filter sensor, perancangan program sistem pengaman maju, program sistem pengaman mundur dan program sistem pengaman belok serta perancangan program kontrol dan sistem pengaman kursi roda.

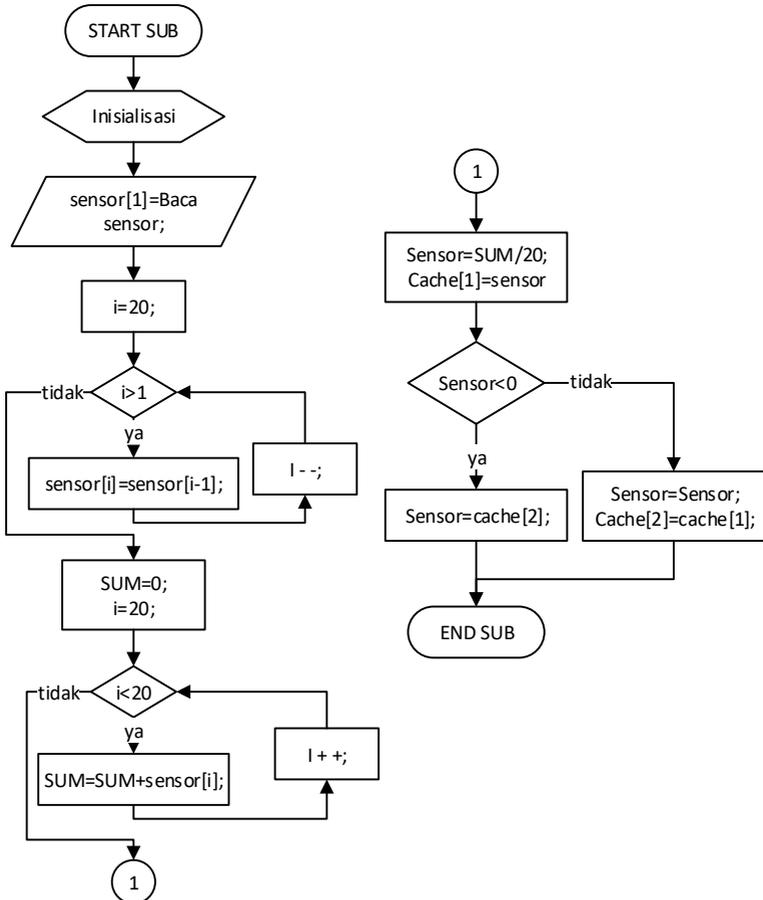
#### 3.4.1 Perancangan program filter sensor

Filter sensor ditambahkan dalam program untuk mengurangi *noise* pada *output* sensor yang masuk ke mikrokontroler arduino. *Noise* tersebut bisa disebabkan karena getaran/guncangan yang terjadi pada kursi roda terutama pada saat kursi roda melewati jalan dengan kontur permukaan yang kasar. Selain itu juga bisa disebabkan karena objek yang terus bergerak secara cepat atau permukaan objek yang tidak rata sehingga *output* sensor terdapat banyak *noise*.

Rancangan filter ini adalah rata-rata dari data baru dan data sebelumnya (*moving average*), sehingga diharapkan *output* dari filter ini akan mengurangi perubahan data yang cepat dan tidak teratur. Data yang masuk akan disimpan dalam 20 kolom. Data terakhir pada kolom 20 akan diganti dengan data pada kolom 19, sedangkan data kolom 19 diganti dengan data kolom 18. Begitu seterusnya hingga semua data di setiap kolom pindah ke kolom berikutnya. Sedangkan data kolom pertama adalah data sensor baru yang masuk. sebelumnya hingga proses perpindahan data antar kolom selesai.

Setiap terdapat data sensor yang terbaru masuk dan proses perpindahan data antar kolom selesai, selanjutnya dicari rata-rata setiap siklus dengan menjulankan data pada semua kolom dan dibagi dengan banyaknya kolom. Hasil dari rata-rata data tersebut yang dianggap sebagai data matang. Jika data tersebut dibawah nol maka data tersebut

dianggap sebagai *noise* maka data disamakan dengan data sebelumnya. Dalam kondisi nyata *output* sensor bernilai negatif jika posisi sensor dengan objek dibelakang sensor yang mana hal tersebut tidak mungkin terjadi. Dan jika data terjadi perubahan *input* data sensor naik turun secara drastis, maka dengan proses ini data matang akan lebih landai. *Flowchart* program filter ditunjukkan pada gambar 3.9.



**Gambar 3. 9** *flowchart* program filter sensor

### 3.4.2 Perancangan program sistem pengaman maju

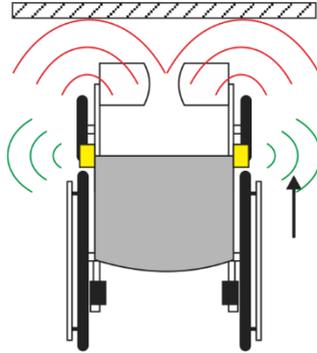
Untuk merancang sistem pengaman pada saat kursi roda maju, sensor yang digunakan adalah dua sensor LV-MaxSonar EZ1 yang berada dibagian depan dan HC-SR04 yang berada disamping kursi roda seperti gambar 3.10. Dalam programnya sensor tersebut terdefinisi sebagai “fr” (*front right* / sensor depan sebelah kanan), “fl” (*front left* / sensor depan bagian kiri), “l” (*left* / sensor kiri), dan “r” (*right* / sensor kanan). Seperti *Flowchart* pada gambar 3.13 setelah pembacaan data, proses berikutnya adalah *moving average* yang bertujuan untuk memperhalus data sensor ultrasonik.

Jika jarak objek kurang dari 40 cm maka kursi roda akan berhenti, dan jika tidak kursi roda akan berjalan. Ketika terdapat objek disamping kanan maupun kiri maka kursi roda akan serong kanan maupun kiri menjauhi objek tersebut hingga objek berada pada jarak aman. Kondisi ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Kondisi sistem pengaman saat maju

FL < 40 cm	FR < 40 cm	L < 25 cm	R < 25 cm	Kondisi kursi roda
✓	✓	×	×	Berhenti
✓	×	×	×	Berhenti
×	✓	×	×	Berhenti
×	×	✓	×	Serong Kanan
×	×	×	✓	Serong Kiri
×	×	n/a	n/a	Lurus

Tanda ✓ menunjukkan bahwa kondisi yang dimaksudkan telah terpenuhi dan tanda × menunjukkan kondisi tidak terpenuhi, serta n/a menunjukkan kondisi dapat terpenuhi maupun tidak.

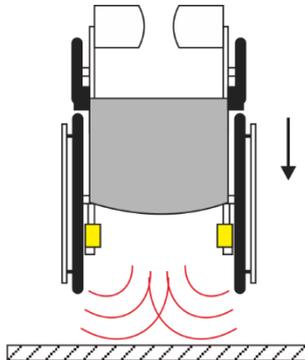


**Gambar 3. 10** Sensor yang digunakan pada saat kursi roda maju

### 3.4.3 Perancangan program sistem pengaman mundur

Pada bagian belakang tipe sensor yang digunakan sama dengan bagian depan, yaitu 2 buah LV-MaxSonar EZ1 yang terdefinisi sebagai “bl” dan “br” atau belakang kiri dan belakang kanan seperti gambar 3.11. *Flowchart* dari program perancangan sensor bagian belakang ditunjukkan pada gambar 3.14.

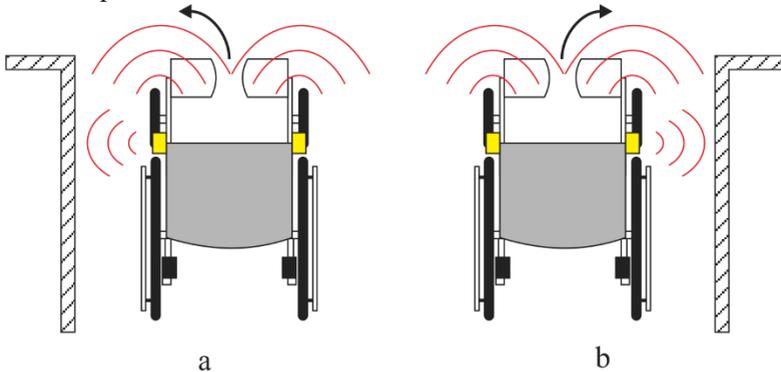
Pada bagian belakang, kecepatan kursi roda akan diatur konstan dengan (PWM=50). Jika salah satu sensor mendeteksi objek dibelakang kursi roda dengan jarak 40 cm dari sensor maka kursi roda akan berhenti. Namun jika tidak maka kursi roda akan tetap berjalan mundur.



**Gambar 3. 11** Sensor yang digunakan pada saat kursi roda mundur

### 3.4.4 Perancangan program sistem pengaman saat belok

Saat kursi roda menerima sinyal belok baik belok kanan maupun belok kiri, maka sensor bagian depan dan samping akan aktif mendeteksi objek yang dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan. Seperti pada gambar 3.12 ketika kursi roda belok kiri sensor yang digunakan adalah sensor depan baik kanan depan (FR /*Front Right*) maupun kiri depan (FL/ *Front Left*) dan sensor kiri (L / *Left*). Sementara itu jika kursi roda belok kanan maka sensor yang digunakan adalah sensor depan ditambah sensor kanan (R /*Right*). *Flowchart* sistem pengaman belok dapat dilihat pada gambar 3.15. Jika salah satu saja sensor mendeteksi adanya objek pada jarak tidak aman maka kursi roda akan berhenti, dan sebaliknya kursi roda akan tetap belok.



**Gambar 3. 12** Sensor yang dipakai saat kursi roda (a) belok kiri, (b) belok kanan

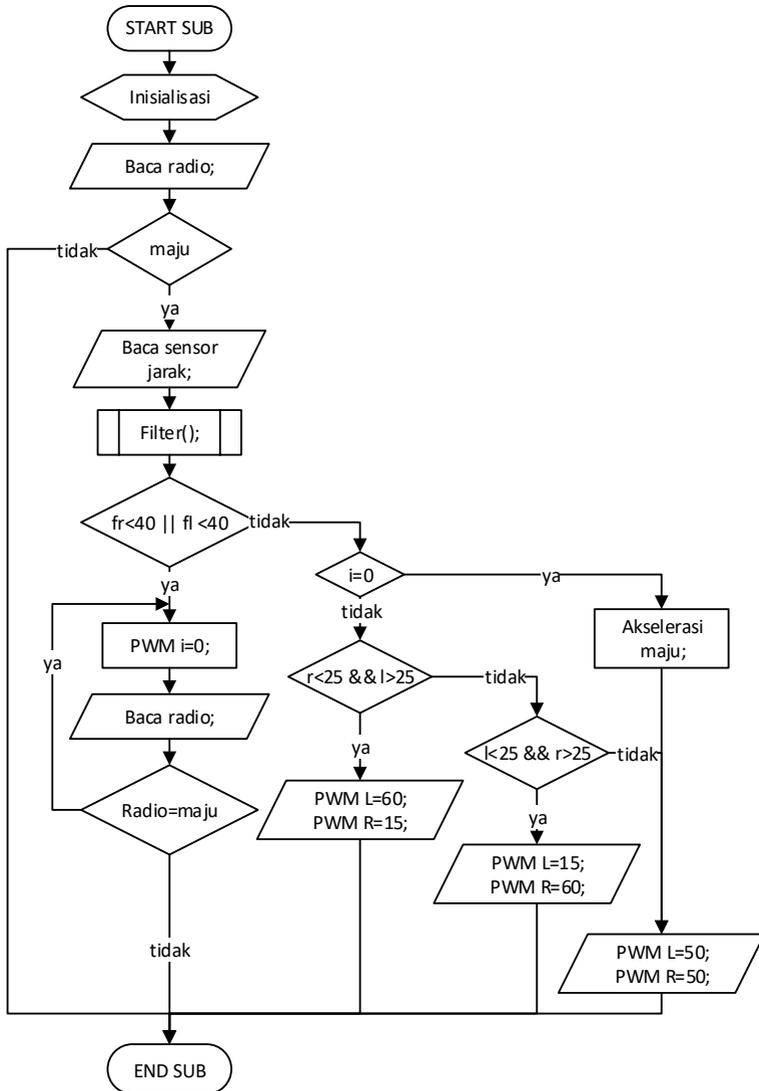
### 3.4.5 Perancangan program kontrol dan sistem pengaman kursi roda

Kontrol kursi roda elektrik ini terbagi menjadi 5 yang masing-masing direpresentasikan dengan sinyal seperti pada tabel 3.2. Pada program kontrol ini terdapat 2 buah mikrokontroler. Mikrokontroler pertama yaitu arduino due digunakan sebagai *transmitter* (*tx*) dan mikrokontroler kedua yaitu arduino mega 2560 sebagai *receiver* (*rx*). Pada program yang terdapat pada arduino due, seperti *flowchart* gambar 3.16 sinyal kontrol diperoleh dari input *keyboard* yang ada pada komputer /laptop (*serial read*), *input data* pada *keyboard* tersebut disimpan dalam *array* lalu dikirimkan menggunakan modul radio nRF24L01.

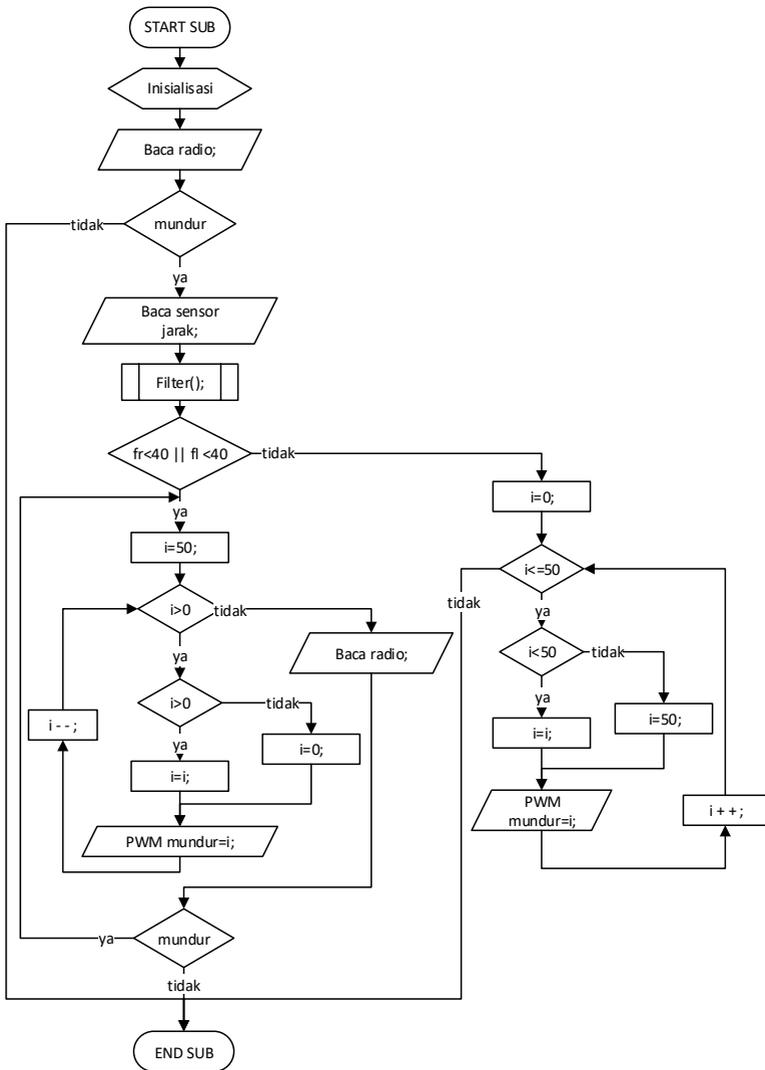
Program pada arduino mega 2560 adalah program *receiver* sekaligus kontrol kursi roda beserta sistem pengamannya. *Flowchart* program pada arduino mega 2560 dapat dilihat pada gambar 3.17. Mikrokontroler akan membaca sinyal radio, ketika sinyal tersebut memenuhi kondisi maka sub program akan dijalankan. Jika tidak program akan berjalan pada kondisi sinyal terakhir yang terpenuhi.

**Tabel 3.2** Representasi gerakan kedalam bentuk data sinyal

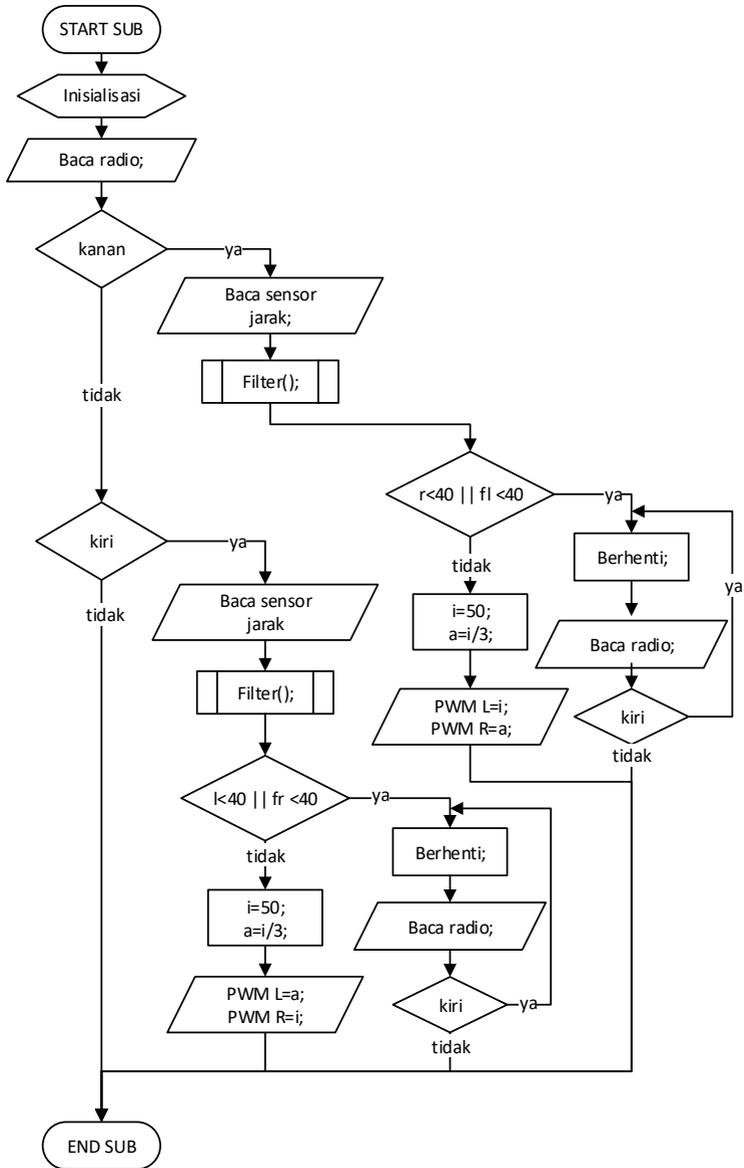
Sinyal	Jenis gerakan	Sinyal	Jenis gerakan
1	Maju	4	Kiri
2	Mundur	5	berhenti
3	Kanan		



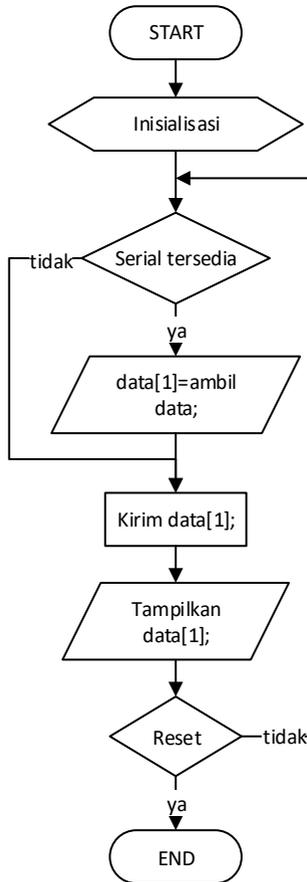
Gambar 3. 13 Flowchart sistem pengaman maju



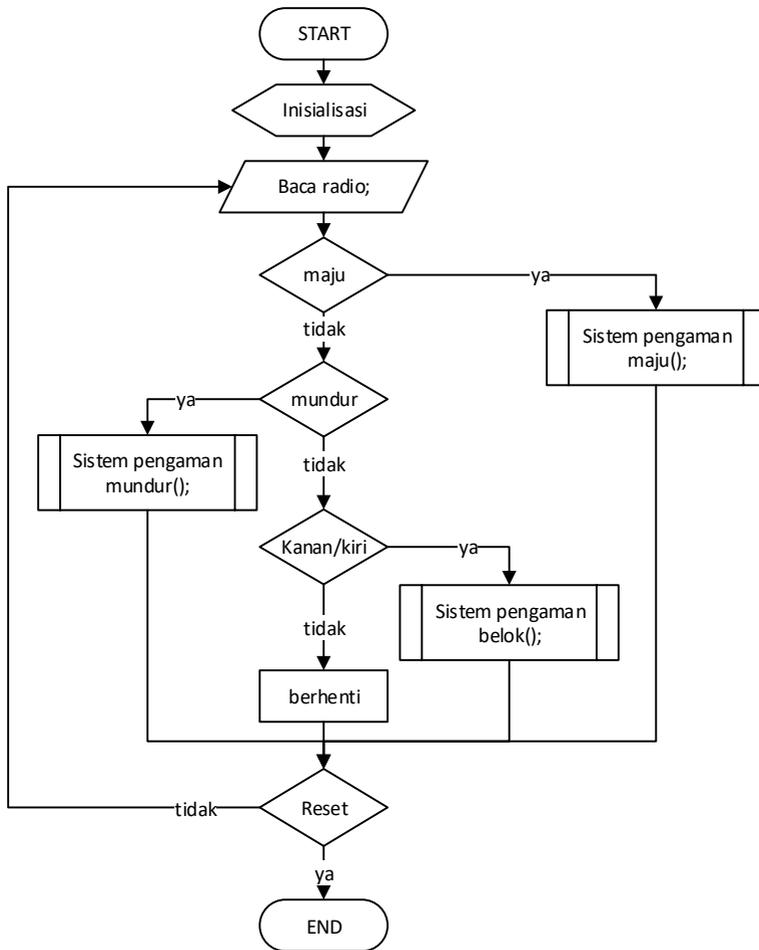
**Gambar 3. 14** Flowchart sistem pengaman mundur



Gambar 3. 15 Flowchart sistem pengaman belakang



**Gambar 3. 16** *flowchart* program pembaca sinyal kursi roda



**Gambar 3. 17** *flowchart* program kontrol kursi roda

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengetahui apakah tujuan-tujuan dari pembuatan alat ini telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, maka dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat. Pada bab ini akan dibahas mengenai cara kerja alat, data yang diperoleh beserta pengujiannya yang meliputi pengujian sensor jarak beserta filternya, pengujian *driver* motor, dan pengujian modul radio.

#### **4.1 Cara Kerja Alat**

Alat yang telah dibuat yaitu kursi roda elektrik dengan sistem pengaman dari benturan pada bagian depan, samping dan belakang serta dapat menghindari objek dari samping. Cara kerja dari alat tersebut yaitu ketika kursi roda sedang atau akan berjalan, sensor akan mendeteksi objek yang dapat menimbulkan kecelakaan. Sinyal gerak yang dikontrol oleh manusia (pengguna) akan dikirim oleh mikrokontroler arduino due menggunakan modul radio nRF24I01, sinyal tersebut berupa sinyal maju, mundur, belok kanan, belok kiri atau berhenti. Setelah itu sinyal diterima oleh mikrokontroler arduino Mega 2560 melalui modul radio yang sama untuk diproses.

Ketika arduino Mega 2560 menerima sinyal maju maka *driver* motor BTS 7960 akan diperintahkan untuk mengatur arah putar dan kecepatan motor agar kursi roda berjalan ke depan. Jika sensor LV-MaxSonar EZ1 depan mendeteksi adanya objek kurang dari 0,5 m dan pengguna kursi roda belum mengambil tindakan, maka mikrokontroler akan menghentikan kursi roda. Dan jika sensor HC-SR04 yang berada disamping mendeteksi objek dikanan maupun kirinya maka kursi roda tersebut akan bergerak menjauhi objek tersebut.

Ketika mikrokontroler menerima sinyal belok kanan, *driver* motor akan mengatur kecepatan agar roda kiri maju lebih cepat dari roda kanan yang mengakibatkan kursi roda belok ke kanan. Ketika sensor HC-SR04 bagian kanan ataupun sensor LV-MaxSonar EZ1 depan mendeteksi adanya objek yang berpotensi mebentur kursi roda, maka kursi roda akan berhenti. Begitupula jika mikrokontroler menerima sinyal untuk belok kiri, roda kanan akan bergerak maju lebih cepat daripada roda kiri serta berhenti jika terdapat objek yang berpotensi menabrak pada bagian depan dan kiri kursi roda.

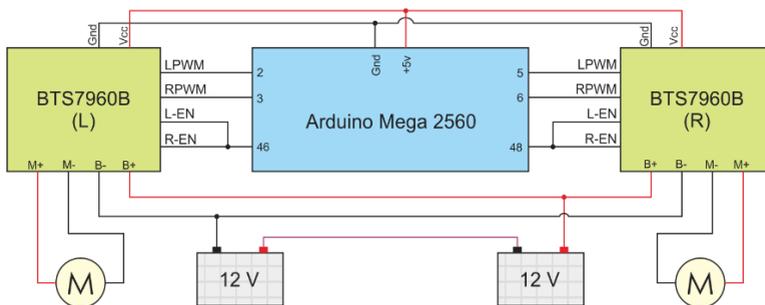
Dan jika mikrokontroler menerima sinyal mundur, maka *driver* motor akan mengatur kecepatan dan arah putar motor agar kursi roda bergerak mundur serta sensor jarak LV-MaxSonar EZ1 pada bagian belakang akan mendeteksi objek pada bagian kursi roda yang luput dari pandangan pengguna. Ketika sensor mendeteksi adanya objek pada jarak kurang dari 0,4 m, maka kursi roda akan berhenti secara otomatis sebelum menabrak objek. Ketika kursi roda diperintahkan untuk berhenti, maka *driver* motor akan memperlambat putaran kedua motor hingga berhenti seperti sedang melakukan pengereman.

## 4.2 Hasil rancangan *wiring*

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai hasil dari rancangan *wiring* yang meliputi *wiring driver motor*, sensor jarak dan *wiring nRF24L01*.

### 4.2.1 *Wiring driver motor*

Hasil *wiring driver motor* terdapat pada gambar 4.1. pin PWM pada masing-masing *driver motor* terhubung dengan PWM arduino Mega 2560 yang mana nilai PWM tersebut adalah yang menentukan kecepatan motor. Sedangkan L atau R adalah yang menentukan arah putar motor, baik itu *forward* atau *reverse*. Pin *Enable* pada *driver motor* terhubung ke pin digital Arduino Mega 2560, pin tersebut berfungsi untuk mengaktifkan/menonaktifkan *driver motor*. Daya motor didapatkan dari aki yang dirangkai seri yang masuk ke pin B+ dan B-. Dan pada motor DC terhubung dengan pin M+ dan M-.



**Gambar 4. 1** *Wiring driver motor*

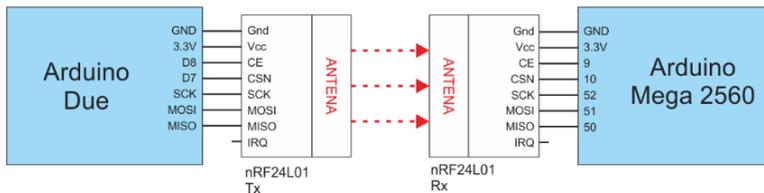


Semua sensor tersebut tidak menggunakan daya dari Arduino melainkan menggunakan daya terpisah untuk memaksimalkan kerja dari sensor tersebut. Daya terpisah tersebut didapatkan dari penurunan daya dari aki 12 V oleh DC-Buck Converter LM 2596 DC-DC yang dapat di atur *output* tegangannya, yaitu pada 5,5 V sesuai rekomendasi dari *datasheet* sensor.

#### 4.2.3 Wiring nRF24L01

Hasil wiring modul nRF24L01 terdapat pada gambar 4.3. *Ground* nRF24L01 terhubung dengan *ground* pada arduino, dan karena modul radio ini bekerja pada tegangan 3.3v maka *Vcc* terhubung dengan pin 3.3v. sementara itu Pin CE adalah pin RX/TX pada nRF24L01, pin CE ini akan terus dalam posisi *high* baik dalam keadaan menerima data ataupun tidak. Apabila modul tersebut berfungsi sebagai *receiver*, pin CE akan terus dalam posisi *low* sampai Arduino memerintahkan untuk mengirimkan data. Pada Arduino due pin ini terhubung dengan pin 8, sedangkan pada pin arduino mega pin ini terhubung dengan pin 9.

CSN adalah pin untuk mengatur data dan aktif apabila sedang melakukan pengiriman atau mendapat data dari *SPI command*, pin ini terhubung dengan pin 7 pada arduino due dan terhubung dengan pin 10 pada arduino mega. Mosi berfungsi untuk mengirimkan data pada nRF dari mikrokontroler, pin ini dihubungkan dengan pin MOSI pada arduino due, dan dihungkan dengan pin 51 pada arduino Mega. MISO berfungsi sebagai pengirim dari nRF ke mikrokontroler yang mana pada pin ini terhubung dengan pin MISO pada arduino due dan terhubung ke pin 50 pada arduino mega.



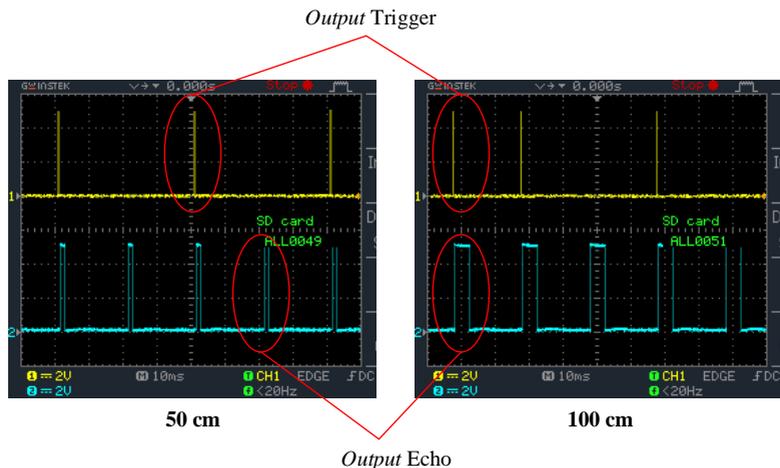
Gambar 4. 3 Wiring modul radio nRF24L01

### 4.3 Pengujian Sensor Jarak

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai linierisasi sensor jarak. Tujuan dari linierisasi ini adalah untuk mencari persamaan *output* sensor dengan jarak yang sebenarnya. Selain itu juga untuk mengetahui sensor tersebut normal atau tidak. Terdapat dua tipe data sensor, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan LV-MaxSonar EZ1.

#### 4.3.1 Pengujian Sensor HC-SR04

Sensor HC-SR04 adalah sensor ultrasonik yang *output*-nya berupa pulsa seperti pada gambar 4.4. Sinyal tersebut diperoleh dengan menghubungkan osiloskop merek GW Instek seri GDS-1062, *output* sensor pin “echo” ke CH2 dan sinyal PWM arduino mega 2560 ke CH1. Sinyal yang berwarna kuning atau CH1 adalah output  $10\mu\text{s}$  dari Arduino Mega 2560 yang akan masuk ke pin “trigger” sensor, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sensor tipe ini memerlukan *input* sinyal minimum  $10\mu\text{s}$  yang akan dihubungkan dengan pin “trigger” pada sensor, agar dapat mengirimkan gelombang ultrasonik. Sedangkan sinyal berwarna biru atau CH2 adalah sinyal *output* dari sensor yang didapatkan dari pin “echo”. *Output* pin “echo” tersebut berubah-ubah sesuai dengan jarak sensor dengan objek yang terdeteksi oleh sensor.



**Gambar 4. 4** *Output* Sensor HC-SR04

Pengukuran sensor dilakukan dengan menempatkan sensor agar dapat membaca objek yang jaraknya telah diatur dengan alat ukur meteran. Setelah itu diambil data jumlah pulsa yang dikeluarkan oleh sensor dengan menggunakan Arduino Mega 2560. Dengan *input* berupa jarak yang berbeda maka akan menghasilkan *output* pulsa yang berbeda pula. Data pengukuran sensor HC-SR04 dapat dilihat pada tabel 4.1 dimana terdapat dua sensor yang diukur, yakni sensor kiri (L) dan sensor kanan (R).

**Tabel 4. 1** Pengukuran sensor HC-SR04

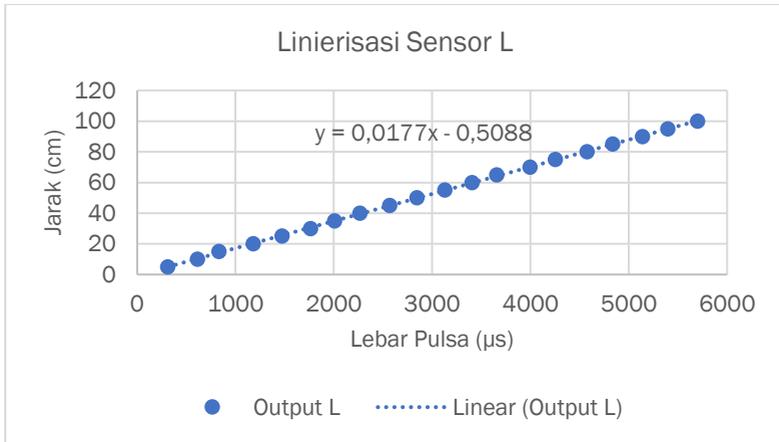
Jarak (cm)	Lebar Pulsa ( $\mu$ s)		Jarak (cm)	Lebar Pulsa ( $\mu$ s)	
	L	R		L	R
5	310	342	55	3130	3161
10	615	672	60	3405	3455
15	832	956	65	3657	3742
20	1180	1219	70	3995	4029
25	1474	1477	75	4252	4316
30	1765	1752	80	4575	4589
35	2010	2063	85	4835	4874
40	2265	2344	90	5139	5194
45	2568	2623	95	5396	5455
50	2845	2901	100	5700	5725

Data pengukuran pada tabel 4.1 dapat di buat grafik dengan menggunakan fitur *chart* pada *MS Office* untuk mempermudah dalam menganalisa sensor tersebut. Grafik pengukuran tersebut terdapat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6. dengan menggunakan pendekatan regresi linier, dapat diketahui bahwa persamaan sensor tersebut adalah:

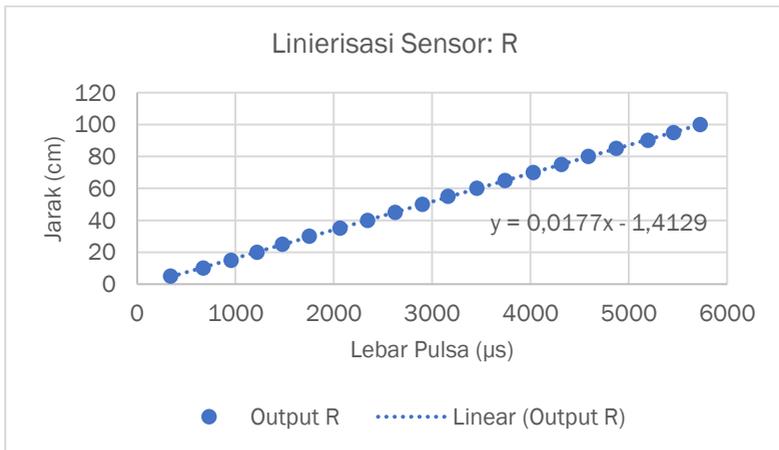
$$yL = 0.0177x - 0.5088$$

$$yR = 0.0177x - 1.4129$$

Dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) atau *error* rata-rata pada L=0.41 % dan R=0.28%



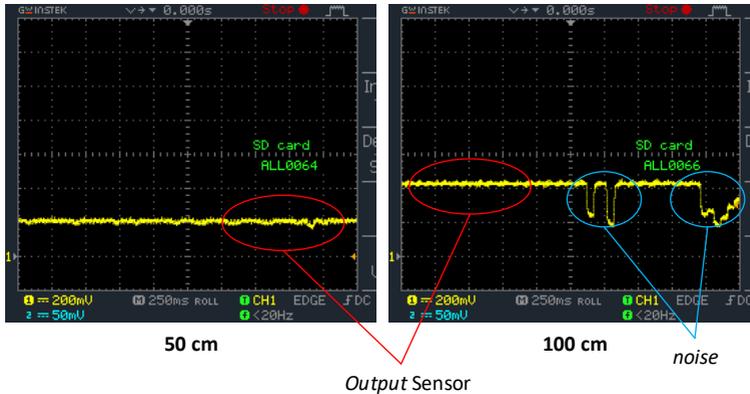
**Gambar 4. 5** Grafik linierisasi sensor HC-SR04 L



**Gambar 4. 6** Grafik linierisasi sensor HC-SR04 R

### 4.3.2 Pengujian Sensor LV-MaxSonar EZ1

Sensor LV-MaxSonar EZ1 adalah sensor ultrasonik yang *output*-nya berupa level Tegangan Seperti gambar 4.7. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop merek GW Instek seri GDS-1062. Pada jarak 50 cm *output* sensor ini yaitu 200 mV sedangkan pada jarak 100 cm *output* sensor yaitu 400 mV.



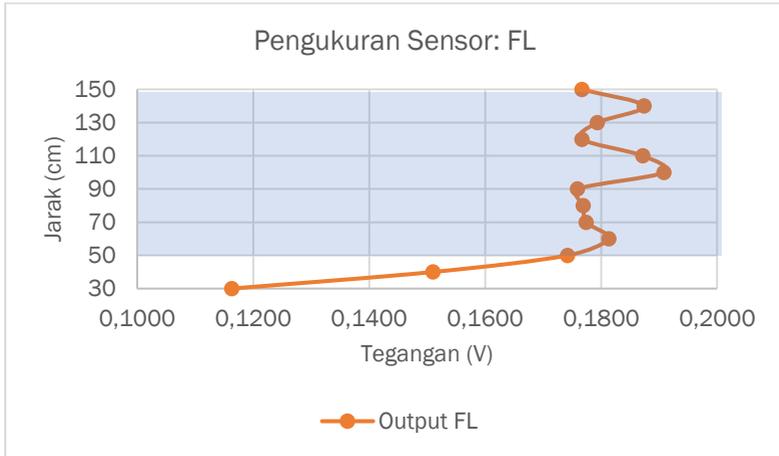
**Gambar 4. 7** Output Sensor LV-MaxSonar EZ1

Pengukuran sensor LV-MaxSonar EZ1 dilakukan dengan memberikan *input* jarak yang akan menghasilkan *output* tegangan pada sensor. Hasil pengukuran dari sensor ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dimana terdapat 4 buah sensor yang diukur, yaitu sensor kiri depan (FL), kanan depan (FR), kiri belakang (BL), dan kanan belakang (BR).

**Tabel 4. 2** Pengukuran sensor LV-MaxSonar EZ1

Jarak (cm)	Tegangan (V)			
	FL	FR	BL	BR
30	0,12	0,12	0,55	0,10
40	0,15	0,16	0,57	0,12
50	0,17	0,20	0,61	0,15
60	0,18	0,22	0,62	0,17
70	0,18	0,26	0,65	0,19
80	0,18	0,28	0,66	0,21
90	0,18	0,33	0,69	0,23
100	0,19	0,38	0,69	0,24
110	0,19	0,40	0,72	0,27
120	0,18	0,47	0,74	0,30
130	0,18	0,52	0,75	0,31
140	0,19	0,55	0,77	0,34
150	0,18	0,57	0,79	0,36

Dari pengukuran pada tabel tersebut dapat dibuat grafik dengan menggunakan fitur *chart* pada *MS Office* untuk mempermudah menganalisa sensor, grafik pengukuran sensor FL seperti gambar 4.8.



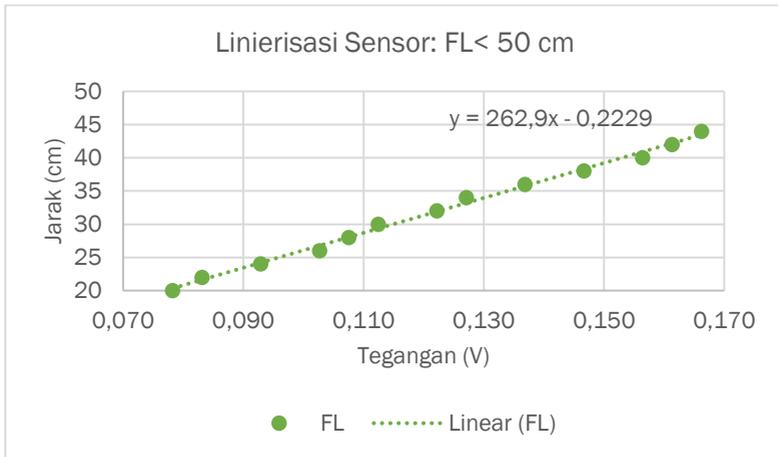
**Gambar 4. 8** Grafik linierisasi sensor FL

Dari grafik pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa sensor tersebut mulai tidak linier pada jarak 50 cm (area biru). Oleh karena itu data pengukuran pada jarak lebih dari 50 cm dapat diabaikan. Lalu untuk menganalisa sensor pada jarak kurang dari 50 cm dapat dilihat pada tabel 4.3 dengan menggunakan metode pengukuran yang sama.

**Tabel 4. 3** Pengukuran sensor LV-MaxSonar EZ1 FL <50 cm

Jarak (cm)	Tegangan (V)	Jarak (cm)	Tegangan (V)
20	0,078	34	0,127
22	0,083	36	0,137
24	0,093	38	0,147
26	0,103	40	0,156
28	0,108	42	0,161
30	0,112	44	0,166
32	0,122		

Data pada tabel 4.3 tersebut dapat dibuat grafik dengan cara yang sama untuk mempermudah dalam menganalisa. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.9

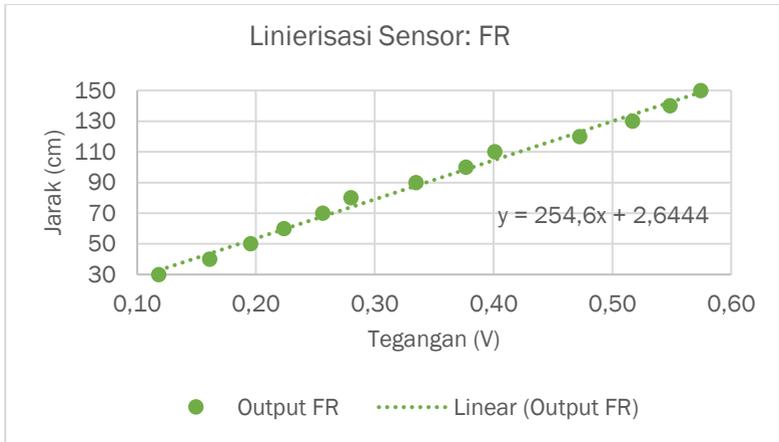


**Gambar 4. 9** Grafik linierisasi sensor FL< 50 cm

Grafik tersebut menunjukkan bahwa sensor FL linier, sehingga dengan menggunakan analisa regresi linier, persentase *error* rata-rata sebesar 3.23% dengan persamaan:

$$y_{FL} = 562.9x - 0.2229$$

Pengukuran sensor FL, BL dan BR pada tabel 4.2 juga dapat dibuat grafik dengan cara yang sama yaitu dengan menggunakan fitur *chart* pada *microsoft office* untuk mempermudah dalam menganalisa sensor, seperti ditunjukkan pada gambar 4.10 hingga gambar 4.12.

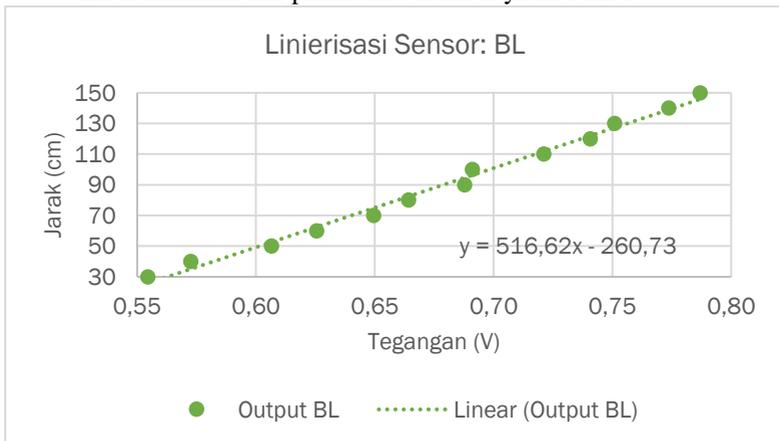


**Gambar 4. 10** Grafik linierisasi sensor FR

Dari grafik pengukuran pada gambar 4.7 terlihat bahwa sensor tersebut linier. Dengan analisa regresi linier, maka persamaan sensor tersebut adalah:

$$y_{FR} = 254.6x + 2.644$$

*Error* rata-rata dari persamaan tersebut yaitu 0.52%.

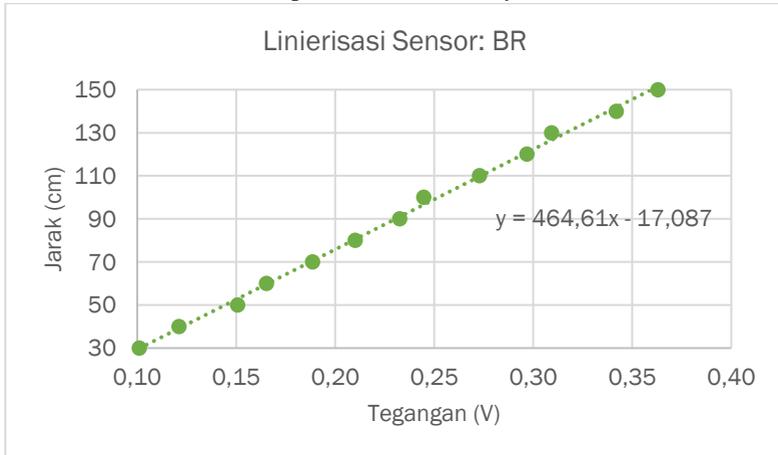


**Gambar 4. 11** Grafik linierisasi sensor BL

Grafik pengukuran pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa sensor tersebut linier. Sehingga dengan analisa regresi linier, maka persamaan sensor tersebut adalah:

$$y_{BL} = 516.62x + 260.73$$

Error rata-rata dari persamaan tersebut yaitu 3.76%.



**Gambar 4. 12** Grafik linierisasi sensor BR

Dan pada grafik pengukuran pada gambar 4.9 juga menunjukkan bahwa sensor tersebut linier. Sehingga dengan analisa regresi linier, maka persamaan sensor tersebut adalah:

$$y_{BR} = 464.61x - 17.087$$

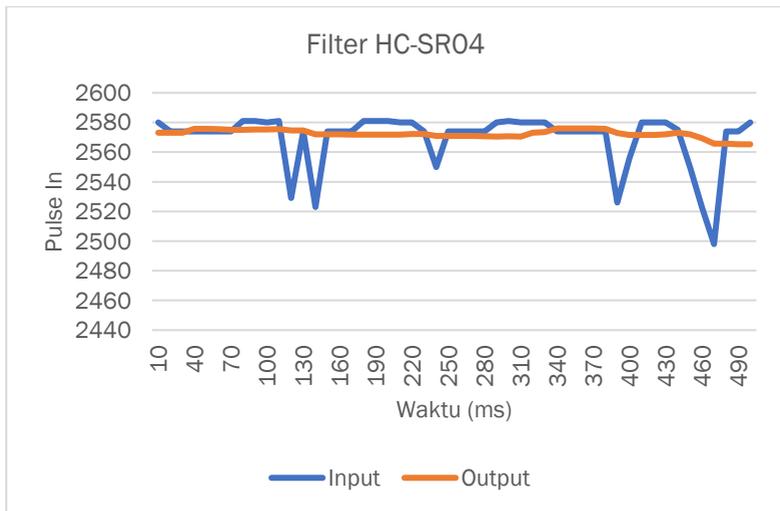
Error rata-rata dari persamaan tersebut yaitu 1.91%.

#### 4.4 Pengujian *moving average* sensor jarak

*Moving average* adalah perbandingan antara data terbaru dengan data sebelumnya. Karena tipe sensor yang digunakan berbeda maka pada proses pengujiannya juga berbeda. Terdapat dua pengujian filter di masing-masing sensor yaitu HC-SR04 dan LV-MaxSonar EZ1.

#### 4.4.1 Pengujian *moving average* HC-SR04

Pengujian *moving average* HC-SR04 dilakukan dengan mengambil data *pulseIn()* sensor menggunakan mikrokontroler arduino. Selain data *pulse in* juga data setelah difilter menggunakan filter digital yang telah dibuat sebelumnya pada bab IV. Data hasil pengukuran pada pengujian filter HC-SR04 dapat dilihat pada lampiran A1 dan A2. Sedangkan gambar 4.13 adalah grafik dari data yang telah didapatkan.

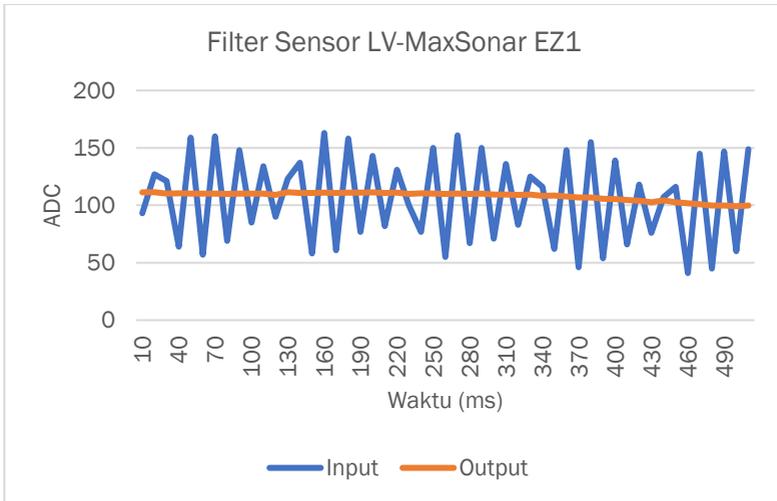


**Gambar 4. 13** Grafik Filter Sensor HC-SR04

Gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa filter yang telah dibuat sesuai dengan yang diharapkan seperti pada bab IV, yaitu untuk menghilangkan *noise* dan menghaluskan sinyal. Untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.3 dan A4.

#### 4.4.2 Pengujian *Moving Average* LV-MaxSonar EZ1

Pengujian *moving average* LV-MaxSonar EZ1 dilakukan dengan mengambil data ADC sensor menggunakan mikrokontroler arduino. Data tersebut berupa data sebeum dan sesudah di filter yang dapat dilihat pada lampiran A3 sampai dengan A6. Kemudian dari data tersebut dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.14.



**Gambar 4. 14** Grafik filter sensor LV-MaxSonar EZ1

Gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa filter yang telah dibuat sesuai dengan yang diharapkan seperti pada bab IV, yaitu untuk menghilangkan *noise* dan menghaluskan sinyal. Untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.5 hingga A8.

#### 4.5 Pengujian Komunikasi *Wireless*

Pengujian komunikasi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengguna dapat mengontrol kursi roda. Pada pengujian tersebut, dilakukan komunikasi antara modul radio nRF24L01 *transmitter* yang diolah oleh arduino Due dan *receiver* yang dikendalikan oleh arduino Mega2560 dengan menggunakan dua metode. Metode pertama yaitu tanpa halangan atau berupa ruang lapang, sedangkan metode kedua terdapat halangan berupa dinding yaitu *transmitter* dan *receiver* berada diruang terpisah. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4. 4** Pengujian komunikasi *wireless*

Jarak (m)	Tanpa halangan	Dengan halagan	Jarak (m)	Tanpa halangan	Dengan halagan
2	✓	✓	24	✓	✗
4	✓	✓	26	✓	✗
6	✓	✓	28	✓	✗
8	✓	✓	30	✓	✗
10	✓	✓	32	✓	✗
12	✓	✓	34	✓	✗
14	✓	✓	36	✓	✗
16	✓	✓	38	✓	✗
18	✓	✗	40	✓	✗
20	✓	✗	45	✓	✗
22	✓	✗	50	✓	✗

Dari tabel 4.4 tersebut, sinyal data serial dikirimkan secara acak melalui *transmitter* pada arduino Due lalu data yang di terima oleh *receiver* arduino Mega2560 akan dibandingkan dengan data yang di kirim. Tanda ✓ menunjukkan bahwa data tersbut dapat terkirim sedangkan tanda ✗ menunjukkan jika *error* pada saat pengiriman sehingga data tidak terkirim.

#### **4.6 Pengujian Sensor Jarak sebagai Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik**

Pengujian sensor jarak ditujukan untuk mengetahui apakah alat dan program yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan yang dikehendaki atau tidak. Kursi roda diarahkan menuju objek berukuran 0,5 m<sup>2</sup> yang berada pada jarak >3 m dari kursi roda. Data hasil pengujian sistem pengaman kursi roda elektrik ditunjukkan pada tabel 4.5 hingga tabel 4.9.

**Tabel 4. 5** Pengujian Sistem pengaman Maju

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	<p>Kursi roda berhenti ketika sensor FR dan FL mendeteksi objek 0,5 m<sup>2</sup> pada jarak &lt;40 cm dari sensor.</p>
	<p>FL mendeteksi objek 0,5 m<sup>2</sup> pada jarak &lt;40 cm dari sensor sehingga kursi roda dapat berhenti meskipun FR tidak mendeteksi objek.</p>
	<p>FR mendeteksi objek 0,5 m<sup>2</sup> pada jarak &lt;40 cm dari sensor sehingga kursi roda berhenti meskipun FL tidak mendeteksi objek.</p>
	<p>Ketika FL dan FL mendeteksi objek berada pada jarak aman atau &gt;40 cm maka kursi roda akan terus berjalan.</p>

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa saat kursi roda maju, kursi roda dapat berhenti apabila terdapat objek datar berukuran  $0,5 \text{ m}^2$  selama objek tersebut berada pada jarak  $\leq 40 \text{ cm}$ .

**Tabel 4. 6** Pengujian *obstacle avoidance*

Letak Objek	Kondisi Kursi Roda	
	Sebelum	Sesudah
Kiri		
Kanan		

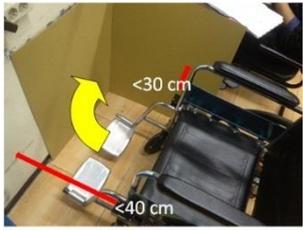
Tabel 4.6 menunjukkan bahwa kursi roda dapat menghindari dari objek datar dengan ukuran lebih dari  $0,5 \text{ m}^2$  yang berada pada jarak  $30 \text{ cm}$  dari sisi samping kursi roda. Saat kursi roda maju dan sensor L mendeteksi objek  $<30 \text{ cm}$  yang berada di kiri kursi roda dan sensor R yang mendeteksi jarak aman sehingga kursi roda serong kanan hingga jarak objek yang berada di kiri kursi roda  $>30 \text{ cm}$ . Dan sebaliknya pada saat kursi roda maju dan sensor R mendeteksi objek  $<30 \text{ cm}$  dari kanan kursi roda sedangkan sensor L mengindikasikan jarak aman, maka kursi roda akan serong ke kiri hingga kursi roda menjauhi objek atau jarak objek dengan kursi roda lebih dari  $30 \text{ cm}$  dari samping.

**Tabel 4. 7** Pengujian Sistem pengaman Mundur

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	<p>Ketika sensor BR mendeteksi objek berjarak &lt;40 cm darinya maka kursi roda akan berhenti meskipun BL masih mendeteksi pada jarak aman.</p>
	<p>Dan ketika sensor BL mendeteksi objek berjarak &lt;40 cm darinya maka kursi roda juga akan berhenti meskipun BL masih mendeteksi pada jarak aman.</p>
	<p>BR dan BL mendeteksi objek yang berada pada jarak &lt;40 cm sehingga kursi roda otomatis berhenti.</p>
	<p>BR maupun BL tidak mendeteksi objek &lt;40 cm sehingga kursi roda terus berjalan mundur.</p>

Pada saat kursi roda mundur seperti pada tabel 4.7, kursi roda dapat berhenti apabila terdapat objek berukuran lebih dari 0,5 m<sup>2</sup> yang berjarak ≤ 40 cm dari kursi roda.

**Tabel 4. 8** Pengujian Sistem pengaman Kanan

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	<p>Saat kursi roda belok kanan dan sensor R mendeteksi objek &lt; 30 cm maka kursi roda otomatis berhenti.</p>
	<p>FL mendeteksi objek &lt;40 cm sehingga kursi roda otomatis berhenti meskipun R tidak mendeteksi adanya objek &lt; 30cm</p>
	<p>FL mendeteksi objek &lt;40 cm dan R mendeteksi objek &lt; 30 cm sehingga kursi roda otomatis berhenti.</p>

**Lanjutan Tabel 4. 8** Pengujian Sistem pengaman Kanan

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	<p>Sensor R dan sensor FL maupun FR mengindikasikan bahwa objek berada pada jarak aman sehingga kursi roda dapat terus belok kanan.</p>

**Tabel 4. 9** Pengujian Sistem pengaman Kiri

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	<p>Saat kursi roda belok kiri dan sensor L mendeteksi objek &lt; 30 cm maka kursi roda otomatis berhenti.</p>
	<p>FR mendeteksi objek &lt;40 cm sehingga kursi roda otomatis berhenti meskipun L tidak mendeteksi adanya objek &lt; 30cm</p>
	<p>FL mendeteksi objek &lt;40 cm dan L mendeteksi objek &lt; 30 cm sehingga kursi roda otomatis berhenti.</p>

**Lanjutan Tabel 4. 9** Pengujian Sistem pengaman Kiri

Kondisi Kursi Roda	Keterangan
	Sensor L dan sensor FL maupun FR mengindikasikan bahwa objek berada pada jarak aman sehingga kursi roda dapat terus belok kiri.

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa saat kursi roda belok kanan, kursi roda dapat berhenti apabila terdapat objek dengan ukuran yang sama pada jarak  $\leq 40$  cm dari depan dan  $< 30$  cm dari kanan. Sedangkan pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa saat kursi roda elektrik belok kiri, kursi roda tersebut dapat berhenti apabila terdapat objek yang sama dengan jarak  $\leq 40$  cm dari depan dan  $< 30$  cm dari kiri.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Setelah melakukan perencanaan, perancangan, dan pengujian alat maka ini dapat mengambil kesimpulan dan memberikan saran demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil dari perancangan alat serta pengukuran dari Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan menggunakan Sensor Jarak dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian sensor jarak menggunakan pendekatan regresi linier, didapatkan nilai *error* L=0.41% dan R=0.28% pada sensor HC-SR04. Sedangkan pada sensor LV-MaxSonar EZ1 *error* pada FR=0.52%, FL=3.23%, BL=3,76 % dan BR=1.91 %. *Error* pada masing-masing sensor tersebut relatif kecil yaitu kurang dari 5 %, oleh karena itu sensor tersebut masih layak digunakan.
2. Pada pengujian komunikasi antar arduino dengan *wireless*, mikrokontroler masih dapat berkomunikasi hingga 50 m pada area tanpa halangan dan hingga 16 m pada area dengan halangan dinding bangunan.
3. Kursi roda elektrik ini dapat menghindar dan berhenti secara otomatis apabila terdapat objek yang berada pada jarak 30 cm dari sensor kursi roda pada bagian samping dan 40 cm dari sensor pada bagian depan dan belakang serta dapat menghindari objek yang berjarak 30 cm dari sensor pada bagian samping saat kursi roda berjalan ke deapan, namun belum dapat berjalan lurus dikarenakan kedua motor menerima beban yang berbeda dan rugi-rugi mekanik pada *gear* di masing-masing roda yang berbeda.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan dan penyempurnaan pembuatan Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan Melalui Evaluasi Sensor jarak, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk menyeimbangkan antara motor kiri dan motor kanan agar dapat berjalan lurus maka dapat ditambahkan sensor kecepatan pada masing-masing motor.

2. Dalam mengontrol kursi roda elektrik dapat ditambahkan *obstacle avoidance* menggunakan *fuzzy* sebagai sistem pengaman yang lebih kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iksal dan Darmo, *Perancangan dan Implementasi Kursi Roda Elektrik Ekonomis Sebagai Sarana Rehabilitasi Medik*, Sna pp. 2012: Sains, Teknologi, dan Kesehatan, pp. 203-210 , 2012.
- [2] Ji, *An intelligent wheelchair using situation awareness and obstacle detection*, Procedia, Social and Behavioral Sciences, pp.620-628, 2013.
- [3] Miachi, *A study of "Aware Wheelchair" with sensor networks for avoiding "Two Meters Danger"*, Procedia, pp. 1004-1010 , 2016.
- [4] Banzi, Massimo. *"Getting Started with Arduino"*, O'Reilly, California, 2008.
- [5] Bambang Triadmodjo. *"Metode Numerik"*, Beta Offset, Yogyakarta, 2002.
- [6] Bringham A., et al, *"Implementation of a Safety System using IR and Ultrasonic Devices for Mobility Scooter Obstacle Collision Avoidance"*, IEEE Press Editorial Board, Salvador-Brazil, 2014.
- [7] Badan Pusat Statistik, *Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) Tahun 2012*, Badan Pusat Statistik, 2012.
- [8] Dutta dan Fernie, *Utilization of Ultrasound Sensors for Anti-Collision Systems of Powered Wheelchairs* pp. IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering, Vol. 13, pp. 24-32, 2005
- [9] ... , *"High Current 30 A DC Motor Driver," [Online] www.fut-electronics.com.[Online]*, pp. 1–3.
- [10] Nordic Semiconductor, *"nRF24L01 Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification"*, [Online] [www.nordicsemi.com](http://www.nordicsemi.com) [Online], pp. 10–14, 2007.
- [11] Londen, M., *"Pengembangan Kursi Roda Sebagai Upaya Peningkatan Ruang Gerak Penderita Cacat Kaki"*, *Jurnal Teknik Industri FTI-ITS*, pp. 98, Surabaya, Desember, 2006.
- [12] Arista dan Rudi, *"Sistem Kursi Roda Elektrik dengan Kendali Sinyal Electromyography pada Otot Bagian Lengan"* *Prosiding Seminar Tugas Akhir Jurusan D3 Teknik Elektro Komputer Kontrol FTI-ITS*, pp.1, Surabaya, 2016
- [13] MaxBotix, *"datasheet LV-MaxSonar-EZ sensor line"*, [online] [www.maxbotix.com](http://www.maxbotix.com) [online], pp. 1-7, 2015.

- [14] ... , “HC-SR04 User Guide”, *[online]* [www.mpja.com](http://www.mpja.com) *[online]*, pp. 1-4.
- [15] Unite® , “24 Volt Electric Scooter and Bicycle Motor”, *[online]* [www.electricscooterparts.com](http://www.electricscooterparts.com) *[online]*, 2017.
- [16] Yuasa Battery Inc., “NP SERIES – NP18-12”, *[online]* [www.yuasabatteries.com](http://www.yuasabatteries.com) *[online]*, 2017.

## LAMPIRAN

### A.1 Filter HC-SR04 R

Waktu (ms)	Input Filter	Output Filter	Waktu (ms)	Input Filter	Output Filter
1	2580	2573,15	27	2574	2571
2	2574	2573,15	28	2574	2570,65
3	2574	2573,15	29	2580	2570,6
4	2574	2575,7	30	2581	2570,65
5	2574	2575,7	31	2580	2570,6
6	2574	2575,4	32	2580	2573,15
7	2574	2575,1	33	2580	2573,45
8	2581	2575,15	34	2574	2576
9	2581	2575,2	35	2574	2576
10	2580	2575,2	36	2574	2576
11	2581	2575,55	37	2574	2576
12	2529	2574,65	38	2574	2575,65
13	2574	2574,65	39	2526	2572,9
14	2523	2572,1	40	2556	2571,65
15	2574	2572,1	41	2580	2571,65
16	2574	2572,1	42	2580	2571,65
17	2574	2571,8	43	2580	2571,95
18	2581	2571,8	44	2575	2573,2
19	2581	2571,85	45	2550	2572
20	2581	2571,9	46	2523	2569,45
21	2580	2571,9	47	2498	2565,65
22	2580	2572,2	48	2574	2565,65
23	2574	2572,2	49	2574	2565,35
24	2550	2571	50	2580	2565,3
25	2574	2571	51	2580	2565,3
26	2574	2571	52	2580	2565,3

Waktu (ms)	<i>Input</i> Filter	<i>Output</i> Filter	Waktu (ms)	<i>Input</i> Filter	<i>Output</i> Filter
53	2581	2565,35	77	2574	2572,2
54	2580	2565,65	78	2523	2569,65
55	2481	2561	79	2623	2572,1
56	2574	2561	80	2574	2572,1
57	2575	2561,05	81	2574	2571,8
58	2574	2561,05	82	2580	2571,75
59	2574	2563,45	83	2580	2571,7
60	2574	2564,35	84	2580	2571,65
61	2580	2564,35	85	2580	2571,6
62	2581	2564,4	86	2581	2574,5
63	2581	2564,45	87	2550	2573,3
64	2581	2564,75	88	2574	2573,3
65	2581	2566,3	89	2574	2573,3
66	2523	2566,3	90	2574	2573,3
67	2574	2570,1	91	2574	2573,3
68	2574	2570,1	92	2574	2573
69	2574	2570,1	93	2580	2573
70	2574	2569,8	94	2580	2572,95
71	2574	2569,5	95	2556	2571,75
72	2580	2569,5	96	2529	2571,7
73	2580	2569,45	97	2556	2570,8
74	2581	2569,5	98	2574	2573,35
75	2580	2574,45	99	2574	2570,9
76	2530	2572,25	100	2574	2570,9

## A.2 Filter HC-SR04 L

Waktu (ms)	<i>Input</i> Filter	<i>Output</i> Filter	Waktu (ms)	<i>Input</i> Filter	<i>Output</i> Filter
1	194	177,7	3	204	180,9
2	204	179,4	4	204	182,35

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
5	177	181,25	34	178	163,75
6	181	181,8	35	173	162
7	191	183,15	36	175	161,85
8	173	182,1	37	200	164,25
9	174	181,8	38	203	165,95
10	174	181,35	39	212	170,25
11	174	181,35	40	183	172,25
12	174	181,3	41	182	175,45
13	199	183,75	42	175	178
14	212	186,25	43	175	180,3
15	211	188	44	175	180,25
16	203	189,3	45	175	180,35
17	180	188,15	46	175	180,45
18	177	187,85	47	175	180,55
19	172	187,5	48	174	180,5
20	135	182,7	49	181	181,25
21	114	177,15	50	179	181,15
22	117	172,95	51	174	180,9
23	117	168,6	52	180	181,2
24	129	166,8	53	203	183,6
25	176	168,9	54	205	185,3
26	173	167,85	55	205	186,8
27	173	167,85	56	180	184,55
28	173	167,8	57	181	183,5
29	174	167,85	58	175	181,35
30	173	167,75	59	175	180,95
31	179	168,3	60	174	180,5
32	174	166,8	61	178	180,85
33	180	165,5	62	173	180,5

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
63	144	177,5	82	89	104,05
64	63	167,85	83	86	105,05
65	54	161,35	84	87	106,75
66	51	155	85	140	113,85
67	51	148,85	86	177	122
68	95	146,75	87	180	126,4
69	164	149,45	88	176	126,8
70	173	149,85	89	121	121,45
71	173	149,5	90	117	118,45
72	84	139,1	91	117	120,1
73	71	131,75	92	117	122,4
74	73	125,25	93	159	128,8
75	72	119,8	94	179	135,15
76	71	114,25	95	179	140,55
77	151	117,05	96	173	141,35
78	171	117,85	97	187	142,85
79	172	117,8	98	215	146,4
80	129	113,2	99	204	149,6
81	85	106,6	100	211	156,25

### A.3 Filter LV-MaxSonar EZ1 FR

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
1	194	177,7	8	173	182,1
2	204	179,4	9	174	181,8
3	204	180,9	10	174	181,35
4	204	182,35	11	174	181,35
5	177	181,25	12	174	181,3
6	181	181,8	13	199	183,75
7	191	183,15	14	212	186,25

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
15	211	188	44	175	180,25
16	203	189,3	45	175	180,35
17	180	188,15	46	175	180,45
18	177	187,85	47	175	180,55
19	172	187,5	48	174	180,5
20	135	182,7	49	181	181,25
21	114	177,15	50	179	181,15
22	117	172,95	51	174	180,9
23	117	168,6	52	180	181,2
24	129	166,8	53	203	183,6
25	176	168,9	54	205	185,3
26	173	167,85	55	205	186,8
27	173	167,85	56	180	184,55
28	173	167,8	57	181	183,5
29	174	167,85	58	175	181,35
30	173	167,75	59	175	180,95
31	179	168,3	60	174	180,5
32	174	166,8	61	178	180,85
33	180	165,5	62	173	180,5
34	178	163,75	63	144	177,5
35	173	162	64	63	167,85
36	175	161,85	65	54	161,35
37	200	164,25	66	51	155
38	203	165,95	67	51	148,85
39	212	170,25	68	95	146,75
40	183	172,25	69	164	149,45
41	182	175,45	70	173	149,85
42	175	178	71	173	149,5
43	175	180,3	72	84	139,1

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
73	71	131,75	87	180	126,4
74	73	125,25	88	176	126,8
75	72	119,8	89	121	121,45
76	71	114,25	90	117	118,45
77	151	117,05	91	117	120,1
78	171	117,85	92	117	122,4
79	172	117,8	93	159	128,8
80	129	113,2	94	179	135,15
81	85	106,6	95	179	140,55
82	89	104,05	96	173	141,35
83	86	105,05	97	187	142,85
84	87	106,75	98	215	146,4
85	140	113,85	99	204	149,6
86	177	122	100	211	156,25

#### **A.4 Filter LV-MaxSonar EZ1 FL**

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
1	171	166,9	13	48	154,05
2	165	166,5	14	49	150,55
3	167	166,7	15	50	146,4
4	167	166,55	16	48	140,45
5	167	166,6	17	52	139,1
6	167	166,5	18	70	139,65
7	167	166,1	19	156	143,65
8	167	165,7	20	168	143,65
9	86	161,25	21	169	143,65
10	51	159,3	22	169	144,9
11	48	160,35	23	167	146,35
12	50	157,95	24	171	148,1

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
25	171	148,25	54	172	148,5
26	167	147,75	55	172	145,7
27	173	147,9	56	167	142
28	173	147,3	57	173	136,6
29	172	142,7	58	175	129,8
30	173	138,4	59	171	122,7
31	167	138,1	60	173	116,15
32	167	139,25	61	167	109,5
33	171	143,6	62	168	108,9
34	74	143,5	63	167	110,3
35	51	147,45	64	167	113,7
36	48	148,1	65	167	118,6
37	48	148,2	66	167	121,6
38	47	148,35	67	171	124,55
39	48	148,9	68	165	127
40	48	148,7	69	168	127,1
41	51	147,1	70	167	125,45
42	48	144,8	71	167	123,9
43	48	142,9	72	167	122,6
44	47	142,15	73	167	124,6
45	53	140,6	74	167	126,75
46	50	136,85	75	167	129
47	49	133,45	76	169	133,35
48	148	138,8	77	173	139,15
49	174	140,65	78	173	144,85
50	170	143,9	79	173	150,55
51	173	148,85	80	171	156,3
52	173	150,7	81	173	152,75
53	172	151,25	82	168	145,5

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
83	173	138,85	92	167	139,4
84	168	131,65	93	167	141,85
85	171	127	94	168	143,35
86	165	127,2	95	168	144,7
87	167	128,45	96	166	145,75
88	167	129,6	97	173	142,4
89	167	131,05	98	172	137,65
90	167	133,55	99	173	132,95
91	168	136,5	100	168	131,3

#### **A.5 Filter LV-MaxSonar EZ1 BR**

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
1	32	32,4	18	32	32,3
2	33	32,5	19	34	32,5
3	32	32,45	20	32	32,4
4	32	32,45	21	32	32,35
5	34	32,65	22	32	32,35
6	32	32,55	23	32	32,35
7	32	32,55	24	33	32,35
8	33	32,6	25	32	32,3
9	32	32,5	26	33	32,4
10	32	32,4	27	32	32,3
11	32	32,4	28	32	32,3
12	34	32,55	29	32	32,3
13	32	32,45	30	32	32,3
14	32	32,45	31	33	32,3
15	32	32,45	32	32	32,25
16	32	32,45	33	33	32,35
17	32	32,35	34	32	32,3

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
35	32	32,3	64	32	32,25
36	32	32,3	65	33	32,35
37	33	32,4	66	32	32,3
38	32	32,25	67	33	32,4
39	32	32,25	68	33	32,45
40	33	32,35	69	32	32,4
41	32	32,3	70	32	32,35
42	32	32,3	71	32	32,3
43	32	32,25	72	32	32,3
44	32	32,25	73	32	32,3
45	32	32,2	74	32	32,3
46	32	32,2	75	34	32,5
47	32	32,2	76	32	32,35
48	32	32,2	77	32	32,3
49	32	32,2	78	32	32,25
50	32	32,15	79	32	32,25
51	33	32,25	80	32	32,25
52	33	32,25	81	33	32,35
53	32	32,2	82	34	32,5
54	32	32,2	83	32	32,4
55	32	32,2	84	33	32,45
56	32	32,15	85	33	32,5
57	33	32,25	86	32	32,4
58	33	32,3	87	32	32,35
59	33	32,3	88	33	32,45
60	32	32,25	89	35	32,7
61	32	32,25	90	32	32,55
62	32	32,25	91	32	32,55
63	32	32,25	92	32	32,55

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
93	32	32,55	97	32	32,55
94	32	32,45	98	32	32,55
95	32	32,45	99	32	32,55
96	34	32,65	100	32	32,5

### A.6 Filter LV-MaxSonar EZ1 BL

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
1	93	107,9	23	100	109,95
2	127	111,45	24	77	110,6
3	121	110,15	25	150	110,15
4	64	110,4	26	55	110,05
5	159	110,3	27	161	110,1
6	57	110,15	28	67	110
7	160	110,25	29	150	110,1
8	69	110,05	30	71	109,4
9	148	110,25	31	136	109,5
10	85	110,2	32	83	109,15
11	134	110,15	33	125	109,25
12	90	109,1	34	116	108,2
13	123	111,45	35	62	108,4
14	137	110,75	36	148	107,65
15	58	110,85	37	46	106,9
16	163	110,95	38	155	106,75
17	61	110,85	39	54	105,6
18	158	111,15	40	139	105,4
19	77	111,15	41	66	104,6
20	143	111,35	42	118	103,95
21	82	110,8	43	76	102,75
22	131	111	44	107	104,25

Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>	Waktu (ms)	<i>Input Filter</i>	<i>Output Filter</i>
45	116	102,55	73	129	97,95
46	41	101,85	74	68	97,35
47	145	101,05	75	118	98,6
48	45	99,95	76	85	97,5
49	147	99,8	77	95	99,55
50	60	99,25	78	114	97,8
51	149	99,9	79	49	98,05
52	76	99,55	80	141	97,5
53	122	99,4	81	40	96,65
54	80	97,6	82	142	97,05
55	93	99,15	83	50	96,25
56	107	97,1	84	129	96,55
57	54	97,5	85	63	95,8
58	149	97,2	86	118	96
59	44	96,7	87	82	93,8
60	152	97,35	88	113	96,9
61	57	96,9	89	125	95,35
62	134	97,7	90	45	95,2
63	66	97,2	91	150	95,65
64	123	98	92	48	95,2
65	78	96,1	93	145	96
66	114	99,75	94	60	95,6
67	126	98,8	95	134	96,4
68	51	99,1	96	79	96,1
69	156	99,55	97	117	97,2
70	48	98,95	98	87	95,85
71	141	98,55	99	88	97,8
72	57	97,6	100	113	96,4

### **A.7 Listing Program Transmitter**

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#define CE_PIN 8
#define CSN_PIN 7
const uint64_t pipe = 0xF0F0F0F0A1LL;
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
int data[5];
int a=0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe(pipe);
}

void loop() {
  if(Serial.available()){
    a=Serial.read();
    data[1]=a-48;
  }
  radio.write(data,sizeof(data));
  Serial.println(data[1]-48);
  delay(10);
}
```

### **A.8 Listing Program Receiver**

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10
#define lecho 4
#define ltrig 7
#define recho 8
#define rtrig 11
#define FR A0
#define FL A1
```

```

#define BL A2
#define BR A3
#define LPWM_L 2
#define RPWM_L 3
#define EN_L 46
#define LPWM_R 5
#define RPWM_R 6
#define EN_R 48
const uint64_t pipe = 0xF0F0F0F0A1LL;
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
boolean normal=false;
unsigned long l=0;
unsigned long r=0;
float m[21][7];
long data[5];
int fr=0;
int fl=0;
int br=0;
int bl=0;
int a=0;
int y=0;
int i=0;
int x=0;
int n=0;

void setup() {
  TCCR3B = (TCCR3B & 0b1111100 ) / 0x02;
  TCCR4B = (TCCR4B & 0b1111100 ) / 0x02;
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, pipe);
  radio.startListening();
  pinMode(EN_R, OUTPUT);
  pinMode(RPWM_R, OUTPUT);
  pinMode(LPWM_R, OUTPUT);
  pinMode(EN_L, OUTPUT);
  pinMode(RPWM_L, OUTPUT);
  pinMode(LPWM_L, OUTPUT);
  pinMode(lecho, INPUT);
}

```

```

    pinMode(ltrig, OUTPUT);
    pinMode(recho, INPUT);
    pinMode(rtrig, OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(EN_R, HIGH);
    digitalWrite(EN_L, HIGH);
    bacaradio();
    switch(y){
        case 1:
            maju();
            break;
        case 2:
            mundur();
            break;
        case 3:
            kanan();
            break;
        case 4:
            kiri();
            break;
        case 5:
            berhenti();
            break;
        default:
            normal=false;
            break;
    }
}

void bacaradio(){
    if (radio.available()){
        radio.read(data,sizeof(data));
        y= data[1];
    }
    Serial.println(y);
}

```

```

void maju(){
  if(n==0){
    for (int i=1; i<50; i++){
      front();
    }
    n=1;
  }
  else{
    front();
    left();
    right();
    back();
  }
  if(fr<40 || fl<20){
    Serial.println("awas depan");
    do{
      berhenti();
      bacaradio();
    }while(y==1);
  }
  else{
    if(i==0){
      Serial.println("ayo maju");
      for(int i=0; i<=60; i++){
        if(i<60){
          i=i;
        }
        else{
          i=60;
          delay(10);
        }
        x=i+12;
        analogWrite(RPWM_R, 0);
        analogWrite(LPWM_R, x);
        analogWrite(RPWM_L, i);
        analogWrite(LPWM_L, 0);
      }
      i=1;
    }
  }
}

```

```

else{
  if(r<25 && l>25){
    Serial.print("awas kanan");Serial.println(r);
    i=60;
    x=i/4;
    analogWrite(RPWM_R, 0);
    analogWrite(LPWM_R, i);
    analogWrite(RPWM_L, x);
    analogWrite(LPWM_L, 0);
  }
  else{
    if(l<25 && r>25){
      Serial.print("awas kiri");Serial.println(l);
      i=60;
      x=i/4;
      analogWrite(RPWM_R, 0);
      analogWrite(LPWM_R, x);
      analogWrite(RPWM_L, i);
      analogWrite(LPWM_L, 0);
    }
    else{
      Serial.println("maju");
      i=60;
      x=60;
      analogWrite(RPWM_R, 0);
      analogWrite(LPWM_R, x);
      analogWrite(RPWM_L, i);
      analogWrite(LPWM_L, 0);
    }
  }
}
}
}

void mundur(){
  if(n==0){
    for (int i=1; i<50; i++){
      back();
    }
  }
}

```

```

    n=1;
}
else{
    back();
    left();
    right();
    front();
}
if(br<18 || bl<60){
    Serial.println("awas");
    do{
        berhenti();
        bacaradio();
    }while(y==2);
}
else{
    if(i==0){
        for(int i=0; i<=40; i++){
            if(i<40){
                i=i;
            }
            else{
                i=40;
                delay(100);
            }
            x=i+24;
            analogWrite(RPWM_R, x);
            analogWrite(LPWM_R, 0);
            analogWrite(RPWM_L, 0);
            analogWrite(LPWM_L, i);
        }
    }
    Serial.println("mundur");
    i=60;
    x=60;
    analogWrite(RPWM_R, x);
    analogWrite(LPWM_R, 0);
    analogWrite(RPWM_L, 0);
    analogWrite(LPWM_L, i);
}

```

```

}
}

void kanan(){
  if(n==0){
    for (int i=1; i<50; i++){
      front();
      right();
    }
    n=1;
  }
  else{
    front();
    back();
    right();
    left();
  }
  if(r<=25 || fl<20 || fr<40){
    Serial.print("awas: ");
    do{
      berhenti();
      bacaradio();
    }while(y==3);
  }
  else{
    Serial.println("belok kanan");
    i=70;
    a=i/4;
    analogWrite(RPWM_R, 0);
    analogWrite(LPWM_R, a);
    analogWrite(RPWM_L, i);
    analogWrite(LPWM_L, 0);
  }
}

void kiri(){
  if(n==0){
    for (int i=1; i<50; i++){
      front();

```

```

    left();
}
n=1;
}
else{
    front();
    back();
    left();
    right();
}
if(l<30 || fr<40 || fl<20){
    Serial.println("awas");
    do{
        i=0;
        bacaradio();
        berhenti();
    }while(y==4);
}
else{
    Serial.println("belok kiri");
    i=70;
    a=i/5;
    analogWrite(RPWM_R, 0);
    analogWrite(LPWM_R, i);
    analogWrite(RPWM_L, a);
    analogWrite(LPWM_L, 0);
}
}

void berhenti(){
    i=0;
    n=0;
    analogWrite(RPWM_R, i);
    analogWrite(LPWM_R, i);
    analogWrite(RPWM_L, i);
    analogWrite(LPWM_L, i);
}

void front(){

```

```

m[1][1]=analogRead(FR);
m[1][2]=analogRead(FL);
for (int i=20; i>1; i--){
    m[i][1]=m[i-1][1];
    m[i][2]=m[i-1][2];
}
float sum1=0;
float sum2=0;
for (int i=1; i<=20; i++){
    sum1 = sum1 + m[i][1];
    sum2 = sum2 + m[i][2];
}
float i = sum1/20.00;
float ii = sum2/20.00;
fr=i;
fl=ii;
}

```

```

void back(){
    m[1][3]=analogRead(BR);
    m[1][4]=analogRead(BL);
    for (int i=20; i>1; i--){
        m[i][3]=m[i-1][3];
        m[i][4]=m[i-1][4];
    }
    float sum3=0;
    float sum4=0;
    for (int i=1; i<=20; i++){
        sum3 = sum3 + m[i][3];
        sum4 = sum4 + m[i][4];
    }
    float z = sum3/20.00;
    float zz = sum4/20.00;
    br=z;
    bl=zz;
}
void left(){
    digitalWrite(ltrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
}

```

```

digitalWrite(ltrig, LOW);
m[1][5]=pulseIn(lecho, HIGH);
for (int i=20; i>1; i--){
    m[i][5]=m[i-1][5];
}
unsigned long sum=0;
for (int i=1; i<=20; i++){
    sum = sum + m[i][5];
}
float i = sum/20.00;
l=-0.51+(0.02*i);
}
void right(){
digitalWrite(rtrig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(rtrig, LOW);
m[1][6]=pulseIn(recho, HIGH);
for (int i=20; i>1; i--){
    m[i][6]=m[i-1][6];
}
unsigned long sum=0;
for (int i=1; i<=20; i++){
    sum = sum + m[i][6];
}
float ii = sum/20.00;
r = -1.41+(0.02*ii);
}

```

## A.9 Datasheet

LV-MaxSonar<sup>®</sup> - EZ™ Series

### LV-MaxSonar<sup>®</sup>-EZ™ Series High Performance Sonar Range Finder MB1000, MB1010, MB1020, MB1030, MB1040

With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar-EZ provides very short to long-range detection and ranging in a very small package. The LV-MaxSonar-EZ detects objects from 0-inches to 254-inches (6.45-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 0-inches to 6-inches typically range as 6-inches. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and RS232 serial output. Factory calibration and testing is completed with a flat object. *See Close Range Operation*



#### Features

- Continuously variable gain for control and side lobe suppression
- Object detection to zero range objects
- 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- Readings can occur up to every 50ms, (20-Hz rate)
- Free run operation can continually measure and output range information
- Triggered operation provides the range reading as desired
- Interfaces are active simultaneously
- Serial, 0 to Vcc, 9600 Baud, 81N
- Analog, (Vcc/512) / inch
- Pulse width, (147uS/inch)

- Learns ringdown pattern when commanded to start ranging
- Designed for protected indoor environments
- Sensor operates at 42KHz
- High output square wave sensor drive (double Vcc)

#### Benefits

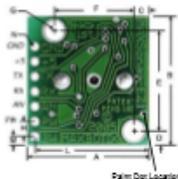
- Very low cost ultrasonic rangefinder
- Reliable and stable range data
- Quality beam characteristics
- Mounting holes provided on the circuit board
- Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery-based systems
- Fast measurement cycles

- Sensor reports the range reading directly and frees up user processor
- Choose one of three sensor outputs
- Triggered externally or internally

#### Applications and Uses

- UAV blimps, micro planes and some helicopters
- Bin level measurement
- Proximity zone detection
- People detection
- Robot ranging sensor
- Autonomous navigation
- Multi-sensor arrays
- Distance measuring
- Long range object detection
- Wide beam sensitivity

#### LV-Max Sonar-EZ Mechanical Dimensions



A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.610"	15.5 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.645"	16.4 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.670"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.8 mm	N	0.038"	1.0 mm
G	0.124"	3.1 mm	weight: 4.3 grams		



Part Number	MB1000	MB1010	MB1020	MB1030	MB1040
Paint	Black	Brown	Red	Orange	Yellow
Dot Color					

#### Close Range Operation

Applications requiring 100% reading-to-reading reliability should not use MaxSonar sensors at a distance closer than 6 inches. Although most users find MaxSonar sensors to work reliably from 0 to 6 inches for detecting objects in many applications, MaxBotix<sup>®</sup> Inc. does not guarantee operational reliability for objects closer than the minimum reported distance. Because of ultrasonic physics, these sensors are unable to achieve 100% reliability at close distances.

#### Warning: Personal Safety Applications

We do not recommend or endorse this product be used as a component in any personal safety applications. This product is not designed, intended or authorized for such use. These sensors and controls do not include the self-checking redundant circuitry needed for such use. Such unauthorized use may create a failure of the MaxBotix<sup>®</sup> Inc. product which may result in personal injury or death. MaxBotix<sup>®</sup> Inc. will not be held liable for unauthorized use of this component.

**MaxBotix<sup>®</sup> Inc.**  
Copyright 2002 - 2015 MaxBotix Incorporated  
P/N: 107496

MaxBotix Inc. products are engineered and assembled in the USA.

Page 1  
Web: [www.maxbotix.com](http://www.maxbotix.com)  
P/N: 107496

**MB1010 LV-MaxSonar-EZ1**

The LV-MaxSonar-EZ1 is the original MaxSonar product. This is our most popular indoor ultrasonic sensor and is a great low-cost general-purpose sensor for a customer not sure of which LV-MaxSonar-EZ sensor to use.

# MB1010

## LV-MaxSonar®-EZ1™ Beam Pattern

Sample results for measured beam pattern are shown on a 30-cm grid. The detection pattern is shown for dowels of varying diameters that are placed in front of the sensor

**A** 6.1-mm (0.25-inch) diameter dowel

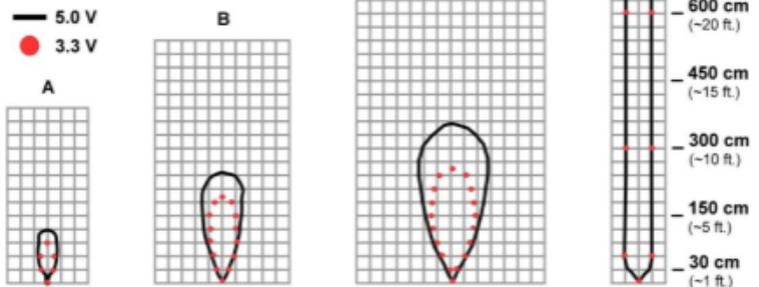
**B** 2.54-cm (1-inch) diameter dowel

**C** 8.89-cm (3.5-inch) diameter dowel

**D** 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor face.

This shows the sensor's range capability.

**Note:** For people detection the pattern typically falls between charts A and B.



**Beam Characteristics are Approximate**

Beam Pattern drawn to a 1:95 scale for easy comparison to our other products.

### MB1010 Features and Benefits

- Most popular ultrasonic sensor
- Low power consumption
- Easy to use interface
- Can detect people to 8 feet
- Great balance between sensitivity and object rejection
- Can be powered by many different types of power sources

### MB1010 Applications and

#### Uses

- Great for people detection
- Security
- Motion detection
- Used with battery power
- Autonomous navigation
- Educational and hobby robotics
- Collision avoidance

### 3. Product Views



### 4. Module Pin Assignments

	Pin Symbol	Pin Function Description
1	VCC	5V power supply
2	Trig	Trigger Input pin
3	Echo	Receiver Output pin
4	GND	Power ground

### 5. Electrical Specifications

#### WARNING

Do Not connect Module with Power Applied! Always apply power after connecting Connect "GND" Terminal first

Electrical Parameters	HC-SR04 Ultrasonic Module
Operating Voltage	5VDC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Max. Range	4m
Nearest Range	2cm
Measuring Angle	15 Degrees
Input Trigger Signal	10us min. TTL pulse
Output Echo Signal	TTL level signal, proportional to distance
Board Dimensions	1-13/16" X 13/16" X 5/8"
Board Connections	4 X 0.1" Pitch Right Angle Header Pins

## RIWAYAT HIDUP



Nama : Darul Muslimin  
TTL : Tuban, 2 September 1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Ds. Padasan RT 04/RW  
02, Kec. Kerek, Tuban  
Telp/HP : 082335356394  
E-mail : darmus86@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1999-2001 : TK Al-barokah Padasan
- 2001-2007 : SDN Padasan
- 2007-2011 : SMP Negeri 1 Kerek
- 2011-2014 : SMA Negeri 2 Tuban
- 2014-sekarang : Departemen Teknik Elektro Otomasi, ITS

### PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di *Section of Packer & Port Elect & Instr Maint* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk (2016)

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff Departemen Syi'ar LDJ Salman Al-Farisi ITS (2015-2016)

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----