



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ROBOT *SEARCH AND RESCUE* (SAR)
DENGAN MEKANISME HIBRID BERODA DAN BERKAKI
BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3052F**

SKRIPSI

PATAR BANGUN

0806366213

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JULI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ROBOT *SEARCH AND RESCUE* (SAR)
DENGAN MEKANISME HIBRID BERODA DAN BERKAKI
BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3052F**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

PATAR BANGUN

0806366213

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Patar Bangun

NPM : 0806366213

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Patar Bangun
NPM : 0806366213
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Robot *Search and Rescue* (SAR)
dengan Mekanisme Hibrid Beroda dan Berkaki
Berdasarkan Mikrokontroler H8/3052F

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Muis, S.T., M.Eng (.....)
Penguji : Ir. Wahidin Wahab, MSc, PhD (.....)
Penguji : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena hanya oleh berkat, rahmat, serta penyertaan-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Abdul Muis, ST., M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga saya tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat pada saya.
3. Seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
4. Teman-teman Ekstensi Teknik Elektro angkatan 2008, dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih untuk segala bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari akan keterbatasannya sebagai makhluk ciptaan Tuhan yang tak bisa luput dari kelalaian dan kesalahan. Oleh karena itu penulis akan sangat menghargai segala kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi dan proyek tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Patar Bangun
NPM : 0806366213
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**RANCANG BANGUN ROBOT *SEARCH AND RESCUE* (SAR) DENGAN
MEKANISME HIBRID BERODA DAN BERKAKI BERBASIS
MIKROKONTROLER H8/3052F**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 12 Juli 2010
Yang menyatakan

(Patar Bangun)

ABSTRAK

Nama : Patar Bangun
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Robot *Search and Rescue* (SAR) dengan Mekanisme Hibrid Beroda dan Berkaki Berbasis Mikrokontroler H8/3052F

Daerah yang berbahaya dan sulit dijangkau pada reruntuhan akibat bencana serta keterbatasan fisik manusia, menyebabkan perlunya suatu robot sebagai pengganti kerja tim SAR dalam melakukan misinya. Salah satu faktor yang penting dimiliki oleh robot dalam SAR adalah kecepatan dalam melakukan tugasnya. Hal ini karena kondisi korban yang kritis dan segera butuh pertolongan, dan juga kemungkinan terjadinya reruntuhan susulan. Mekanisme hibrid beroda dan berkaki memaksimalkan pergerakan robot SAR. Dengan mekanisme beroda, robot dapat berpindah dengan cepat pada daerah yang tidak terlalu sulit, sedangkan dengan mekanisme berkaki, robot dapat melewati rintangan pada daerah yang sulit.

Proyek Tugas Akhir ini merupakan tahap awal penelitian rancang bangun robot untuk aplikasi SAR. Dalam penelitian dilakukan perancangan dan pembuatan robot SAR yang menggunakan mekanisme beroda dan berkaki. Robot akan memiliki 4 kaki dengan 3 sendi dan 1 roda *track* pada masing-masing kaki. Motor servo digunakan sebagai aktuator pada mekanisme kaki dan motor DC digunakan sebagai aktuator pada mekanisme roda. Sebagai pemroses digunakan mikrokontroler H8/3052F. Sistem sederhana dibuat untuk mendukung pengujian terhadap performa robot ini.

Dari hasil eksperimen, mekanisme hibrid beroda dan berkaki memungkinkan robot melakukan banyak variasi gerakan untuk mempermudah perpindahan robot pada daerah yang sulit. Mikrokontroler H8/3052F mempunyai fitur-fitur yang cukup untuk penelitian tahap awal robot SAR ini. Antarmuka antara mikrokontroler dan motor servo dari hasil perancangan, mampu untuk mengontrol multiservo secara independen menggunakan sinyal PWM tanpa adanya gangguan jitter, satu sinyal PWM dapat digunakan untuk mengontrol 8 motor servo secara independen. Dan antarmuka antara mikrokontroler dan motor DC dari hasil perancangan, dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putar motor DC sekaligus dengan menggunakan sebuah sinyal PWM.

Kata Kunci:

Robot *Search and Rescue* (SAR), Mekanisme hibrida beroda dan berkaki, Kontrol multiservo, *Driver* motor DC, Komunikasi Serial, Mikrokontroler H8/3052F.

ABSTRACT

Name : Patar Bangun
Study Program : Electrical Engineering
Title : A Search and Rescue (SAR) Robot Design and Building with Hybrid Mechanism of wheeled and legged based on Microcontroller H8/3052F

The dangerous and difficult to reach the debris from the disaster and the physical limitations of human, causing the need for a robot as a substitute for the SAR team in performing its mission. One important factor which is owned by the robot in the SAR is the speed in performing its duties. This is because the critical condition of the victim who need immediate help, and also the possibility of aftershocks ruins. The mechanism of hybrid wheeled and legged maximize the movements of SAR robot. With the mechanism of wheeled, robot can move quickly in areas that are not too difficult, whereas with the mechanism of legged, robot can pass through obstacles in difficult areas.

This Final Project is a preliminary stage research of designing a robot for SAR applications. In this research is design and manufacture of SAR robot using wheeled and legged mechanisms. Robots will have four legs with three joints and a wheel track on each leg. Servo motors used as actuators in leg mechanism and DC motors are used as actuators in the wheel mechanism. As a processor is used H8/3052F microcontroller. Simple system is designed to support the testing of the robot's performance.

From the experimental results, mechanisms of hybrid wheeled and legged robots do a lot of variations possible move to ease the movement of robots in difficult areas. H8/3052F microcontroller has enough features for the early stages research of this SAR robot. The interface between microcontroller and servo motors from the result of design, able to control multiservo independently using PWM signal without jitter, a PWM signal can be used to control 8 servo motors independently. And the interface between microcontroller and DC motor from the result of design, can be used to control speed and direction of DC motor rotation at once using a PWM signal.

Key words:

Search and Rescue (SAR) Robots, Mechanism of wheeled and legged hybrid, Multiservo Control, Motor DC Driver, Serial Communications, Microcontroller H8/3052F.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Masalah dan Pembatasan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Metodologi	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
2. KAJIAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Kajian Robotika	4
2.2 Kajian Robot SAR	5
2.3 Desain Robot SAR.....	6
2.4. Motor Servo	7
2.4.1 Kontrol Posisi Motor Servo	8
2.5 Motor DC	9
2.5.1 Kontrol Motor DC.....	9
2.6 Kajian Sistem Kendali Untuk Mengontrol Multiservo	11
2.6.1 Penyebab <i>Jitter</i> dan Efeknya.....	12
2.6.2 Distribusi Sinyal PWM	13
2.6.3 Meniadakan <i>Jitter</i>	15
2.7 Mikrokontroler H8/3052F.....	16
2.7.1 Unit Pewaktuan Terintegrasi (<i>Integrated Time Unit</i>)	19
2.7.1.1 Operasi ITU pada Mode PWM	19
2.7.1.2 Operasi ITU pada Mode <i>Reset-Synchronized PWM</i>	21
2.7.2 Antarmuka Komunikasi Serial.....	22
2.7.2.1 Inisialisasi Serial pada SCI.....	23
2.7.2.2 Transmisi Data Serial pada SCI.....	24
2.7.2.3 Penerimaan Data Serial pada SCI	25
2.8 Komunikasi Data Serial	27
2.8.1 Komunikasi Serial Asinkron	27
2.8.2 Komunikasi Serial Sinkron	28
2.9 Komunikasi Serial dengan RS-232C	29
2.9.1 Konfigurasi Pin RS-232C DB-9.....	29
2.9.2 Konfigurasi Hubungan Kabel Pin SCI dengan RS-232C DB-9	29

3. PERANCANGAN	31
3.1 Rangka Robot.....	31
3.2 Aktuator Robot.....	33
3.2.1 Motor Servo untuk Persensian Kaki Robot	33
3.4.2 Motor DC untuk Roda <i>Track</i>	35
3.3 Rangkaian Antarmuka Motor Servo dengan Mikrokontroler	37
3.4 Rangkaian Antarmuka Motor DC dengan Mikrokontroler	38
3.5 Sistem Kontrol	41
3.6 Komunikasi Data antara PC dan Mikrokontroler	42
4. PENGUJIAN	44
4.1 Keadaan Awal Robot	44
4.2 Robot Berjalan Maju dengan Roda <i>Track</i>	45
4.3 Pengendalian Sendi pada Kaki 1 dan Kaki 2 Secara Manual Melalui PC	46
4.4 Robot Berdiri dengan Kaki	48
5. PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR REFERENSI.....	55
DAFTAR LAMPIRAN	
Lampiran 1. Karakter Perintah dari Keyboard PC ke Mikrokontroler	56
Lampiran 2. Foto Robot SAR.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sebuah Adegan dalam Sandiwara R.U.R Memperllihatkan 3 Robot ...	4
Gambar 2.2	Berbagai Bentuk Robot SAR Diambil dari Berbagai Sumber	6
Gambar 2.3	Motor Servo	7
Gambar 2.4	Contoh Hubungan PWM dan Posisi Motor Servo pada Umumnya.....	8
Gambar 2.5	Rangkaian Driver Motor DC dengan Input PWM Menggunakan IC L298.	10
Gambar 2.6	Diagram Blok IC L298.....	10
Gambar 2.7	Grafik Hubungan <i>Duty</i> PWM dengan Tegangan AB pada Rangkaian Driver Motor DC.....	11
Gambar 2.8	Fluktuasi atau <i>Jitter</i> pada Sinyal PWM	12
Gambar 2.9	Grafik Waktu Pendistribusian 1 Sinyal PWM Menjadi 8 Sinyal PWM untuk Motor Servo.....	13
Gambar 2.10	Pin IC 74HC238 yang Digunakan untuk Distribusi Sinyal PWM.....	14
Gambar 2.11	Grafik Waktu Sinyal dengan Penggunaan IC 74HC238 untuk Distribusi Sinyal PWM	14
Gambar 2.12	Grafik Waktu Sinyal dengan Penggunaan IC 74HC238 untuk Distribusi Sinyal PWM yang Menunjukkan Adanya <i>Jitter</i> pada Sinyal Idx	15
Gambar 2.13	Pin IC 74HC238 yang Digunakan untuk Penghilang <i>Jitter</i>	15
Gambar 2.14	Grafik Waktu Sinyal setelah Penggunaan IC 74HC75 sebagai Penghilang <i>Jitter</i>	16
Gambar 2.15	Pengaturan PIN pada Mikrokontroler H8/3052F.....	17
Gambar 2.16	Flowchart Prosedur <i>Setup</i> Mode PWM.....	20
Gambar 2.17	Flowchart Prosedur <i>Setup</i> Mode <i>Reset-Synchronized</i> PWM.....	21
Gambar 2.18	Flowchart Inisialisasi SCI	24
Gambar 2.19	Flowchart untuk Transmisi Data Serial SCI	25
Gambar 2.20	Flowchart untuk Menerima Data Serial SCI.....	26
Gambar 2.21	Format Data Komunikasi Serial Asinkron.....	21

Gambar 2.22	Format Data Komunikasi Serial Sinkron	28
Gambar 2.23	RS-232C DB-9 Konektor Tampak Depan	29
Gambar 2.24	Koneksi Kabel Pin Serial SCI dengan Port Serial Komputer	30
Gambar 3.1	Desain Kasar Robot SAR pada Keadaan Posisi Normal	31
Gambar 3.2	Dimensi Robot	32
Gambar 3.3	Jangkauan Sudut Putar Sendi 1 Dilihat dari Bawah Robot.....	32
Gambar 3.4	Jangkauan Sudut Putar Sendi 2 dan Sendi 3 Dilihat dari Samping Robot.....	33
Gambar 3.5	Ukuran Roda <i>Track</i> Dilihat dari Posisi Samping.....	33
Gambar 3.6	Motor Servo Tipe GWSservo Micro dan GWServo S03T	34
Gambar 3.7	Motor DC <i>gearbox</i> yang digunakan.....	35
Gambar 3.8	Foto Mekanisme <i>Gear</i> untuk Memutar Roda <i>Track</i> pada Kaki Robot.....	36
Gambar 3.9	Gambar Skematik Rangkaian Antarmuka Motor Servo dengan Mikrokontroler.	37
Gambar 3.10	Gambar Skematik Rangkaian Antarmuka Motor DC dengan Mikrokontroler	39
Gambar 3.11	Diagram Blok Sistem	41
Gambar 3.12	Susunan Data Transfer dari Mikrokontroler ke PC.....	43
Gambar 4.1	Keadaan Awal Robot Setelah Aktif	44
Gambar 4.2	Skema PengujianPengendalian Sendi pada Kaki 1 dan Kaki 2 secara Manual Melalui PC	46
Gambar 4.3	Grafik Posisi Sudut Motor Servo pada Pengujian Mengendalikan Sendi pada Kaki 1 dan Kaki 2 Secara Manual Melalui PC.....	47
Gambar 4.4	Keadaan Robot setelah Posisi Akhir pada Pengujian Pengendalian Sendi pada Kaki 1 dan Kaki 2 Secara Manual Melalui PC.....	48
Gambar 4.5	Tahap Gerak Robot saat Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki. 49	
Gambar 4.6	Grafik Posisi Sudut Motor Servo pada Kaki 1 pada Pengujian Robot Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	49

Gambar 4.7	Grafik Posisi Sudut Motor Servo pada Kaki 2 pada Pengujian Robot Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	50
Gambar 4.8	Grafik Posisi Sudut Motor Servo pada Kaki 3 pada Pengujian Robot Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	50
Gambar 4.9	Grafik Posisi Sudut Motor Servo pada Kaki 4 pada Pengujian Robot Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	51
Gambar 4.10	Keadaan Robot pada Tahap Akhir Pengujian Robot Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi IC 74HC75	16
Tabel 2.2	Keterangan Pin-Pin pada RS-232C.....	29
Tabel 3.1	Spesifikasi Motor Servo.....	34
Tabel 3.2	Spesifikasi Tambahan Motor Servo.....	34
Tabel 3.3	Kecepatan Roda dengan Variasi Tegangan Berdasarkan Pengujian dengan Keadaan Roda <i>Track</i> Tanpa Beban	36
Tabel 3.4	Data Pengujian Rangkaian Antarmuka Motor DC dengan Mikrokontroler	41
Tabel 4.1	Kecepatan Robot dengan Variasi Tegangan saat Berjalan dengan Roda <i>Track</i>	45
Tabel 4.2	Posisi Akhir Sudut Servo pada pengujian sendi secara manual.....	47
Tabel 4.3	Posisi Sudut Motor Servo pada Sendi-Sendi Robot saat Melakukan Manuver Berdiri dengan Kaki.....	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan yang melelahkan dari tim *Search and Rescue* (yaitu para ahli, pekerja dan anjing pelacak yang menggunakan beberapa informasi sensorik) dalam bencana besar, membuat desain suatu robot *Search and Rescue* (SAR) menjadi suatu kebutuhan. Robot SAR dapat menggantikan manusia untuk mencari korban yang terperangkap dalam reruntuhan. Salah satu faktor yang penting dimiliki oleh robot dalam SAR ialah kecepatan dalam melakukan tugasnya. Hal ini dikarenakan kondisi korban yang kritis dan perlu pertolongan segera, juga masih adanya kemungkinan reruntuhan susulan yang dapat merusak robot. Robot SAR harus memiliki kemampuan untuk melakukan manuver di area yang tak terduga dan rumit dan harus memiliki kemampuan untuk mengatasi situasi yang tidak pasti dan untuk bereaksi cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Sekarang ini ada banyak jenis robot yang diusulkan untuk SAR. Variasinya sangat banyak, mulai dari robot berkaki hexapod yang memiliki tangkai dengan mikrofon dan kamera mikro CCD, hingga robot yang cukup kecil untuk masuk ke reruntuhan dengan CCD dan kamera infra-merah. Jenis robot *serpentine* (yang dapat berlekuk-lekuk) dan *shape-shifting* (yang dapat berubah bentuk) dapat menyediakan operasi pencarian yang sangat efektif pada lingkungan 3D karena jumlah derajat kebebasan gerak yang tinggi. Menggunakan jenis robot *marsupial* (yaitu satu tim robot yang terdiri dari satu robot induk yang membawa beberapa robot lainnya) mungkin juga sangat efektif untuk mencari pada reruntuhan karena mempekerjakan beberapa robot. Jenis *hovering* (yang dapat melayang) biasa digunakan untuk mengumpulkan informasi dari atas reruntuhan namun akan sulit menjelajah didalam reruntuhan. Sistem biologis secara alami menjadi sumber inspirasi yang paling penting bagi insinyur robot untuk merancang robot. [3]

Perkembangan robot yang pesat telah menciptakan robot-robot baru yang memiliki kemampuan yang unik. Diantaranya adalah perkembangan mekanisme

robot hibrid yang menggunakan roda dan kaki pada satu tubuh robot yang dapat difungsikan secara bersamaan ataupun secara bergantian sesuai kondisi. Alasan membahas mekanisme robot hibrid adalah ingin menggabungkan kemampuan dari penggunaan roda dan juga dari penggunaan kaki sebagai alat gerak robot. Pada penggunaan roda dapat dihasilkan perpindahan dengan kecepatan tinggi dibandingkan dengan menggunakan kaki, sedangkan dengan menggunakan kaki dapat melewati yang sulit dilewati oleh roda seperti medan berpasir atau anak tangga. Perpaduan roda dan kaki akan membantu robot melewati rintangan yang sulit.

Pada proyek tugas akhir ini, akan dibuat robot untuk SAR yang menggunakan mekanisme hibrida roda dan kaki. Robot akan mempunyai 4 kaki dengan masing-masing kaki memiliki 3 sendi dan 1 roda *track*. Sebagai aktuator robot akan digunakan motor servo dan motor DC. Mikrokontroler Hitachi H8/3052F digunakan sebagai pemroses kerja robot.

1.2 Masalah dan Pembatasan Masalah

Masalah dan batasan masalah yang akan dibahas pada proyek tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan mekanisme robot yang mempunyai 4 kaki. Masing-masing kaki memiliki 3 sendi dan 1 roda *track*.
2. Perancangan dan pembuatan kontrol 12 motor servo untuk total 12 sendi pada kaki-kaki robot dan 4 motor DC untuk 4 roda dengan menggunakan sebuah mikrokontroler.
3. Pemrograman mikrokontroler Hitachi H8/3052F sebagai pemroses robot.
4. Pembuatan sistem sederhana untuk pengontrolan gerak robot dari PC melalui komunikasi serial.

1.3 Tujuan

Tujuan dari proyek tugas akhir ini adalah merancang dan menguji sebuah robot SAR. Hasil dari proyek ini diharapkan akan dikembangkan dan disempurnakan lebih lanjut lagi untuk mencapai tujuannya yaitu digunakan sebagai alat bantu SAR.

1.4 Metodologi

Penelitian yang didefinisikan pada skripsi ini dilakukan melalui:

1. Pendekatan tinjauan pustaka yaitu melakukan studi literatur dari buku-buku pustaka, sumber-sumber di Internet, dan buku manual dari perangkat yang digunakan.
2. Pendekatan diskusi dengan pembimbing skripsi yang berkaitan dengan topik bahasan skripsi.
3. Perancangan dan pembuatan perangkat keras.
4. Pembuatan program pada mikrokontroler untuk melakukan pengujian terhadap batasan masalah yang dibahas pada skripsi ini.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan yang digunakan dalam penyelesaian seminar ini dibagi dalam tiga bab sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang,, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan.

BAB 2 KAJIAN DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi kajian dan landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat (*hardware*) serta pembuatan program (*software*).

BAB 3 PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan rancangan alat berupa desain dan penjelasan alat dan rangkaian-rangkaian yang digunakan.

BAB 4 PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang pengujian dari unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan.

BAB 5 PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis berdasarkan dari hasil karya tulis dan proyek tugas akhir ini.

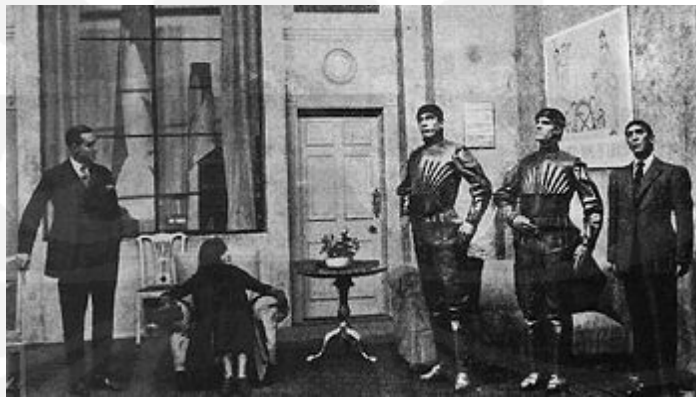
BAB 2

KAJIAN DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Robotika [4]

Konsep robot secara jelas dibangun oleh banyak kesadaran kreatifitas manusia di masa lampau. Legenda Titan Prometheus, yang membentuk manusia dari tanah liat, atau The Giant Talus, slave perunggu yang ditempa oleh Hephaestus (3500 SM), memberikan bukti untuk penyelidikan dalam mitologi Yunani. Patung Oracle Mesir yang menyembunyikan imam di dalamnya (2500 SM) yang kemungkinan merupakan pendahulu dari mesin hitung modern kita. Jam air clepsydra yang diperkenalkan oleh Babel (1400 SM) adalah salah satu artefak mekanik otomatis pertama. Perangkat-perangkat seperti teater bergerak *Hero of Alexandria* (100 AD), mesin humanoid karya Al-Jazari (1200), dan banyak desain hebat karya Leonardo da Vinci (1500).

Meskipun begitu, munculnya robot secara “fisik” harus menunggu kedatangan teknologi yang mendasari pada abad ke-20. Pada tahun 1920, istilah robot turunan dari "robota" dalam bahasa orang Slav yang berarti tenaga kerja bawahan -- pertama kali diperkenalkan oleh dramawan Ceko, Karel C Hetty dalam sandiwaranya “*Rossum's Universal Robots (R.U.R.)*”. Gambar 2.1 memperlihatkan sebuah adegan dalam sandiwara ini.



Gambar 2.1 Sebuah adegan dalam sandiwara R.U.R memperlihatkan 3 robot.

Sumber: www.wikipedia.org

Pertengahan abad kedua puluh membawa eksplorasi pertama hubungan antara kecerdasan manusia dan mesin, menandai awal era penelitian dalam bidang kecerdasan buatan, AI (*Artificial Intelligence*). Sekitar waktu itu, robot pertama

diwujudkan. Mereka mendapat manfaat dari kemajuan dalam teknologi berbeda yaitu mekanika, kontrol, komputer dan elektronik. Seperti biasanya, desain baru memotivasi penelitian dan penemuan-penemuan baru, yang pada gilirannya, menyebabkan peningkatan solusi dan dengan demikian juga konsep-konsep baru. Lingkaran ini dari waktu ke waktu menghasilkan pengetahuan dan pemahaman yang memberikan kelahiran bidang robotika, lebih tepatnya disebut sebagai: ilmu pengetahuan dan teknologi robot.

2.2 Kajian Robot SAR

Robot SAR (*Search and Rescue*) adalah robot yang digunakan untuk membantu tim USAR (*Urban Search and Rescue*) untuk melakukan tugasnya dalam melakukan pencarian dan penyelamatan korban pada suatu daerah bencana. Robot digunakan karena keterbatasan yang dimiliki oleh manusia. Manusia cenderung mudah lelah, area yang berbahaya dan sulit dijangkau merupakan beberapa faktor perlunya suatu alat untuk menggantikan peran manusia sebagai tim penyelamat.

Salah satu faktor yang penting dimiliki oleh robot dalam SAR ialah kecepatan dalam melakukan tugasnya. Hal ini dikarenakan kondisi korban yang kritis dan perlu pertolongan segera, juga masih adanya kemungkinan reruntuhan susulan yang dapat merusak robot. Oleh karena itu, robot SAR harus memiliki kemampuan untuk melakukan manuver di area yang tak terduga dan rumit dan harus memiliki kemampuan untuk mengatasi situasi yang tidak pasti dan untuk bereaksi cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Robot SAR yang ada saat ini, kebanyakan masih menggunakan kontrol jarak jauh. Hal ini dikarenakan belum adanya suatu sistem canggih untuk dapat membuat robot tersebut melakukan tugasnya sendiri, sehingga peran manusia sebagai pengendali robot masih diperlukan. Dalam melakukan tugasnya, robot SAR perlu dilengkapi berbagai peralatan untuk mendukung kegunaan robot tersebut. Diantaranya yaitu alat navigasi, kamera pemantau, dan juga beberapa mekanisme alat pertolongan pertama.



Gambar 2.2 Berbagai bentuk robot SAR diambil dari berbagai sumber.

Sumber: Beberapa link di internet. Telah diolah kembali.

Medan area yang sulit dilalui menyebabkan perlunya suatu mekanisme gerak yang memungkinkan robot melewati semua rintangan tanpa menyebabkan kerusakan pada robot. Mekanisme gerak robot tersebut juga harus dapat bergerak dengan stabil dan cepat. Beberapa mekanisme tradisional pada kebanyakan robot SAR yaitu mekanisme berjalan/berkaki, beroda dan merayap. Mekanisme berkaki memungkinkan robot SAR untuk melewati banyak rintangan, namun terbatas pada kecepatannya. Mekanisme beroda memungkinkan perpindahan robot dilakukan dengan cepat, namun rintangan dapat dilewati hanya jika tinggi rintangan tersebut lebih rendah dari diameter roda robot. Ada lagi mekanisme hibrid yang menggabungkan mekanisme berkaki dengan mekanisme beroda pada robot. Dengan begitu robot akan mampu berpindah dengan cepat dan juga mampu melewati banyak rintangan. Mekanisme inilah yang sekarang ini banyak digunakan pada robot-robot SAR. Gambar 2.2 memppperlihatkan berbagai bentuk robot SAR dengan berbagai mekanisme.

2.3 Desain Robot SAR

Dari kelebihan dan kekurangan berbagai robot SAR dari hasil studi, pada penelitian ini dipertimbangkan untuk merancang suatu robot SAR dengan mekanisme hibrid beroda dan berkaki. Alasan dipilihnya mekanisme tersebut

adalah untuk memaksimalkan mobilitas robot SAR tersebut. Robot SAR ini terdiri dari 4 kaki dengan masing-masing memiliki 3 sendi, dan sebuah roda *track* pada masing-masing kaki.

Ketiga sendi pada masing-masing kaki memungkinkan robot untuk melakukan banyak manuver gerak. Sehingga robot dapat berjalan, memanjat, berbelok, memutar, dan sebagainya. Tiap-tiap sendi robot memiliki derajat perputaran sebesar minus 90° sampai plus 90° , hal ini dikarenakan untuk pergerakan sendi-sendi tersebut digunakan motor servo standar yang memiliki kemampuan putar hingga 180° .

Sebuah roda *track* pada masing-masing kaki menggunakan motor DC yang memakai *gearbox* untuk mengurangi kecepatannya sekaligus meningkatkan torsi. Roda-roda ini bertujuan untuk menggerakkan robot pada daerah yang tidak terlalu berintang, dan juga untuk dapat membantu kaki robot melewati rintangan dengan kolaborasi manuver roda dan kaki robot.

2.4 Motor Servo

Dari desain robot SAR, untuk keperluan menggerakkan sendi-sendi pada kaki robot digunakanlah motor servo. Motor servo merupakan motor yang banyak dipakai pada aplikasi yang membutuhkan kepresisian posisi. Motor servo ini yang bertanggung-jawab untuk membuat objek yang dikontrol bergerak ke arah dan posisi sesuai yang dikehendaki. Oleh karena itu, motor servo sangat tepat digunakan sebagai penggerak pada sendi kaki robot. Gambar 2.3 adalah salah satu jenis motor servo dengan type GWServo S03T 2BBMG.



Gambar 2.3 Motor servo.

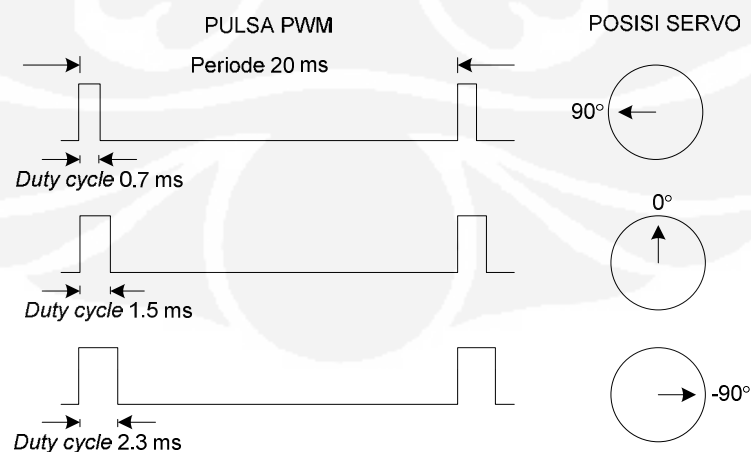
Motor servo merupakan motor yang didalamnya sudah memiliki pengendali internal dengan *closed feedback* (umpan balik tertutup). Dengan demikian maka motor servo dapat diatur untuk mendapatkan posisi yang dikehendaki.

Motor servo jika dibuka dari badannya maka akan didapat bagian-bagian sebagai berikut: sebuah motor yang merupakan jantung dari motor servo, susunan *gear* yang berguna untuk mengurangi kecepatan putar motor, sebuah potensiometer dan PCB yang berisi rangkaian kontrol. Rangkaian kontrol dari motor servo berukuran kecil biasanya disuplai dengan tegangan DC umumnya sebesar 4.8-6 volt.

Motor servo datang dengan banyak ukuran. Ada yang berukuran kecil yang biasanya dipakai untuk mainan (pesawat atau mobil) sampai yang besar yang dapat dipakai untuk peralatan industri. Dalam banyak hal, motor servo banyak dipakai untuk rangkaian robot.

2.4.1 Kontrol Posisi Motor Servo

Hal yang unik dari motor servo adalah bahwa kebanyakan motor servo ini diatur/dikendalikan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation* = modulasi lebar pulsa). Dengan menggunakan komputer atau rangkaian mikrokontroler untuk menghasilkan sinyal PWM, akan dapat dengan mudah mengendalikan motor servo. Pengendalian posisi motor servo menggunakan sinyal PWM dilakukan dengan cara mengatur lebar pulsa positif sinyal PWM tersebut. Frekuensi sinyal PWM yang dipakai biasanya adalah 50Hz dengan range lebar pulsa positif pada umumnya antara 500 – 2500 μ s, tergantung jenis motor servo yang dipakai. Motor servo standar memiliki 3 posisi utama yaitu posisi 0°, posisi 90° dan posisi -90°. Gambar 2.4 adalah contoh standar sinyal PWM untuk menentukan posisi motor servo.



Gambar 2.4 Contoh hubungan PWM dan posisi pada motor servo umumnya.

2.5 Motor DC

Dari desain robot SAR, untuk keperluan memutar roda-roda track pada kaki robot digunakanlah motor DC. Motor DC cocok digunakan pada aplikasi yang menggunakan kecepatan tinggi dan torsi yang cukup besar. Oleh karena itu, motor ini biasanya digunakan pada bagian roda (*wheel*) robot. Banyak juga aplikasi robotika yang menggunakan motor DC untuk menggerakkan persendian kaki atau lengan robot, dengan menambahkan suatu sensor untuk komponen feedbacknya.

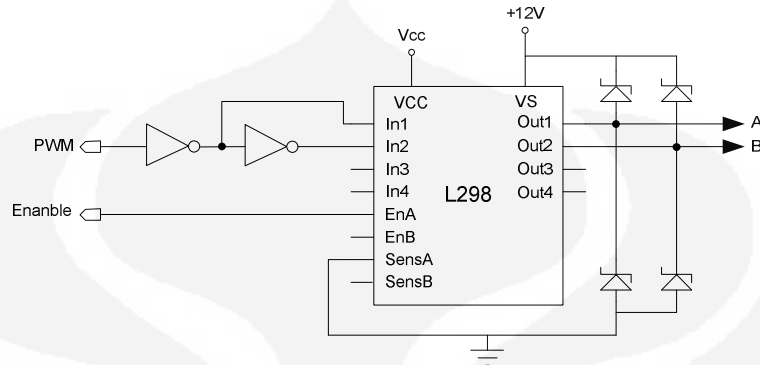
Sesuai dengan namanya, Motor DC didayai dengan tegangan DC (*Direct Current* = arus searah). Dengan demikian putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga dibalik. Motor DC juga datang dengan tegangan kerja yang bervariasi. Ada yang memiliki tegangan kerja 3 V, 6 V, 12 V dan 24V. Untungnya, motor DC biasanya masih bisa beroperasi bila diberikan tegangan lebih rendah dari tegangan kerja normalnya, walaupun putarannya menjadi lambat dan torsi yang dihasilkan juga lebih kecil. Untuk dipakai pada sistem robot, putaran sebuah Motor DC biasanya terlalu kencang. Untuk itu dipakai susunan gir-gir untuk mengurangi kecepatan putar shaft motor dan juga untuk meningkatkan torsinya.

Keluaran dari port suatu mikrokontroler tidak cukup memberikan arus yang diperlukan untuk menjalankan motor, oleh karena itu harus dipasang sebuah antarmuka untuk mengontrol suatu motor DC.

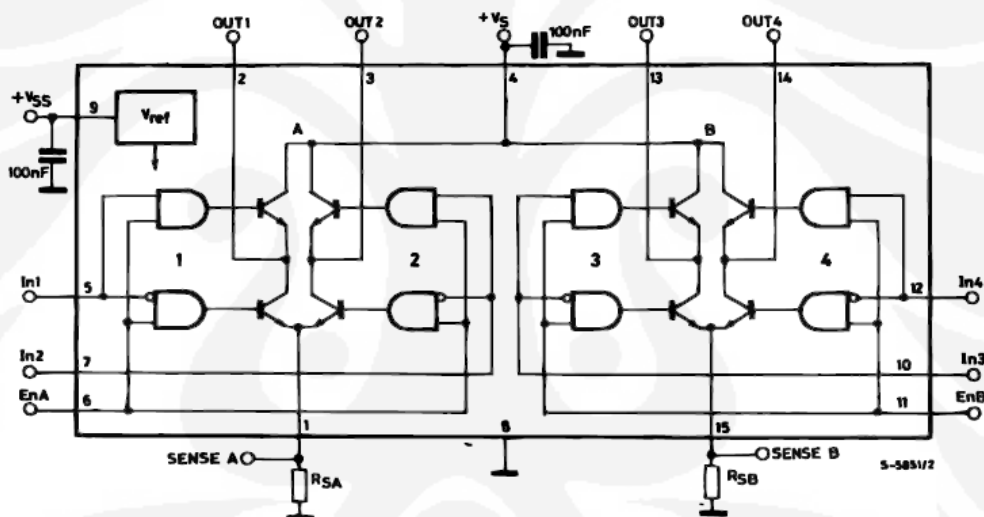
2.5.1 Kontrol Motor DC

Dalam motor DC, ada dua hal yang perlu dikendalikan, yaitu kecepatan dan arah putarnya. Untuk mengubah kecepatan motor DC, dilakukan dengan mengubah tegangan kerja motor, dan untuk mengubah arah putar motor DC dilakukan dengan mengubah polaritas kedua kutubnya. Suatu cara untuk dapat mengatur kecepatan dan arah putar motor DC adalah dengan menggunakan sinyal PWM dan sebuah rangkaian driver. Dengan rangkaian driver, sinyal PWM yang memiliki tegangan positif (*high*) dan nol (*low*) dengan frekuensi tertentu diubah menjadi sinyal bertegangan positif dan negatif dengan frekuensi yang sama dengan sinyal PWM tersebut. Gambar 2.5 memperlihatkan contoh rangkaian driver untuk mengatur kecepatan dan arah putar motor DC dengan sinyal PWM

menggunakan IC L298 yaitu IC *dual full-bridge driver*. Gambar 2.6 merupakan diagram blok dari IC L298 yang memperlihatkan adanya rangkaian *full-bridge* didalam IC.



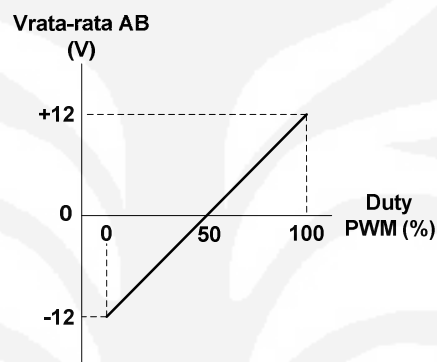
Gambar 2.5 Rangkaian driver motor DC dengan input PWM menggunakan IC L298.



Gambar 2.6 Diagram blok IC L298.

Sinyal PWM digunakan sebagai input pada rangkaian. Enable digunakan untuk mengaktifkan (jika berlogika *low*) dan menonaktifkan (jika berlogika *high*) rangkaian. Pada saat rangkaian dalam keadaan aktif (enable berlogika *low*), dan sinyal PWM dalam kondisi positif (*high*), In1 mendapatkan kondisi nol (*low*) dan In2 mendapatkan kondisi positif. Dalam keadaan itu Out1 akan bertegangan +12V dan Out2 akan bertegangan 0V, maka tegangan AB akan menjadi +12V. Sebaliknya, pada saat rangkaian dalam keadaan aktif, dan sinyal PWM dalam kondisi nol (*low*), In1 mendapatkan kondisi positif (*low*) dan In2 mendapatkan kondisi positif. Dalam keadaan itu Out1 akan bertegangan 0V dan Out2 akan

bertegangan +12V, maka tegangan AB akan menjadi -12V. Dengan demikian, jika sinyal PWM mempunyai *duty cycle* 50%, maka tegangan rata-rata pada AB akan menjadi 0. Dengan merubah *duty* sinyal PWM pada 0% sampai 100%, maka tegangan rata-rata pada AB akan bernilai antara -12V sampai +12V. Tegangan AB ini dapat digunakan untuk sumber tegangan motor DC, sehingga kecepatan dan arah putar motor DC dapat diatur dengan merubah *duty* sinyal PWM tersebut. Hubungan antara *duty* PWM dengan tegangan AB secara teori dapat dilihat pada grafik gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik hubungan *duty* PWM dengan tegangan AB pada rangkaian driver motor DC.

Teknik *duty cycle* atau teknik PWM digunakan untuk menghasilkan tegangan yang dapat diubah-ubah. Teknik ini merupakan dasar bagi kebanyakan alat pengontrol motor DC. Frekuensi sinyal PWM sebesar 2 kHz sampai 25 kHz sering dipakai.

2.6 Kajian Sistem Kendali Untuk Mengontrol Multiservo [2]

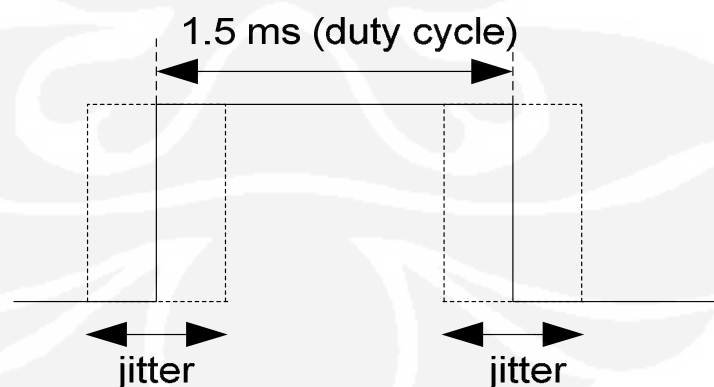
Seperti telah dikatakan di atas, kebanyakan motor servo dikontrol dengan memakai sinyal PWM. Demikian juga pada motor servo yang digunakan pada penelitian robot ini menggunakan sinyal PWM untuk mengontrol servo. PWM dapat dihasilkan dari berbagai sumber. Untuk aplikasi robot ini digunakan mikrokontroler untuk menghasilkan PWM pengendali servo.

Setiap motor servo menggunakan sebuah sinyal PWM sebagai pengontrolnya. Dengan demikian, jika menggunakan banyak motor servo pada suatu aplikasi, dibutuhkan juga banyak sumber PWM yang saling independen, agar gerak masing-masing motor servo pun dapat independen satu dengan yang lain. Saat ini telah banyak dijual pengontrol motor servo yang mampu mengontrol

banyak servo sekaligus, namun pada penelitian ini akan dibuat sebuah rangkaian untuk mendistribusikan sinyal PWM dari mikrokontroler untuk digunakan sebagai pengontrol multiservo.

2.6.1 Penyebab *Jitter* dan Efeknya

Cara yang efektif untuk mengontrol motor servo adalah dengan menggunakan mikrokontroler. Namun kendala muncul ketika harus mengontrol banyak motor servo, karena mikrokontroler biasanya hanya memiliki sedikit sumber dan port output PWM. Hal ini biasanya diatasi dengan memanfaatkan flag dan *interrupt* pada fungsi timer mikrokontroler. Dengan memanfaatkan flag dan *interrupt* pada fungsi timer tersebut, maka dapat digunakan untuk menghasilkan PWM pada port I/O yang lain dari mikrokontroler tersebut selain dari port khusus keluaran PWM. Permasalahan yang timbul jika memanfaatkan flag dan *interrupt* tersebut adalah akan terjadinya fluktuasi pada sinyal PWM yang dihasilkan. Penyebabnya adalah selisih waktu antara setiap eksekusi *interrupt* fungsi timer tersebut tidak akan sama sepanjang waktu, karena adanya *interrupt* lain yang mungkin terjadi pada mikrokontroler yang menyebabkan *interrupt* tersebut harus menunggu *interrupt* lain sebelum dieksekusi. Hal ini menyebabkan lebar pulsa positif PWM yang dihasilkan tidak stabil (dapat lebih lebar atau lebih sempit) sehingga menghasilkan fluktuasi. Fluktuasi dari sinyal ini disebut *jitter*. Gambar 2.8 memperlihatkan fluktuasi tersebut.



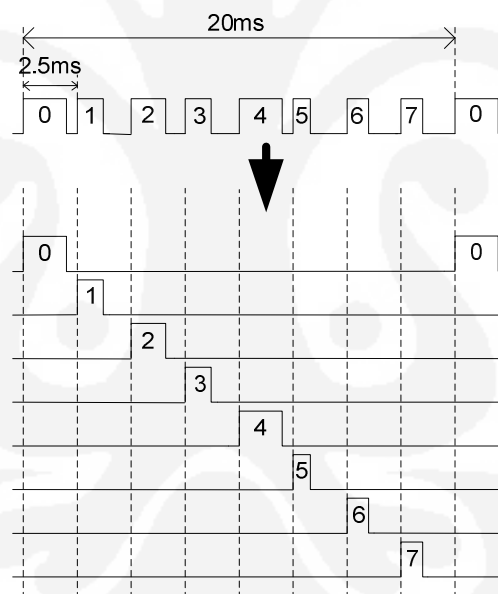
Gambar 2.8 Fluktuasi atau *jitter* pada sinyal PWM.

Fluktuasi sinyal PWM akan menyebabkan posisi servo berbeda dari yang ditentukan. Terjadinya *Jitter* juga dapat menyebabkan getaran pada motor servo.

2.6.2 Distribusi Sinyal PWM

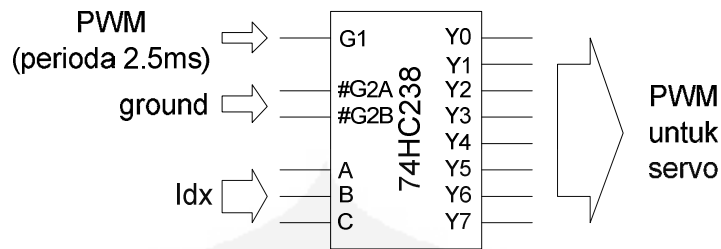
Pada penelitian ini, penulis menggunakan suatu cara untuk mendistribusi sinyal PWM, sehingga dengan sebuah sinyal PWM dapat untuk mengontrol 8 buah servo secara independen. Maksimum lebar *duty cycle* pulsa PWM untuk motor servo adalah 2.5 ms, dengan membuat pulsa PWM dengan periode 2.5 ms, maka 8 kali pulsa PWM 2.5 ms akan menghasilkan waktu 20 ms yaitu waktu standar periode PWM untuk kontrol motor servo. Gambar 2.9 adalah grafik waktu yang memperlihatkan bagaimana distribusi PWM dengan perioda 2.5 ms untuk menghasilkan 8 PWM independen dengan perioda 20ms.

Untuk mendistribusikan sinyal PWM tersebut, maka memanfaatkan *interrupt* pada fungsi PWM. *Interrupt* akan muncul pada akhir sebuah pulsa sinyal PWM berperiode 2.5 ms tersebut. Kemudian pada *interrupt* inilah ditentukan besar lebar pulsa selanjutnya dan motor mana yang menggunakan pulsa tersebut.



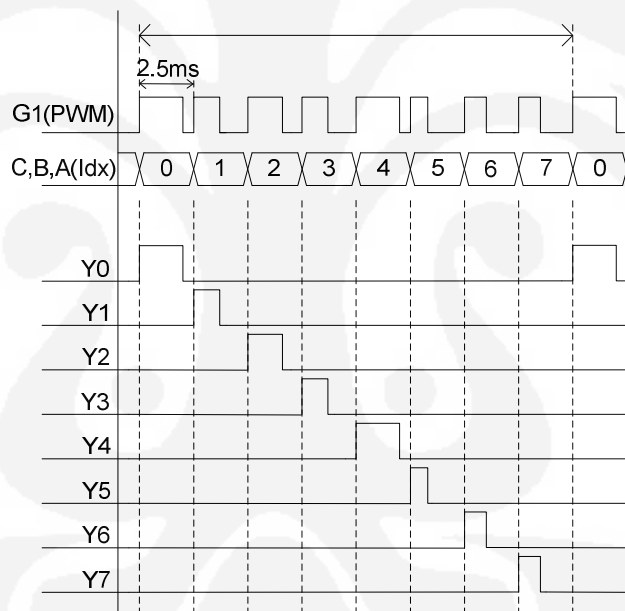
Gambar 2.9 Grafik waktu pendistribusian 1 sinyal PWM menjadi 8 sinyal PWM untuk motor servo.

IC logika 74HC238 adalah IC 3-ke-8 line decoder/demultiplexer. Pada penelitian ini, IC tersebut digunakan untuk mengatur motor servo mana yang mendapatkan pulsa pada suatu waktu tertentu. Dengan mengatur program *interrupt* PWM agar IC 74HC238 menyalurkan pulsa PWM berperiode 2.5 ms tersebut secara bergantian pada ke 8 motor servo, maka tiap motor servo akan mendapatkan pulsa PWM dengan perioda 20 ms.



Gambar 2.10 Pin IC 74HC238 yang digunakan untuk distribusi sinyal PWM.

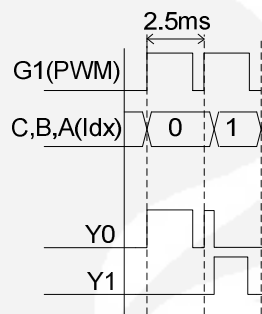
Gambar 2.10 menunjukkan penggunaan IC logika 74HC238 untuk mendistribusikan sinyal PWM. PWM berperiode 2.5 ms masuk ke pin G1, sedangkan Idx (3 bit data) menentukan pin output Y mana yang akan aktif. Pada program mikrokontroler, diatur agar setiap terjadi *interrupt* PWM, data yang masuk ke pin Idx berubah secara bergiliran mulai dari bernilai 0 sampai 7. Gambar 2.11 menunjukkan grafik waktu sinyal pada penggunaan IC ini.



Gambar 2.11 Grafik waktu sinyal dengan penggunaan IC 74HC238 untuk distribusi sinyal PWM.

Permasalahan timbul pada mikrokontroler karena penggunaan *interrupt* untuk mengubah-ubah data Idx. Penyebabnya seperti yang telah dijelaskan pada bagian penyebab *jitter* di atas yaitu selisih waktu antara setiap eksekusi *interrupt* fungsi timer tersebut tidak akan sama sepanjang waktu, karena adanya *interrupt* lain yang mungkin terjadi pada mikrokontroler yang menyebabkan *interrupt* tersebut harus menunggu *interrupt* lain sebelum dieksekusi. Hal ini menyebabkan lebar sinyal data Idx tidak akan selalu sama (2.5ms) setiap waktunya, dapat lebih

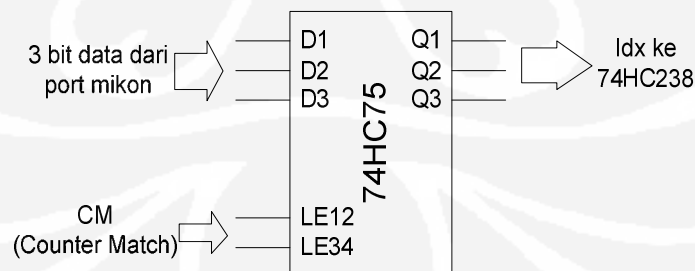
lebar. Hal ini dapat menyebabkan kekeliruan pada IC 74HC238 dalam menentukan pin output (Y) mana yang seharusnya meneruskan pulsa. Gambar 2.12 menunjukkan sinyal data Idx lebih besar dari 2.5ms menyebabkan PWM output pada Y0 dan Y1 tidak seperti yang diharapkan dan terjadi fluktuasi sinyal atau *jitter*.



Gambar 2.12 Grafik waktu sinyal dengan penggunaan IC 74HC238 untuk distribusi sinyal PWM yang menunjukkan adanya *jitter* pada sinyal Idx.

2.6.3 Meniadakan *Jitter*

Untuk mendapatkan sinyal PWM pada output Y yang tidak mengandung *jitter*, maka lebar sinyal data Idx harus tepat 2.5 ms sesuai dengan perioda pulsa PWM pada G1. Karena data Idx dikirim menggunakan *interrupt* pada mikrokontroler, dengan alasan seperti yang sudah dikemukakan sebelumnya maka hal itu menjadi tidak mungkin. Oleh karena itu diperlukan rangkaian tambahan menggunakan sebuah IC logika 74HC75 agar lebar sinyal data Idx selalu 2.5 ms. Gambar 2.13 berikut menunjukkan IC 74HC75 beserta pin-pinnya yang digunakan.



Gambar 2.13 Pin IC 74HC238 yang digunakan untuk penghilang *jitter*.

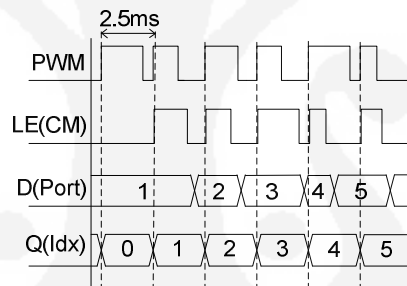
Logika IC 74HC75 dapat dilihat pada table 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Fungsi IC 74HC75

Mode operasi	Input		Output
	LEnn	Dn	Qn
Data Enabled	1	0	0
	1	1	1
Data Latched	0	X	q

Pada tabel diatas, dijelaskan bahwa ketika mode operasi data enabled yaitu pada saat LEnn bernilai 1, maka nilai output Qn akan sama dengan nilai input Dn. Dan setelah terjadi latch yaitu ketika LEnn berubah dari 1 ke 0, maka nilai output Qn akan berisi sesuai dengan nilai Qn sesaat sebelum terjadi latch.

Untuk menghilangkan *jitter* pada Idx, pada input LEnn diberikan sinyal PWM dengan waktu dan perioda yang sama dengan sinyal PWM yang masuk ke IC 74HC238 . Gambar 2.14 menunjukkan grafik waktu sinyal pada penggunaan IC 74HC75 sebagai penghilang *jitter* untuk data Idx.



Gambar 2.14 Grafik waktu sinyal setelah penggunaan IC 74HC75 sebagai penghilang *jitter*.

Dengan data Idx tanpa *jitter*, maka IC 74HC238 dengan tidak keliru dapat mendistribusikan sebuah sinyal PWM yang masuk pada pin G1-nya menjadi 8 sinyal PWM pada pin outputnya (Y).

2.7 Mikrokontroler H8/3052F [1]

Mikrokontroler yang digunakan pada aplikasi robot SAR ini adalah mikrokontroler H8/3052F. Mikrokontroler ini dipilih karena selain memiliki fitur-fitur seperti pada mikrokontroler umumnya, mikrokontroler ini mampu beroperasi dengan frekuensi 25 MHz, dan juga memiliki 5 buah unit timer sesuai kebutuhan untuk mengontrol motor servo dan motor DC.

operasi pengalihan dan pembagian sekitar 560ns, serta alokasi pengalamatan 16-Mbyte.

- c. Memiliki instruksi yang cukup lengkap diantaranya instruksi logika, aritmatika, transfer data, manipulasi bit, perkalian dan pembagian dengan dan tanpa tanda (*signed* dan *unsigned*).
2. Fitur Memori yaitu besar memori flash sebesar 512 *kbytes* dan RAM sebesar 8 *kbytes*
3. Fitur Unit Pewaktuan Terintegrasi (ITU) 16-bit
 - a. 5 kanal timer 16-bit, yang dapat memproses sampai 12 pulsa output atau 10 pulsa input
 - b. Timer counter 16-bit pada setiap kanal (kanal 0 – 4)
 - c. Operasi dapat disinkronisasi
 - d. Mode PWM dapat beroperasi pada tiap kanal
 - e. Mode *Phase counting* dapat beroperasi pada kanal 2
 - f. Buffering pada kanal 3 dan 4
 - g. Mode *Reset Synchronized PWM* pada kanal 3 dan 4
 - h. Mode *Complementary PWM* pada kanal 3 dan 4
4. Fitur Watch Dog Timer (WDT)
5. Fitur Interface Komunikasi Serial (SCI)
 - a. Dua kanal independen (SCI0 dan SCI1)
 - b. *Full Duplex*, yaitu dapat melakukan transmisi dan penerimaan secara bersamaan
 - c. Mode Asinkron dan Sinkron
6. Fitur konversi A/D, dengan resolusi 10-bit, 8 buah kanal, mode *single* dan *scan*, range konversi tegangan analog yang beragam, dan fungsi *sampling* dan *hold*.
7. Fitur konversi D/A, dengan resolusi 8-bit, dan 2 buah kanal
8. Fitur I/O, yaitu 70 pin yang dapat berfungsi sebagai pin masukan atau keluaran, dan 9 pin yang berfungsi sebagai pin masukan saja.

Adapun dalam penelitian ini hanya membutuhkan fitur timer (ITU) untuk mengendalikan motor servo dan motor DC serta fitur komunikasi serial (SCI) untuk mengendalikan robot menggunakan PC.

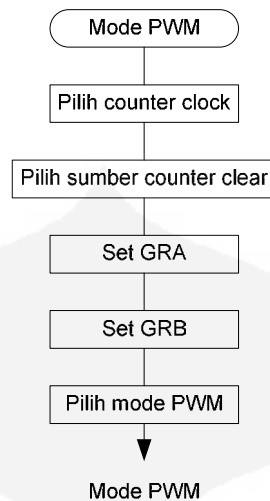
2.7.1 Unit Pewaktuan Terintegrasi (*Integrated Time Unit*)

Mikrokontroler H8/3052F memiliki 16-bit *Integrated Time Unit (ITU)* dengan 5 *channel* timer 16-bit. Fitur-fitur pada *ITU* adalah sebagai berikut:

- Kemampuan untuk proses sampai dengan output 12 pulsa atau input 10 pulsa.
- 10 register umum (*GR*, dua tiap *channel*) dengan fungsi *output compare* dan *input compare* secara independen.
- Pemilihan 8 sumber *counter clock* untuk tiap *channel*:
Internal clocks: f , $f/2$, $f/4$, $f/8$
External clocks: *TCLKA*, *TCLKB*, *TCLKC*, *TCLKD*
- 5 pilihan mode operasi pada semua *channel*:
 - Pulsa keluaran dengan *compare match*
 - Fungsi *input capture*
 - Fungsi *counter clearing*
 - Sinkronisasi
 - Mode PWM
- Pilihan mode *phase counting* pada *channel 2*
- 3 mode tambahan pada *channel 3* dan 4:
 - Mode *Reset-Synchronized PWM*
 - Mode *Complementary PWM*
 - *Buffering*
- Akses kecepatan tinggi melalui bus internal 16-bit.
- 15 sumber *interrupt*
- Aktifasi *DMA controller (DMAC)*

2.7.1.1 Operasi ITU pada Mode PWM

Pada mode PWM, nilai *GRA* dan *GRB* digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM pada pin *TIOCA*. *GRA* menentukan waktu ketika keluaran PWM berubah menjadi logika 1. *GRB* menentukan waktu ketika keluaran PWM berubah menjadi logika 0. Output PWM adalah pada pin *TIOCA*. Pada gambar 2.16 ditunjukkan diagram alir proses men-*setup* mode PWM.



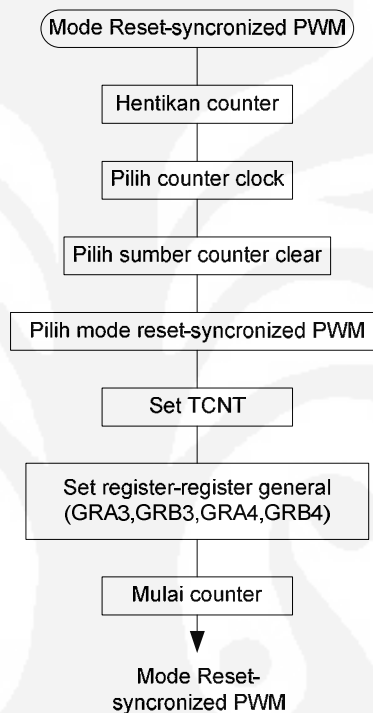
Gambar 2.16 Flowchart prosedur *setup* mode PWM.

Berikut adalah prosedur *setup* sederhana untuk mode PWM:

1. Set bit-bit TPSC2 sampai TPSC0 pada TCR untuk memilih sumber *counter clock* . Jika yang dipilih adalah sumber clock eksternal, set bit-bit CKEG1 dan CKEG0 pada TCR untuk memilih *edge* yang diinginkan pada sinyal *clock* eksternal.
2. Set bit CCLR1 dan CCLR0 pada TCR untuk memilih sumber *counter clear*,
3. Set nilai GRA untuk menentukan waktu ketika PWM berubah menjadi logika 1.
4. Set nilai GRB untuk menentukan waktu ketika PWM berubah menjadi logika 0.
5. Set bit PWM pada TMDR untuk memilih mode PWM. Ketika mode PWM dipilih, tanpa mempedulikan isi TIOR, GRA dan GRB menjadi register-register *output compare* yang menetapkan waktu ketika PWM berubah menjadi logika 1 dan 0. Pin TIOCA secara otomatis menjadi pin keluaran PWM. Pin TIOCB menyesuaikan ke bit-bit IOB1 dan IOB2 pada TIOR. Jika keluaran pada pin TIOCB tidak digunakan, kosongkan kedua bit IOB1 dan IOB0.
6. Set bit STR pada TSTR menjadi 1 untuk memulai waktu menghitung.

2.7.1.2 Operasi ITU pada Mode *Reset-Synchronized* PWM

Pada mode PWM reset-synchronized, *channel* 3 dan 4 dikombinasikan untuk menghasilkan 3 pasang sinyal PWM yang komplementer. Ketika mode reset-synchronized dipilih, pin-pin TIOCA3, TIOCB3, TIOCA4, TOCXA4, TIOCB4 dan TOCXB4 secara otomatis menjadi pin keluaran PWM. Pada gambar 2.17 ditunjukkan diagram alir proses *men-setup* mode reset-synchronized PWM.



Gambar 2.17 Flowchart prosedur *setup* mode reset-synchronized PWM.

Berikut adalah prosedur *setup* sederhana untuk mode reset-synchronized PWM:

1. Kosongkan bit STR3 pada TSTR untuk menghentikan TCNT3. Mode PWM reset-synchronized harus di set ketika TCNT3 berhenti .
2. Set bit-bit TPSC2 hingga TPSC0 pada TCR untuk memilih sumber *counter clock* untuk *channel* 3. Jika yang dipilih sumber *clock* eksternal, set bit-bit CKEG1 dan CKEG0 pada TCR untuk memilih *edge* yang diinginkan pada sinyal *clock* eksternal.
3. Set bit-bit CCLR1 dan CCLR0 pada TCR3 untuk memilih GRA3 *compare match* sebagai sumber *counter clear*.

4. Set bit-bit CMD1 dan CMD0 pada TFCR untuk memilih mode PWM *reset-synchronized*. TIOCA3, TIOCB3, TIOCA4, TIOCB4, TOCXA4, dan TOCXB4 secara otomatis menjadi pin-pin keluaran PWM.
5. Preset TCNT3 ke H'0000. TCNT4 tidak perlu di-preset.
6. GRA3 adalah register untuk perioda sinyal. Set perioda sinyal pada GR3. Set waktu transisi keluaran PWM pada GRB3, GRB4, dan GRB4. Set waktu tersebut ketika rentang *compare match* dari TCNT3. $X \leq \text{GRA3}$ (X: nilai setting)
7. Set bit STR3 pada TSTR ke 1 untuk memulai TCNT3.

2.7.2 Antarmuka Komunikasi Serial

H8/3052F memiliki antarmuka komunikasi serial (SCI, *Serial Communication Interface*) dengan dua *channel* yang independen. Kedua *channel* secara fungsional identik. SCI dapat berkomunikasi dalam mode asinkron atau sinkron. Dan juga memiliki fungsi komunikasi multiprosesor untuk komunikasi serial antara dua atau lebih prosesor. Fitur-fitur pada SCI adalah sebagai berikut:

- Pilihan mode asinkron dan mode sinkron pada SCI

- Mode asinkron

Komunikasi data serial disinkronisasikan satu karakter pada satu waktu pengiriman. SCI dapat berkomunikasi dengan sebuah *universal asynchronous receiver/transmitter (USART)*, *asynchronous communication interface adapter*, atau chip-chip lain yang mempekerjakan komunikasi asinkron serial standart. SCI ini juga dapat berkomunikasi dengan 2 atau lebih prosesor lain menggunakan fungsi komunikasi multiprosesor. Ada dua belas format komunikasi data serial yang dapat dipilih:

- ✓ Panjang data: 7 atau 8 bit
- ✓ Panjang bit stop: 1 atau 2 bit
- ✓ Bit parity: genap, ganjil, atau tidak ada
- ✓ Bit multiprosesor: 1 atau 0
- ✓ Deteksi kerusakan penerimaan: *error parity*, *overrun* dan *framing*.

- ✓ Deteksi pemutusan: dengan membaca RxD secara langsung ketika terjadi *framing error*.
- Mode sinkron

Komunikasi data serial disinkronisasi dengan sinyal *clock*. SCI dapat berkomunikasi dengan chip-chip lain yang mempunyai fungsi komunikasi sinkron. Hanya ada satu format komunikasi data serial:

 - ✓ Panjang data: 8 bit
 - ✓ Deteksi kerusakan penerimaan: *error overrun*
- Komunikasi full duplex

Sesi transmisi (*transmitter*) dan penerimaan (*receiver*) yang independen sehingga SCI dapat mengirim dan menerima secara simultan. Sesi transmisi dan penerimaan keduanya adalah *double-buffer*, sehingga data serial dapat dikirim dan diterima terus menerus.
- Generator baud rate yang sudah *built-in*, dengan *bit rate* yang dapat dipilih.
- Pilihan sumber clock untuk *transmitter/receiver*: clock internal dari generator baudrate atau clock eksternal dari pin SCK.
- 4 tipe *interrupt*

Ada 4 *interrupt* yang dapat dipilih secara independen, yaitu: *transmit-data-empty*, *transmit-end*, *receive-data-full*, dan *receive-error*.

2.7.2.1 Inisialisasi Serial pada SCI

Proses inisialisasi serial pada SCI digunakan untuk menentukan format dan cara komunikasi suatu pengiriman dan penerimaan data secara serial pada SCI dilakukan. Pada gambar 2.18 berikut ditunjukkan diagram alir proses inisialisasi serial pada SCI untuk operasi asinkron.



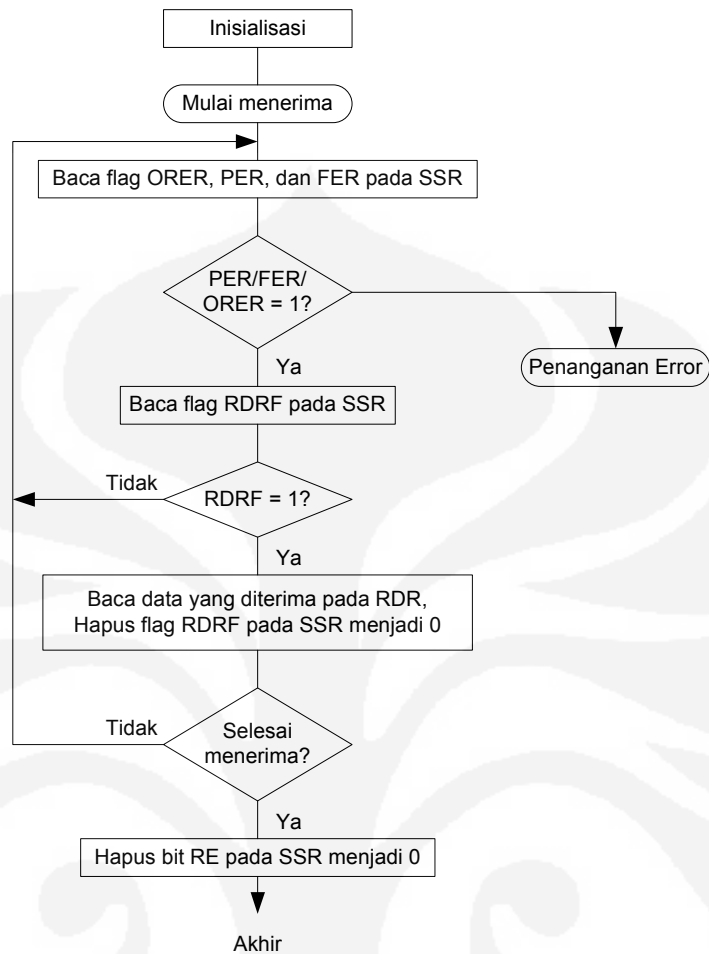
Gambar 2.18 Flowchart inisialisasi SCI.

Proses inisialisasi serial dilakukan berdasarkan urutan kerja sebagai berikut:

1. Menghapus bit TE dan RE pada SCR menjadi 0
2. menonaktifkan semua interupsi SCI dan memilih sumber pewaktuan pada bit CKE1 dan CKE0 pada SCR.
3. Memilih format komunikasi untuk pengiriman dan atau penerimaan secara serial pada SMR
4. Menentukan bit rate untuk menentukan jumlah data yang dapat dikirim dan diterima setiap waktu (sekon) melalui BRR.
5. Menunggu paling tidak 1 interval waktu yang digunakan untuk mengirim dan menerima data.
6. Mengubah bit TE dan atau RE pada SCR menjadi 1.
7. Melakukan proses pengiriman dan atau penerimaan data serial.

2.7.2.2 Transmisi Data Serial pada SCI

Proses transmisi data secara serial pada SCI hanya dapat dilakukan jika pada akhir proses inisialisasi bit TE pada SCR diset menjadi 1 (*transmit enable*). Pada gambar 2.19 ditunjukkan diagram alir proses transmisi data serial pada operasi asinkron oleh mikrokontroler H8/3052F.



Gambar 2.20 Flowchart untuk menerima data serial SCI.

Proses transmisi data serial dilakukan berdasarkan urutan kerja sebagai berikut:

1. Melakukan proses inisialisasi serial
2. Periksa bit-bit pertanda error (parity, frame, dan overrun) dan bit RDRF yang menandakan RDR kosong atau berisi . Tunggu hingga tidak ada error dan RDR kosong (PER, FER, ORER, dan RDRF bernilai 0). Pengecekan status melalui RDRF harus bernilai 0 agar dapat dilakukan transfer data dari RSR ke RDR.
3. Jika tidak terdapat error, maka RDRF akan diset menjadi 1 secara otomatis
4. Baca data yang diterima RDR dan *clear*-kan bit-bit RDRF dan error-error yang ada sebelumnya pada SSR
5. Ulangi proses 2 – 4, jika masih ada data yang akan diterima
6. Jika proses penerimaan telah selesai, maka *clear*-kan nilai RE menjadi 0.

2.8 Komunikasi Data Serial

Dalam komunikasi data serial, data dikirim dengan bentuk pulsa listrik kontinyu yang disebut bit. Data dikirim satu bit demi satu bit secara berurutan melalui kanal komunikasi yang telah ditentukan. Penerima juga menerima data dalam bentuk bit-bit pulsa listrik yang kontinyu.

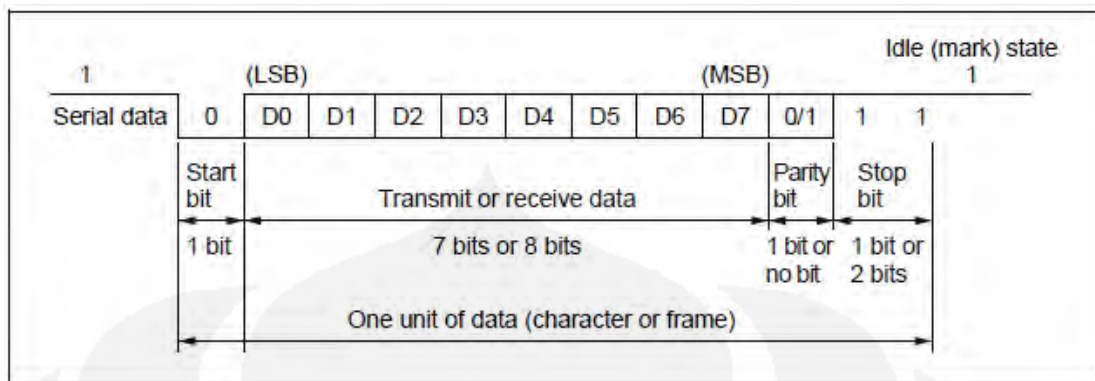
Ada tiga metode yang sering dijumpai pada komunikasi data serial yaitu *Simplex*, *half duplex* dan *full duplex*. Pada transmisi data *simplex*, data hanya dapat dikirim dalam satu arah saja. Pada *half duplex* data dapat ditransmisikan dalam dua arah secara bergantian. Transmisi data secara *full duplex* merupakan transmisi data dua arah dimana data dapat diterima oleh system sekaligus system tersebut dapat mengirimkan data secara bersamaan. Transmisi data *full duplex* dapat dijumpai pada system telepon.

Dalam komunikasi data serial, ada dua metode dasar yang digunakan yaitu komunikasi serial asinkron dan komunikasi serial sinkron.

2.8.1 Komunikasi Serial Asinkron

Komunikasi serial asinkron adalah komunikasi data yang memerlukan start bit untuk menunjukkan mulainya data dan stop bit untuk menunjukkan selesainya data. Dalam teknik komunikasi serial asinkron, *serial output line* selalu pada level logika '1' (*High*) kecuali pada saat data dikirim dan keadaan ini dinamakan *marking*. Setiap karakter dimulai dengan satu bit logika '0' (*Low*). Bit yang pertama ini dinamakan start bit dan digunakan untuk sinkronisasi antara pengirim dan penerima.

Setelah start bit, bit-bit data dikirim satu persatu yang dimulai dengan mengirim LSB (*Least Significant Bit*). Data dapat berisi 5,6,7, atau 8 bit tergantung pada system yang ada. Parity bit dikirim setelah bit-bit data. Parity bit ini digunakan untuk mendeteksi kesalahan pada data yang terjadi pada saat transmisi berlangsung. Setelah parity bit dikirim, maka dikirim satu atau dua bit logika '1' untuk menunjukkan bahwa data satu karakter sudah berakhir. Bit-bit ini dinamakan stop bit. Gambar 2.21 menunjukkan contoh format data asinkron (8 bit data dengan parity dan 2 bit stop).

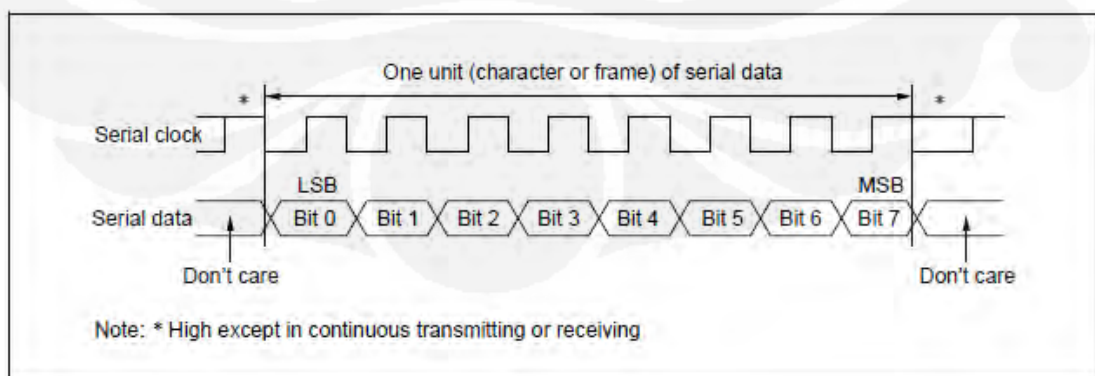


Gambar 2.21 Format data komunikasi serial asinkron.

Kecepatan transmisi data dinyatakan dengan istilah *baud rate* dengan satuan bit per sekon (bit/sekon).

2.8.2 Komunikasi Serial Sinkron

Telah dijelaskan bahwa pada komunikasi asinkron, setiap data memerlukan start bit sebagai tanda awal dan stop bit sebagai tanda akhir tiap data karakter. Dengan demikian untuk setiap data karakter sebesar 8 bit maka harus dikirim minimum 10 bit (1 start bit, 8 data bit, 1 stop bit). Sehingga terlihat bahwa 20% dari waktu transmisi terbuang. Bila data yang dikirim dalam jumlah besar kerugian ini semakin terasa. Alternatif lain untuk menambah kecepatan transmisi adalah dengan komunikasi data serial sinkron. Pada mode ini setiap karakter tidak dikirim secara terpisah dengan dibatasi oleh start bit dan stop bit, melainkan karakter dikirim dalam bentuk blok data yang dibatasi oleh karakter sinkronisasi. Jumlah dan karakter sinkronisasi tersebut dapat diprogram. Format data mode sinkron dapat dilihat pada gambar 2.22.



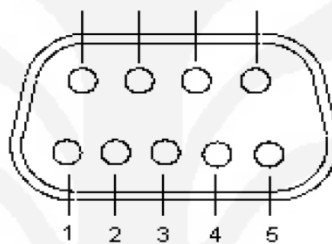
Gambar 2.22 Format data komunikasi serial sinkron.

2.9 Komunikasi Serial dengan RS-232C

Untuk melakukan komunikasi serial antara PC dengan mikrokontroler H8/3052F digunakan interface RS-232C (DB-9) yang dihubungkan ke komputer dan pin-pin SCI pada mikrokontroler.

2.9.1 Konfigurasi Pin RS-232C DB-9

RS-232C DB-9 memiliki sembilan buah pin yang digunakan untuk komunikasi serial seperti yang ditunjukkan gambar 2.23. Sedangkan penjelasan pin-pin pada RS-232C ditunjukkan pada tabel. 2.2.



Gambar 2.23 RS-232C DB-9 Konektor Tampak Depan.

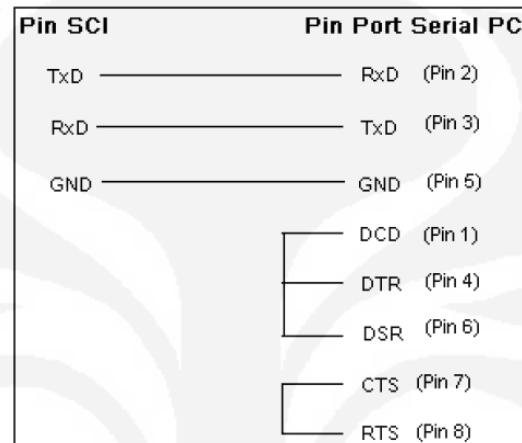
Tabel 2.2 Keterangan pin-pin pada RS-232C.

Pin #	Akronim	Nama lengkap	Arah Komunikasi	Kegunaan
1	DCD	Data Carrier Detect	Terima	Indikasi adanya koneksi serial
2	RxD	Receive Data	Terima	Menerima data byte
3	TxD	Transmit Data	Kirim	Mengirim data byte
4	DTR	Data Terminal Ready	Kirim	Sisi terminal siap berkomunikasi
5	GND	Ground	--	Ground
6	DSR	Data Set Ready	Terima	Sisi serial yang lain siap berkomunikasi
7	RTS	Request To Send	Kirim	RTS/CTS flow control
8	CTS	Clear To Send	Terima	RTS/CTS flow control
9	RI	Ring Indicator	Terima	Adanya permintaan koneksi

2.9.2 Konfigurasi Hubungan Kabel Pin SCI dengan RS-232C DB-9

Untuk melakukan komunikasi serial dengan komputer, mikrokontroler H8/3052F hanya memerlukan 3 buah pin yaitu TxD pada SCI yang dihubungkan dengan RxD pada sisi komputer, RxD pada SCI yang dihubungkan pada TxD

pada sisi komputer, dan GND SCI yang dihubungkan dengan GND pada sisi komputer. Pada konektor RS-232C di sisi komputer selain hal tersebut, perlu dilakukan hubungan singkat antara pin 1 (DCD), 4 (DTR), dan 6 (DSR) serta antara pin 7 (RTS) dan pin 8 (CTS). Koneksi hubungan kabel RS-232C pada port serial komputer dan pin serial pada SCI ditunjukkan gambar 2.24.



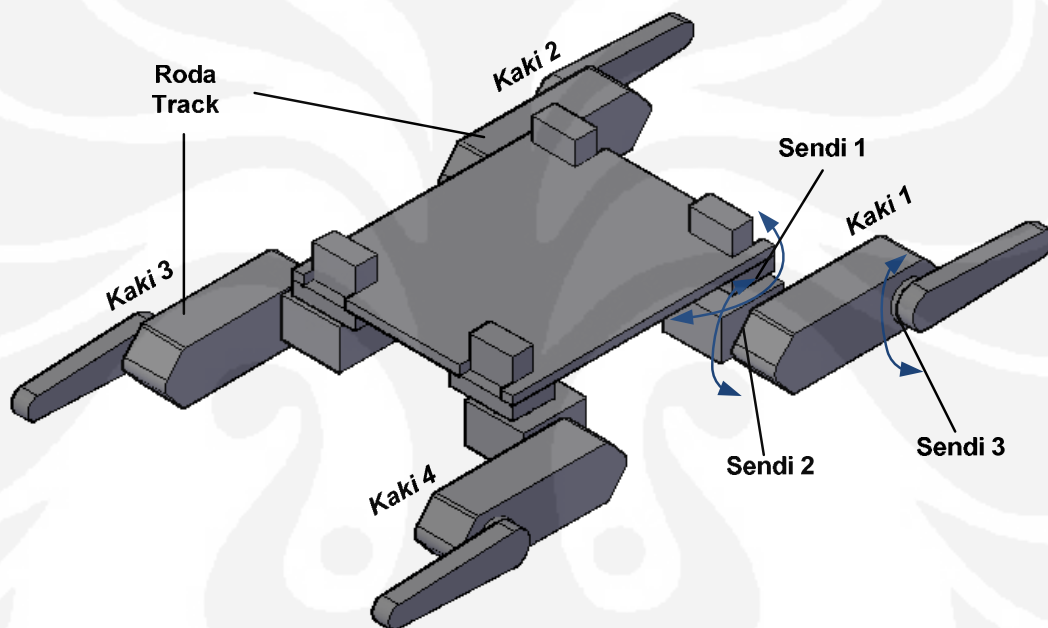
Gambar 2.24 Koneksi Kabel Pin Serial SCI dengan Port Serial Komputer

Tujuan pin 1, 4 dan 6 dihubung singkat adalah agar komputer selalu mendeteksi adanya data carrier pada pin 1 yang menandakan adanya perangkat lain yang terhubung padanya meskipun belum dihubungkan pada mikrokontroler. Selain itu juga bertujuan agar komputer selalu siap untuk berkomunikasi melalui port serial akibat pin 4 dan 6 yang dihubung singkat.

BAB 3 PERANCANGAN

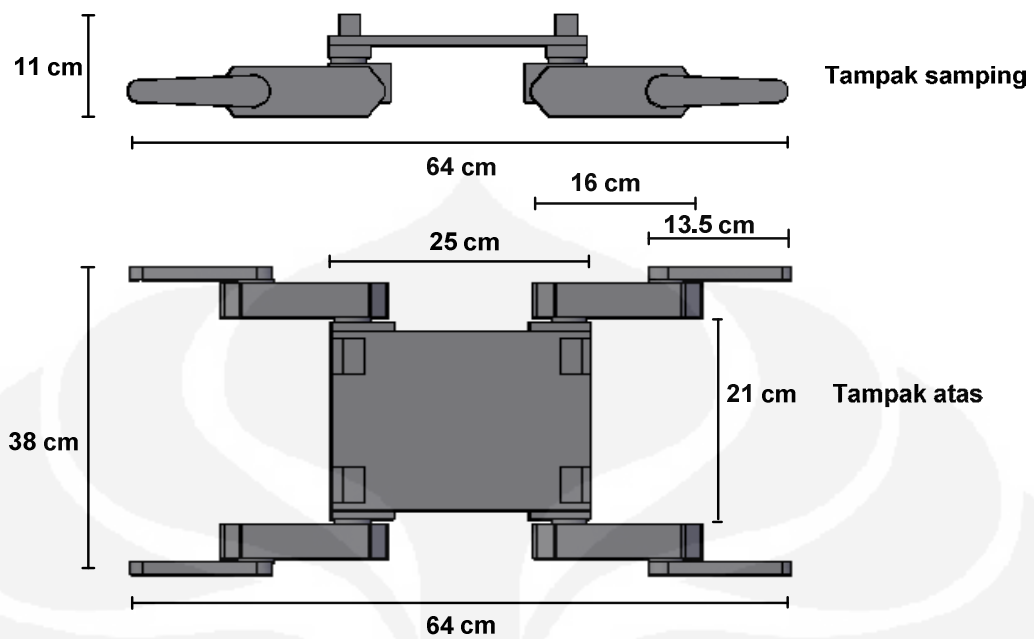
3.1 Rangka Robot

Robot SAR yang akan dibuat pada proyek tugas akhir ini menggunakan mekanisme hibrid yaitu menggabungkan mekanisme beroda dan berkaki. Robot akan mempunyai 4 buah kaki yang masing-masing kaki memiliki 3 sendi (yang menentukan derajat kebebasan) dan juga memiliki sebuah roda *track*. Gambar 3.1 memperlihatkan desain kasar robot SAR yang akan dibuat.



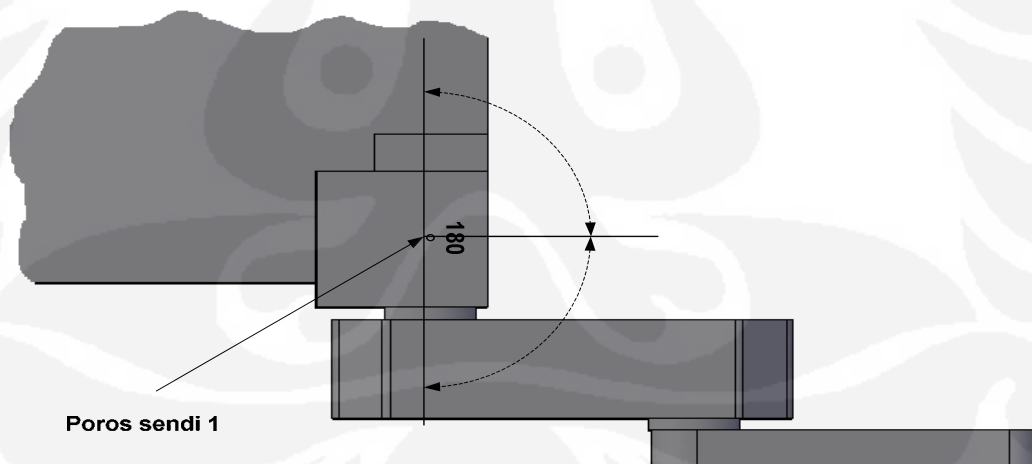
Gambar 3.1 Desain kasar robot SAR pada keadaan posisi normal.

Pada posisi normal dan tanpa peralatan tambahan, robot ini memiliki dimensi panjang 64 cm, lebar 38 cm, dan tinggi 11 cm. Rangka robot ini menggunakan bahan akrilik. Gambar 3.2 menunjukkan ukuran dimensi dari robot.

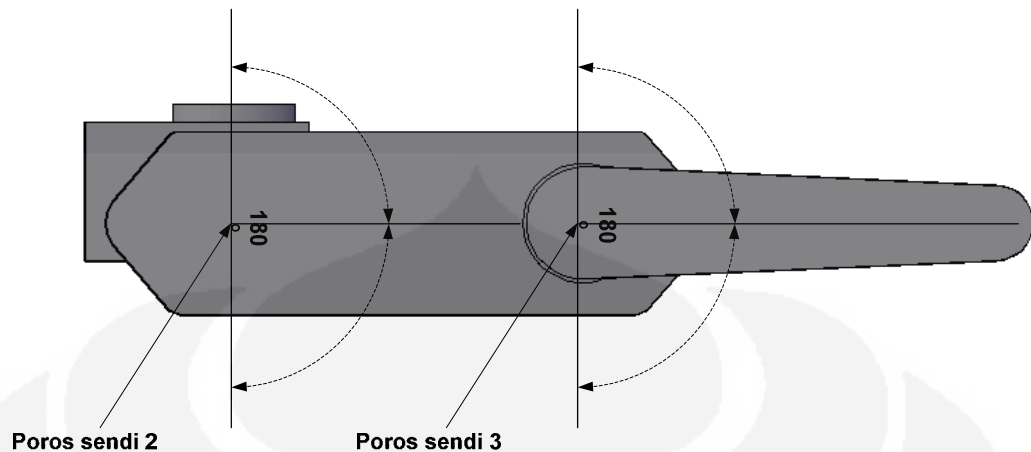


Gambar 3.2 Dimensi robot.

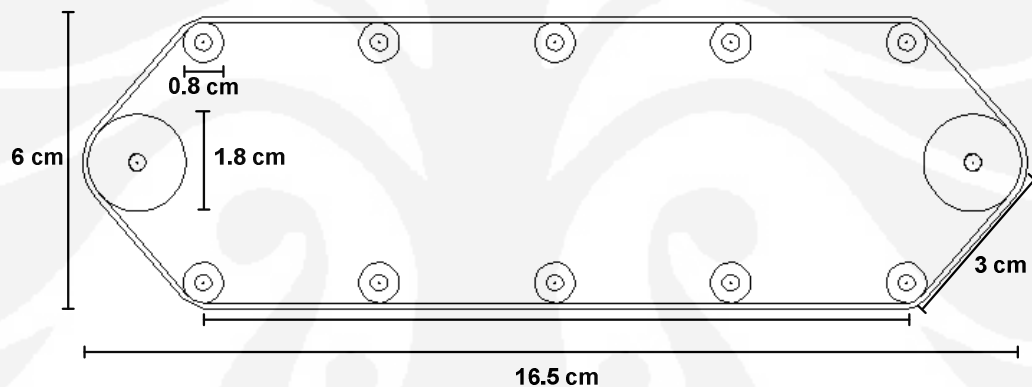
Semua sendi pada kaki robot dapat berputar dengan jangkauan -90° sampai 90° dari posisi normalnya yaitu 0° . Gambar 3.3 dan gambar 3.4 menunjukkan jangkauan putar tiap-tiap sendi pada kaki robot.



Gambar 3.3 Jangkauan sudut putar sendi 1 dilihat dari bawah robot.



Gambar 3.4 Jangkauan sudut putar sendi 2 dan sendi 3 dilihat dari samping robot
Roda track dipasang pada kaki robot. Gambar 3.5 memperlihatkan ukuran roda track pada kaki robot.



Gambar 3.5 Ukuran roda track dilihat dari posisi samping.

3.2 Aktuator Robot

Sebagai aktuator robot, digunakan motor servo dan motor DC. Motor servo digunakan sebagai aktuator pada persendian kaki robot. Motor DC digunakan sebagai aktuator pada roda *track*.

3.2.1 Motor Servo untuk Persendian Kaki Robot

Tiap-tiap sendi kaki digerakkan menggunakan sebuah motor servo yang mampu berotasi hingga 180°. Motor-motor servo ini digunakan langsung pada poros sendi-sendi kaki robot. Pada sendi 1 dan sendi 2 digunakan motor servo dengan tipe GWServo S03T 2BBMG (motor servo ukuran sedang), sedangkan pada sendi 3 digunakan motor servo dengan tipe GWServo micro 2BBMG

(motor servo ukuran kecil). Gambar 3.6 memperlihatkan kedua jenis motor servo tersebut. Kedua jenis servo ini dipilih karena selain harganya yang murah juga memiliki mekanisme *gear* berbahan besi yang membuatnya kuat dan tahan lama serta bertorsi besar. Tabel 3.1 memperlihatkan spesifikasi pabrik kedua jenis motor servo tersebut.



Gambar 3.6 Motor servo tipe GWServo micro dan GWServo S03T

Tabel 3.1: Spesifikasi motor servo

Kategori	GWServo S03T 2BBMG	GWS servo micro 2BBMG
Tegangan suplai	4.8- 6.0V	4.8- 6.0V
Kecepatan	- 0.33 sec/60° pada teg.4.8V - 0.27 sec/60° pada teg. 6V	- 0.17 sec/60° pada teg.4.8V - 0.14 sec/60° pada teg. 6V
Torsi	- 7.2 kg.cm pada teg.4.8V - 8.0 kg.cm pada teg. 6V	- 5.4 kg.cm pada teg.4.8V - 6.4 kg.cm pada teg. 6V
Berat	46 g	28 g
Ukuran	39.5 x 20.0 x 39.6 mm	27.9 x 14 x 29.7 mm

Adapun spesifikasi tambahan yang didapat oleh penulis dari hasil pengujian pada kedua jenis motor servo tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2: Spesifikasi tambahan motor servo.

Kategori	GWServo S03T 2BBMG	GWServo micro 2BBMG	Keterangan
Lebar pulsa positif minimal	535 μ s	535 μ s	Keadaan motor servo adalah tanpa beban. Perioda pulsa PWM yang digunakan sebesar 20 ms (frekuensi 50 Hz). Lebar pulsa positif 1500 μ s ditentukan sebagai posisi sudut
Lebar pulsa positif maksimal	2404 μ s	2404 μ s	
Posisi sudut minimal	-106°	-100°	

Posisi sudut maksimal	+100°	+93°	0°.
Resolusi	1-3 μ s	1-3 μ s	
Rasio perubahan lebar pulsa positif terhadap perubahan sudut	9.07 μ s/°	9.68 μ s/°	

Pada penelitian ini akan digunakan PWM dengan frekuensi 50 Hz untuk mengendalikan motor servo, dengan perubahan minimal lebar pulsa positif sebesar 1 μ s. Karena setiap sendi hanya diperlukan untuk berotasi antara -90° dan +90° , maka lebar pulsa positif dibatasi yaitu sebesar 684 – 2316 μ s untuk sendi 1 dan sendi 2 (motor servo tipe GWServo S03T) , dan sebesar 629 – 2371 μ s untuk sendi 3 (motor servo tipe GWServo S03T). Perubahan minimal lebar pulsa positif PWM untuk setiap servo diatur sebesar 3 μ s, mengacu pada resolusi motor servo.

3.2.2 Motor DC untuk Roda Track

Motor DC *gearbox* 12 volt digunakan untuk menggerakkan roda track pada kaki robot. Motor DC ini memiliki *gearbox* tersendiri untuk memperbesar torsiya. Pada penelitian ini digunakan PWM dengan frekuensi 2000 Hz (atau perioda 1000 μ s) untuk mengendalikan motor DC, range *duty cycle* yang dipakai adalah 0-100% dari perioda PWM. Gambar 3.7 adalah motor DC *gearbox* yang digunakan pada robot SAR ini.



Gambar 3.7 Motor DC *gearbox* yang digunakan

Motor DC ini digunakan karena beberapa hal yaitu: harganya yang murah, dapat digunakan pada tegangan hingga +12V, sudah memiliki kapasitor sendiri

pada port tegangannya, dan *built-in gearbox*. Kelebihan lainnya adalah jika diberi beban besar yang melebihi kemampuan motor, maka motor dan *gear* pada *gearbox* tidak mudah rusak. Hal ini dikarenakan walaupun *gear* pada *gearbox* tidak berotasi karena ditahan oleh beban yang besar, motor DC didalamnya tidak sepenuhnya tertahan oleh beban dan tetap dapat berotasi.

Pemasangan motor DC *gearbox* untuk memutar roda *track* diletakkan pada kaki robot antara sendi 2 dan sendi 3, dan berada di dalam roda *track*. Oleh karena peletakan motor DC *gearbox* tersebut berada di dalam roda *track* sehingga putaran porosnya tidak sejajar (berarah 90°) dengan arah putaran roda *track*, maka diperlukan mekanisme *gear* tambahan agar motor tersebut dapat memutar roda *track*. Mekanisme dengan *gear* ini dapat dilihat pada foto gambar 3.8.



Gambar 3.8 Foto mekanisme *gear* untuk memutar roda *track* pada kaki robot.

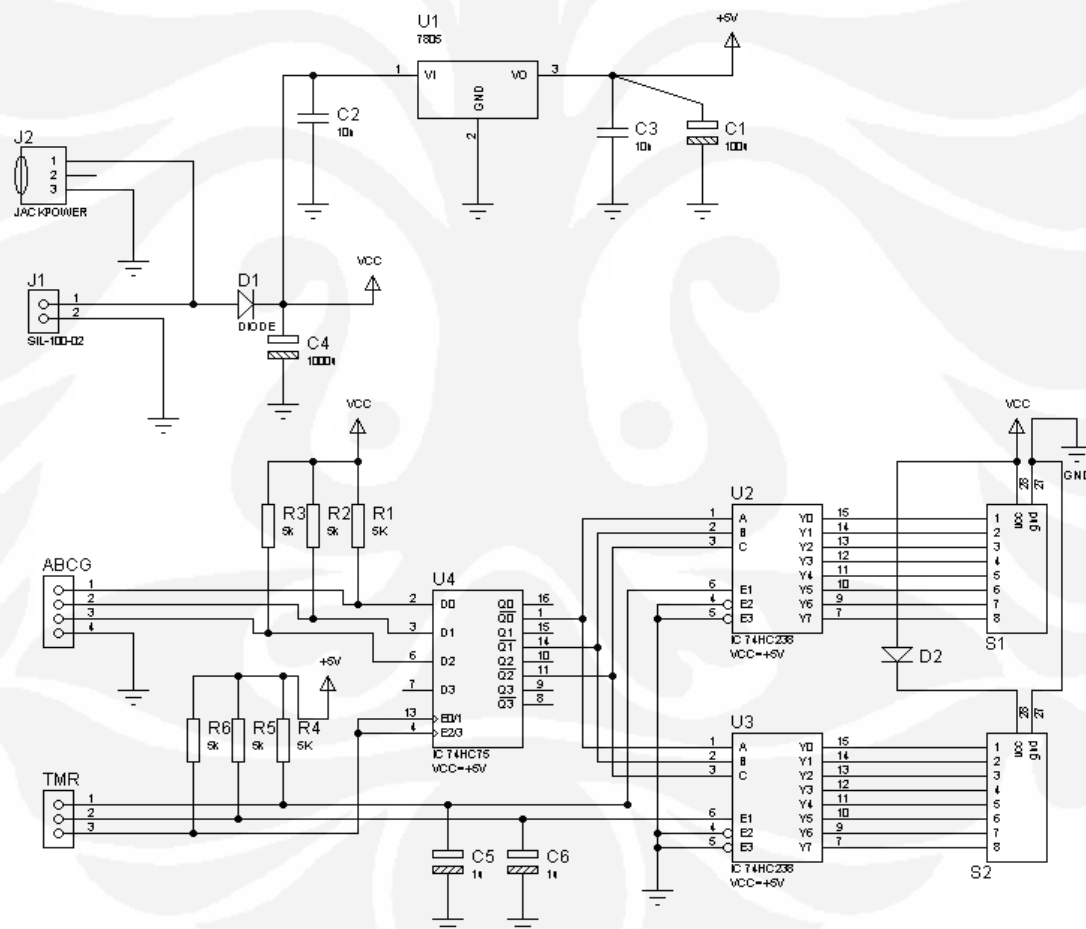
Pada gambar 3.8, roler berwarna oranye digunakan sebagai pemutar roda *track*. Roler tersebut mempunyai diameter 1.8 cm seperti diperlihatkan pada gambar 3.5. Maka untuk mengukur kecepatan roda *track*, dapat dilakukan dengan mengukur kecepatan putar roler oranye tersebut. Tabel 3.3 memperlihatkan kecepatan roda *track* dengan variasi tegangan motor DC berdasarkan pengujian ketika roda *track* tanpa beban.

Tabel 3.3: Kecepatan roda dengan variasi tegangan berdasarkan pengujian dengan keadaan roda *track* tanpa beban

Tegangan Motor DC (V)	Kecepatan Putar Roler (rpm)	Kecepatan Roda <i>Track</i> (m/menit)
6.0	42.6	2.37
8.4	54.0	3.05
11.8	68.4	3.86

3.3 Rangkaian Antarmuka Motor Servo dengan Mikrokontroler

Pada robot SAR ini, akan digunakan sebanyak 12 motor servo untuk menggerakkan total 12 sendi pada kaki-kaki robot. Semua motor servo tersebut menggunakan sinyal PWM untuk mengontrolnya. Mikrokontroler sebagai pemroses yang digunakan yaitu H8/3052F, hanya memiliki 5 buah fungsi timer, dengan demikian tidak dapat untuk digunakan secara langsung untuk menghasilkan 12 PWM yang bebas *jitter* serta independen satu dengan yang lainnya. Maka dirancanglah suatu antarmuka antara mikrokontroler dengan motor servo seperti pada yang telah dibahas pada sub bab 2.6. Gambar 3.9 menunjukkan gambar skematik rangkaian antarmuka motor servo dengan mikrokontroler yang didesain menggunakan program ISIS Proteus.



Gambar 3.9 Gambar skematik rangkaian antarmuka motor servo dengan mikrokontroler.

Penjelasan beberapa komponen pada rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

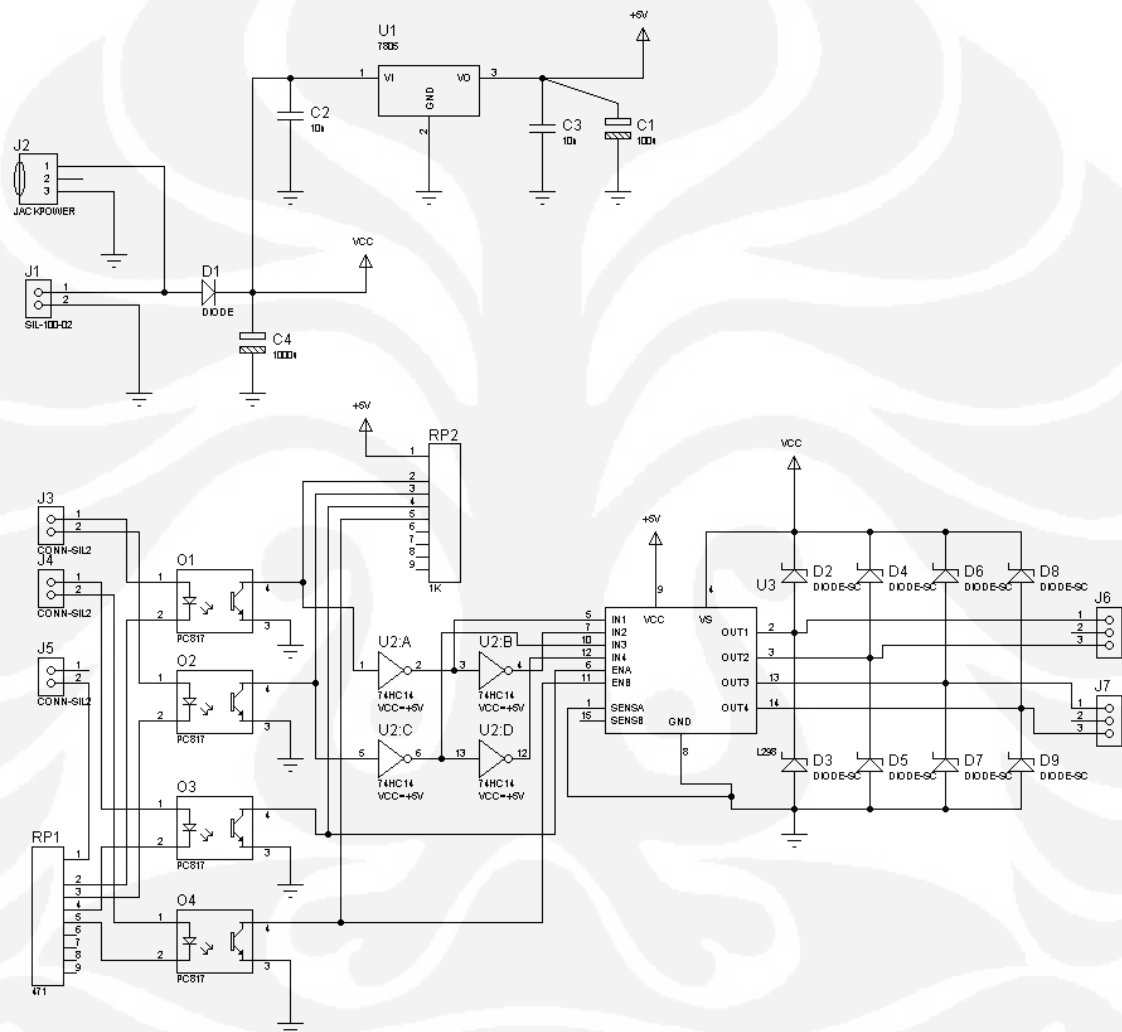
- J1 dan J2 sebagai port untuk power supply dengan tegangan 4-6 volt sesuai dengan tegangan kerja motor-motor servo yang digunakan.
- U1 adalah IC L7805, merupakan IC regulator tegangan positif. Pada rangkaian ini digunakan untuk regulator tegangan 5 volt.
- ABCG sebagai port untuk koneksi ke port pada mikrokontroler. Pin 1,2 dan 3 adalah untuk data 3 bit (0-7) dari mikrokontroler. Pin 4 untuk dihubungkan pada pin ground mikrokontroler.
- TMR sebagai port untuk koneksi ke port keluaran PWM mikrokontroler. Pin 1 dan 2 untuk PWM yang akan didistribusikan ke 12 motor servo. Sedangkan pin 3 untuk PWM pengontrol *jitter*. (lihat teori pada sub bab 2.6)
- U2 dan U3 adalah IC 74HC238, merupakan IC decoder/demultiplekser 3-ke-8 *line*. Pada rangkaian ini masing-masing digunakan untuk mendistribusikan sebuah sinyal PWM berperiode 2.5 ms menjadi 8 buah sinyal PWM berperiode 20 ms.
- U4 adalah IC 74HC75, merupakan IC *quad bistable transparent latch*. Pada rangkaian ini digunakan untuk menghilangkan *jitter* pada data 3 bit yang masuk melalui port ABCG, untuk kemudian diteruskan ke U2 dan U3.
- S1 sebagai port untuk motor servo ukuran sedang. Dan S2 sebagai port untuk motor servo ukuran kecil.

3.4 Rangkaian Antarmuka Motor DC dengan Mikrokontroler

Motor DC pada robot SAR ini digunakan untuk menggerakkan roda track. Terdapat 4 buah motor DC, 1 motor DC untuk tiap-tiap kaki robot. Untuk mengontrol arah dan kecepatan motor DC digunakan sinyal PWM dari mikrokontroler. Sinyal PWM dari mikrokontroler hanya bertegangan positif pada nilai maksimum dan nol pada nilai minimumnya, tegangan dan arus yang dihasilkan juga tidak dapat digunakan langsung ke motor DC. Oleh karena itu dibuat sebuah antarmuka antara mikrokontroler dan motor DC. Antarmuka ini

digunakan untuk mengubah sinyal PWM mikrokontroler agar dapat bertegangan positif pada maksimumnya dan negatif pada minimumnya, dan juga untuk memberikan daya tersendiri untuk motor DC terpisah dari mikrokontroler.

Pada gambar 3.10 menunjukkan gambar skematik rangkaian antarmuka motor DC dengan mikrokontroler yang didesain menggunakan program ISIS Proteus.



Gambar 3.10 Gambar skematik rangkaian antarmuka motor DC dengan mikrokontroler.

Rangkaian ini memiliki 2 buah pengontrol motor DC menggunakan sinyal PWM. Pada aplikasi robot SAR ini, 1 pengontrol digunakan untuk mengontrol kedua roda depan robot, dan 1 pengontrol lagi untuk mengontrol kedua roda belakang robot.

Penjelasan beberapa komponen pada rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

- J1 dan J2 sebagai port untuk power supply dengan tegangan 5-12 volt sesuai dengan tegangan kerja motor DC yang digunakan.
- U1 adalah IC L7805, merupakan IC regulator tegangan positif. Pada rangkaian ini digunakan untuk regulator tegangan 5 volt.
- J3 sebagai port untuk koneksi ke port keluaran PWM mikrokontroler. Pin 1 untuk pengontrol 1 dan pin 2 untuk pengontrol 2.
- J4 sebagai port untuk meng-*enable* atau meng-*disable* kegunaan kedua pengontrol ini. Pin 1 untuk pengontrol 1 dan pin 2 untuk pengontrol 2. Jika diberi logika tinggi maka kontrol tidak aktif.
- J5 untuk dihubungkan pada pin ground mikrokontroler.
- O1-O4 merupakan optocoupler, digunakan untuk memisahkan daya dari sinyal PWM mikrokontroler dengan daya rangkaian ini.
- U2 adalah IC HD74HC14, merupakan IC *hex converter* yang berisi beberapa gerbang *not*. Gerbang-gerbang *not* ini digunakan untuk mengubah logika 1 menjadi 0 dan sebaliknya.
- U3 adalah IC L298, merupakan IC *dual full-bridge driver*. Pada rangkaian ini digunakan sebagai penguat tegangan untuk sinyal-sinyal yang masuk pada pin inputnya.
- J6 adalah port keluaran sinyal kontrol PWM 1, dan J7 adalah port keluaran sinyal kontrol PWM 2.

Secara teori, untuk menghasilkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 0 V, dibutuhkan PWM dengan duty cycle 50%. Namun dari hasil pengujian pada rangkaian yang dibuat, pada frekuensi yang tinggi duty cycle yang diperlukan lebih kecil dari 50% untuk mendapatkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 0 V. Tabel 3.4 memperlihatkan hasil pengujian pada rangkaian antarmuka ini dengan variasi frekuensi PWM.

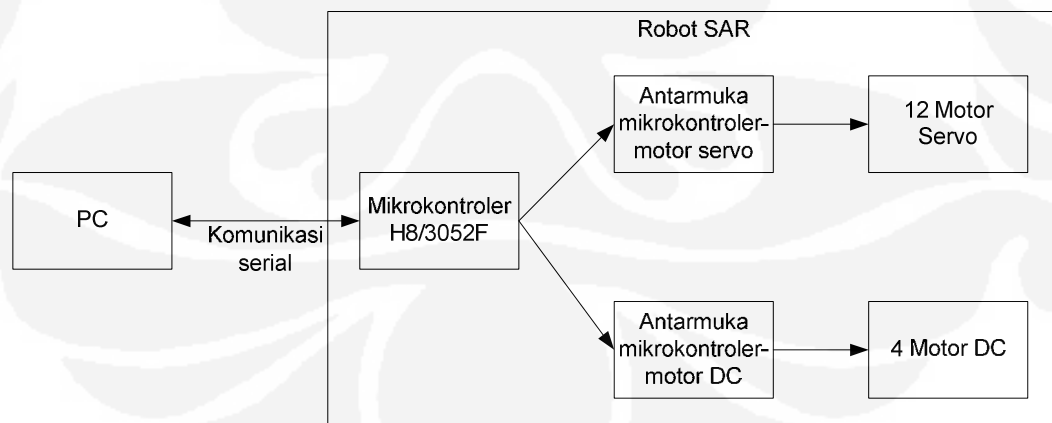
Tabel 3.4: Data pengujian rangkaian antarmuka motor DC dengan mikrokontroler

Frekuensi PWM (Hz)	<i>Duty cycle</i> Untuk Tegangan Keluaran 0 V (%)	
	Pengontrol 1	Pengontrol 2
2000	27.0	27.0
1000	38.8	39.1
500	44.7	44.1
250	47.7	46.8
100	49.9	48.8
50	50	49.9

Dari data tabel di atas, dapat kita lihat bahwa untuk mencapai tegangan keluaran rata-rata sebesar 0 V saat *duty cycle* 50% pada kedua pengontrol diperlukan frekuensi PWM yang kurang dari 50 Hz. Jika menggunakan frekuensi yang kecil untuk kontrol motor DC, putaran motor DC menjadi tidak halus dan terdengar bising. Oleh karena itu penulis menggunakan frekuensi 2000Hz untuk mengontrol motor DC, walaupun terjadi ketidakseimbangan antara *range duty cycle* untuk mengontrol putaran motor ke kanan dan putaran motor ke kiri.

3.5 Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang dibuat pada proyek ini ditujukan untuk menguji kemampuan robot SAR yang dibuat. Gambar 3.11 memperlihatkan diagram blok sistem sederhana ini.



Gambar 3.11 Diagram blok system

Pada PC (*personal computer*) digunakan sebuah *software* untuk mengirim perintah ke mikrokontroler dan menerima data dari mikrokontroler melalui komunikasi serial. *Software* pada PC yang digunakan pada percobaan ini adalah

serialtool. Software ini dapat memperlihatkan grafik data dan menyimpan data yang diterima melalui komunikasi serial.

Semua pemrograman hanya dilakukan pada mikrokontroler saja. Pemrograman ini meliputi pemrosesan perintah yang diterima dari PC, pengiriman data ke PC (yaitu data lebar pulsa positif sinyal PWM untuk motor servo dan motor DC), pengontrolan motor servo melalui antarmukanya, pengontrolan motor DC melalui antarmukanya, dan database berisi beberapa variasi gerak manuver robot.

3.6 Komunikasi Data antara PC dan Mikrokontroler

Komunikasi data antara PC dan mikrokontroler menggunakan komunikasi serial asinkron. Format serial asinkron yang digunakan adalah baudrate 9600 bps, 8 bit data, 1 bit stop dan paritas genap. Dengan ditambah 1 bit start maka panjang sebuah data sekali kirim adalah 11 bit. Karena menggunakan baudrate 9600 bps, maka rate transfer data tiap detiknya adalah $9600/11 = 872.72 \approx 872$ byte/detik.

Data yang dikirimkan dari PC ke mikrokontroler adalah perintah kepada mikrokontroler untuk melakukan suatu proses yang sudah diprogram pada mikrokontroler. Data perintah ini hanya berupa karakter 1-byte yang dapat dihasilkan dengan menekan tombol-tombol pada keyboard PC. Adapun tombol karakter yang digunakan beserta perintah yang akan dilakukan mikrokontroler dapat dilihat pada lampiran 1.

Data yang dikirimkan dari mikrokontroler ke PC adalah posisi sudut motor servo dan *duty cycle* PWM motor DC. Data ini akan dikirimkan oleh mikrokontroler secara terus-menerus selama robot dalam keadaan aktif. Adapun besarnya data ini adalah 15 byte yang tersusun sebagai berikut:

1. 1 byte header 0xFE
2. 1 byte data posisi sudut motor servo 1 (sendi 1 kaki 1)
3. 1 byte data posisi sudut motor servo 2 (sendi 2 kaki 1)
4. 1 byte data posisi sudut motor servo 3 (sendi 3 kaki 1)
5. 1 byte data posisi sudut motor servo 4 (sendi 1 kaki 2)
6. 1 byte data posisi sudut motor servo 5 (sendi 2 kaki 2)
7. 1 byte data posisi sudut motor servo 6 (sendi 3 kaki 2)

8. 1 byte data posisi sudut motor servo 7 (sendi 1 kaki 3)
9. 1 byte data posisi sudut motor servo 8 (sendi 2 kaki 3)
10. 1 byte data posisi sudut motor servo 9 (sendi 3 kaki 3)
11. 1 byte data posisi sudut motor servo 10 (sendi 1 kaki 4)
12. 1 byte data posisi sudut motor servo 11 (sendi 2 kaki 4)
13. 1 byte data posisi sudut motor servo 12 (sendi 3 kaki 4)
14. 1 byte data *duty cycle* motor DC 1 (kedua roda bagian depan)
15. 1 byte data *duty cycle* motor DC 2 (kedua roda bagian belakang)

Gambar 3.12 memperlihatkan susunan data tersebut.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Header (0xFE)															
1 byte data 1															
1 byte data 2															
1 byte data 3															
1 byte data 4															
1 byte data 5															
1 byte data 6															
1 byte data 7															
1 byte data 8															
1 byte data 9															
1 byte data 10															
1 byte data 11															
1 byte data 12															
1 byte data 13															
1 byte data 14															

Gambar 3.12 Susunan data transfer dari mikrokontroler ke PC

Dengan rate transfer 872 byte/sekon, maka PC akan menerima *update* data setiap $15/872 = 0.0172$ sekon.

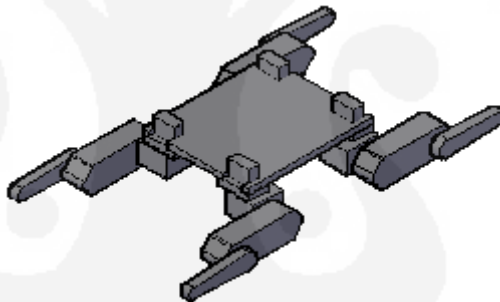
BAB 4

PENGUJIAN

Pada bab ini akan dibahas pengujian dari beberapa gerak robot yang dikendalikan dari PC. Data yang diamati pada PC adalah posisi sudut setiap motor servo dan *duty cycle* PWM motor DC. Pengujian meliputi keadaan awal robot, robot berjalan dengan roda *track*, kendali sendi robot secara manual, dan robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.

4.1 Keadaan Awal Robot

Pada keadaan awal, robot belum aktif dan semua motor servo dalam keadaan tidak berdaya (dapat digerakkan secara manual menggunakan tangan). Setelah diaktifkan melalui perintah dari PC, semua motor dalam keadaan *standby*, dan siap menunggu perintah dari PC. Posisi awal setelah robot diaktifkan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Keadaan awal robot setelah aktif.

Saat pengujian, ketika penulis mengamati pada robot, semua sendi 1 dan sendi 2 dari keempat kaki tidak bermasalah. Namun pada sendi 3 dari keempat kaki kadang menunjukkan adanya getaran. Jika sendi 3 dilepas bebannya (kaki kecil yang digerakkan oleh sendi 3), tidak terlihat adanya getaran pada motor servo di sendi tersebut. Dengan demikian tidak ada masalah pada sinyal PWM untuk mengontrol sendi 3 atau dengan kata lain penyebabnya bukan *jitter* pada sinyal PWM. Permasalahannya ada pada mekanik robot pada sendi 3. Penyebabnya adalah pemasangan besi pada poros sendi 3 tidak tegak lurus terhadap sendi tersebut, sehingga bergesekkan dengan penyangga besi tersebut. Hal ini menyebabkan sendi 3 seolah mendapatkan beban yang tidak stabil,

sehingga sendi 3 sulit untuk mencapai posisi yang dituju. Oleh karena itu butuh pembuatan mekanik robot yang lebih teliti, sehingga tidak mengganggu gerak robot dan bahkan merusaknya.

Pada keadaan awal ini, yaitu saat motor DC tidak berputar, motor DC tersebut mengeluarkan suara bising. Hal ini disebabkan karena tegangan yang digunakan pada motor DC adalah tegangan rata-rata dari sinyal positif-negatif. Sehingga, walaupun motor DC terlihat tidak bergerak namun pada dasarnya ada gerakan sangat kecil pada motor DC tersebut yang arahnya bolak-balik dengan cepat sesuai dengan frekuensi sinyal yang digunakan. Jika digunakan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi, suara bising ini cenderung berkurang. Pada penelitian ini digunakan sinyal dengan frekuensi 2000Hz.

Dari data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke PC didapatkan *duty cycle* 27% pada saat motor dalam keadaan tidak berputar. Nilai ini sudah di-*setting* pada mikrokontroler sesuai dengan perancangan.

4.2 Robot Berjalan Maju dengan Roda *Track*

Pada pengujian ini, semua roda *track* pada robot dijalankan bersamaan dengan arah yang sama sehingga robot berjalan maju ke depan. Sinyal PWM untuk motor DC yang awalnya mempunyai *duty cycle* 27% ditambahkan perlahan-lahan *duty*-nya hingga tegangan pada kedua kutub motor sekitar 6V, 8.4V, dan 11.8V. Kemudian diukur kecepatan perpindahan robot pada masing tegangan tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1: Kecepatan robot dengan variasi tegangan saat berjalan dengan roda *track*.

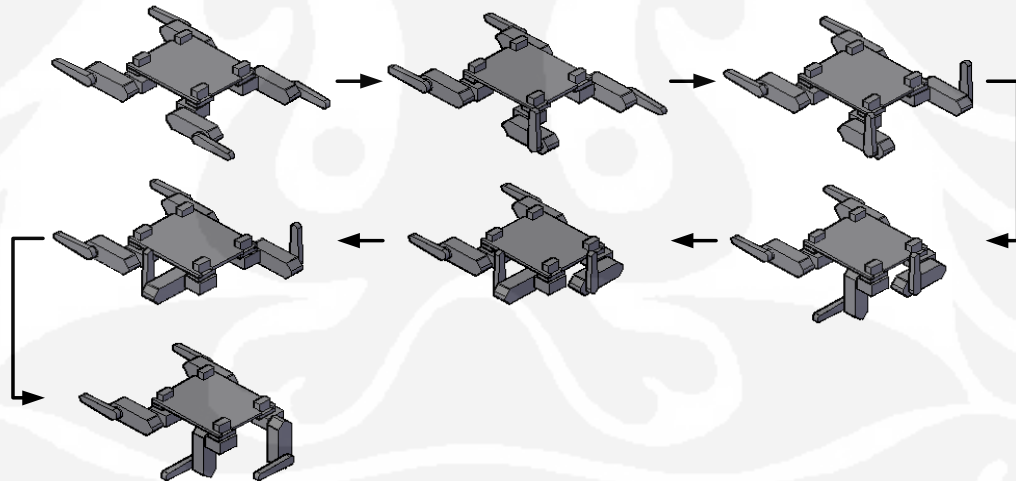
Tegangan Rata-rata pada Motor DC (V)	Kecepatan robot (m/menit)
6	0.87
8.4	1.03
11.8	1.52

Jika membandingkan data tabel 4.1 di atas dengan data tabel 3.3 pada bab 3, terlihat bahwa kecepatan robot pada tabel 4.1 lebih kecil dari pada kecepatan roda *track* pada tabel 3.3. Hal ini dikarenakan data pada tabel 3.3 diambil saat

roda *track* tidak berbeban sehingga beban yang ditanggung motor DC pada roda *track* tersebut tidak besar. Sedangkan data pada tabel 4.1 diambil saat roda *track* membawa beban robot, sehingga motor DC pada roda *track* menanggung beban yaitu robot ini.

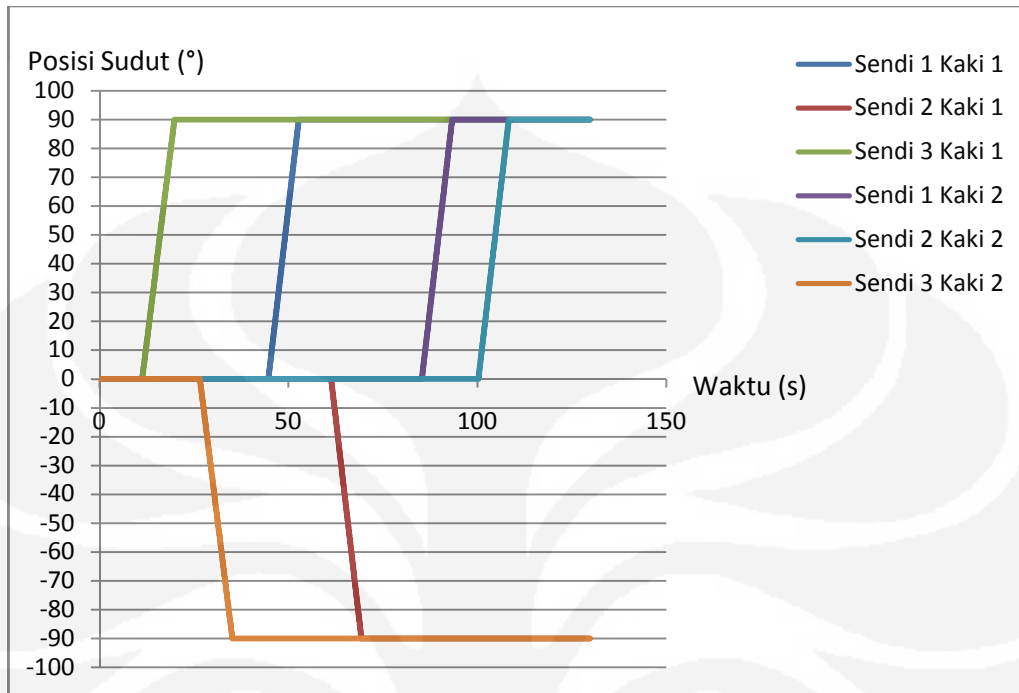
4.3 Pengendalian Sendi pada Kaki 1 dan Kaki 2 Secara Manual Melalui PC

Pada pengujian ini, semua motor servo pada kaki 1 dan kaki 2 dikendalikan secara manual melalui PC. Robot tidak diletakkan pada lantai (diberi penyangga pada bawah robot), sehingga kaki-kaki robot tidak mendapatkan beban dari robot, dengan kata lain sendi-sendi robot hanya mendapatkan beban dari kaki saja. Mula-mula sendi 3 pada kaki 1 dan kaki 2 diputar ke arah atas sebesar 90° dari posisi normalnya. Lalu Sendi 1 pada kaki 1 dan kaki 2 diputar ke arah kanan sebesar 90° dari posisi normalnya. Kemudian Sendi 2 pada kaki 1 dan kaki 2 diputar ke arah bawah sebesar 90° dari posisi normalnya. Gambar 4.2 memperlihatkan tahap-tahap pergerakan yang dilakukan secara satu-persatu pada semua sendi kaki 1 dan kaki 2.



Gambar 4.2 Skema pengujian pengendalian sendi pada kaki 1 dan kaki 2 secara manual melalui PC.

Pada grafik gambar 4.3 diperlihatkan posisi sudut dari keenam sendi saat percobaan dan setelah semua sendi tersebut diputar 90° ke arah seperti yang disebutkan tadi. Tabel 4.2 memperlihatkan data posisi sudut setelah semua sendi diputar ke arah yang dimaksud.

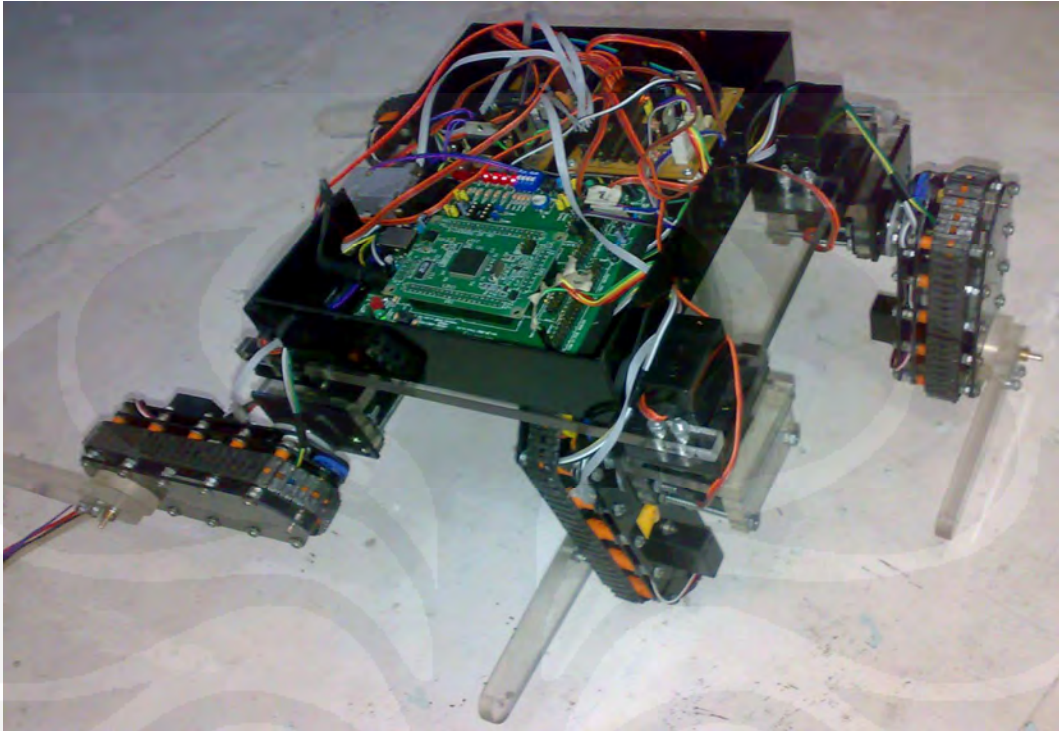


Gambar 4.3 Grafik posisi sudut motor servo pada pengujian pengendalian sendi pada kaki 1 dan kaki 2 secara manual melalui PC.

Tabel 4.2 Posisi akhir sudut servo pada pengujian sendi secara manual.

Sendi / Jenis Servo	Kaki 1	Kaki 2
	Posisi Sudut Servo	Posisi Sudut Servo
Sendi 1/ GWServo S03T	+90	+90
Sendi 2/GWServo S03T	-90	+90
Sendi 3/ GWS Servo Micro	+90	-90

Dari tabel 4.2, diperlihatkan sendi 2 dan sendi 3 dari kedua kaki mempunyai posisi motor yang berlawanan arah. Sehingga untuk sendi 2 kaki 1 dan sendi 3 kaki 2, motor servo harus diputar -90° . Sedangkan untuk sendi 3 kaki 1 dan sendi 2 kaki 2, motor servo harus diputar kearah sekitar $+90^\circ$. Keadaan pada robot setelah setelah semua sendi yang dimaksud diputar sekitar $\pm 90^\circ$ dapat dilihat pada gambar 4.4.

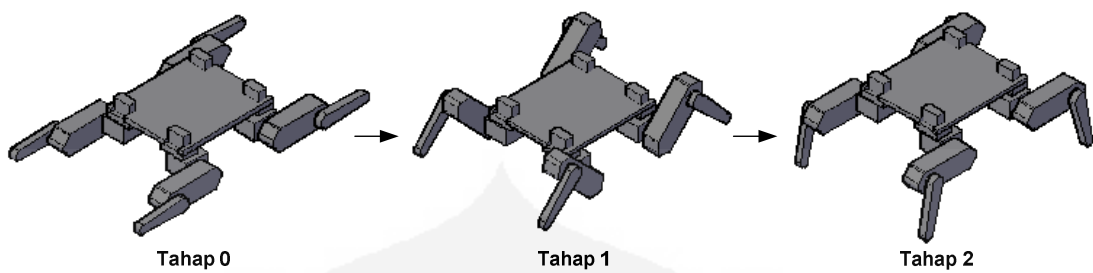


Gambar 4.4 Keadaan robot setelah posisi akhir pada pengujian pengendalian sendi pada kaki 1 dan kaki 2 secara manual melalui PC.

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa pada pengujian ini robot mampu mencapai keadaan posisi yang dimaksud. Adapun pada sendi-sendi kaki robot pada pengujian hanya menanggung beban dari kaki saja, dan tidak menanggung beban dari robot.

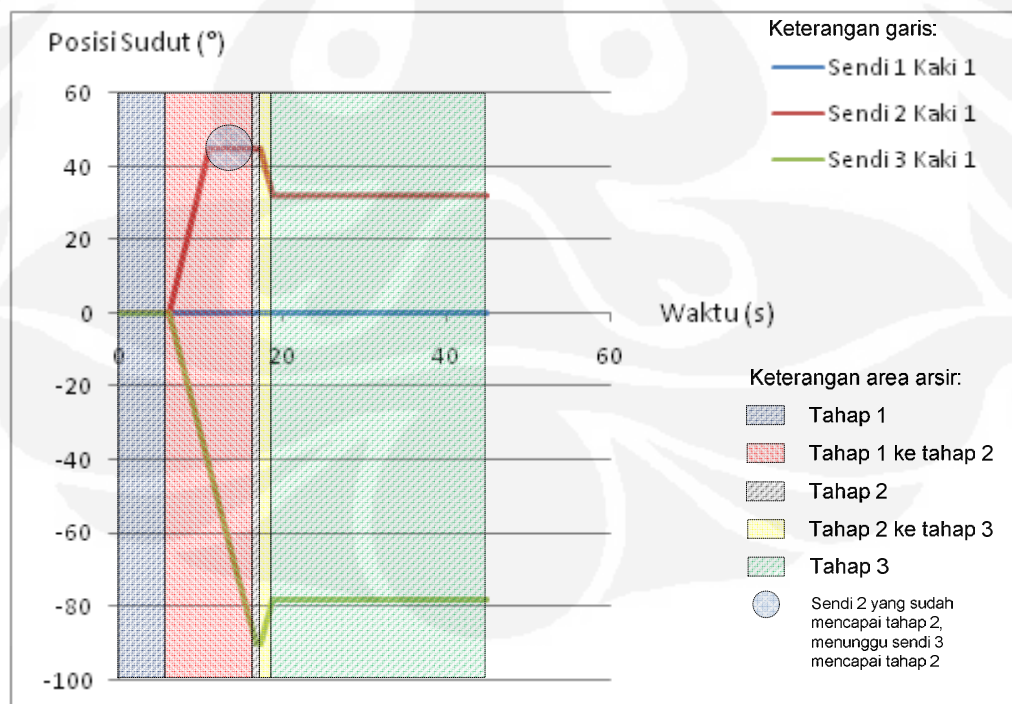
4.4 Robot Berdiri dengan Kaki

Pada pengujian ini, hanya untuk memperlihatkan kerja motor servo ketika robot bergerak dari keadaan normal ke keadaan berdiri dengan kaki, dan juga untuk melihat kemampuan sendi kaki robot dalam menahan beban robot. Robot melalui 2 tahap gerakan dari posisi normal ke posisi berdiri dengan kaki. Gambar 4.5 memperlihatkan tahap gerakan robot.

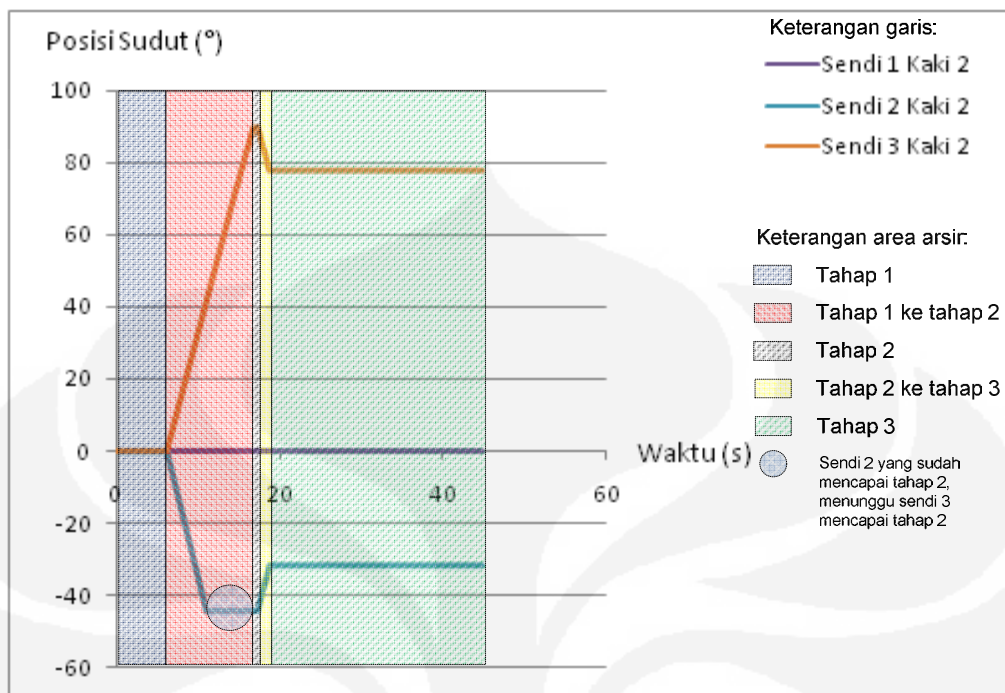


Gambar 4.5 Tahap gerak robot saat melakukan manuver berdiri dengan kaki.

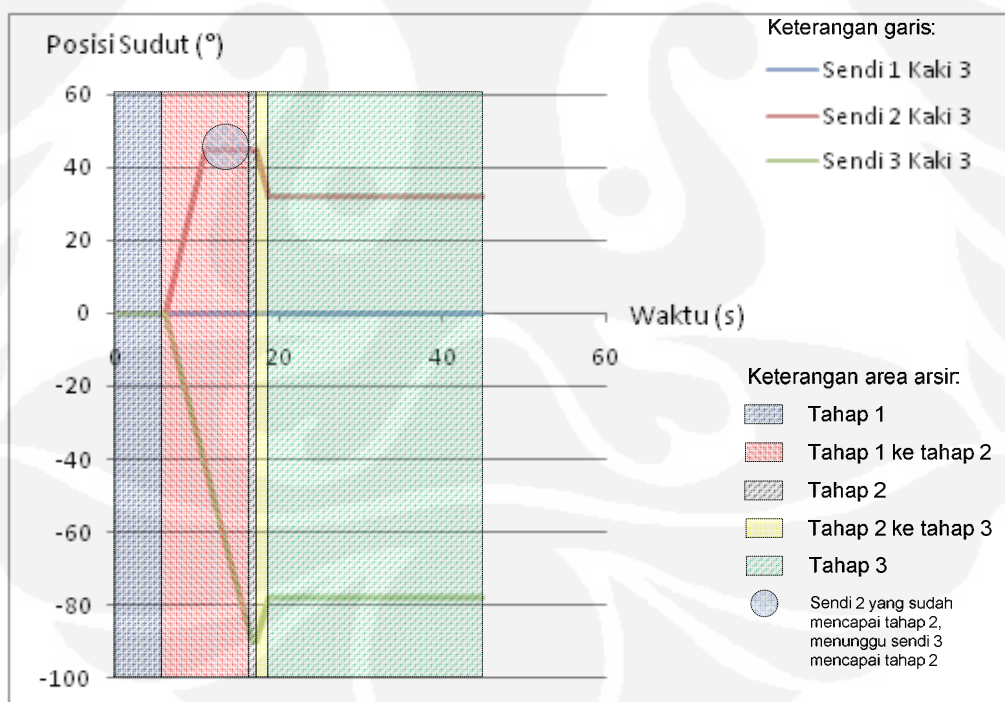
Gambar 4.6 sampai gambar 4.9 adalah grafik keadaan posisi sudut motor servo pada setiap kaki saat melakukan manuver ini. Pada keempat gambar grafik ini, terlihat bahwa kaki 1 dan kaki 3 mempunyai arah pergerakan yang sama, dan juga kaki 2 dan kaki 4 mempunyai arah pergerakan yang sama. Sendi 1 pada semua kaki tidak berputar dan tetap pada posisi normal. Untuk setiap awal tahap, sendi 2 dan sendi 3 pada semua kaki mulai bergerak pada waktu yang sama. Namun kedua sendi tersebut tidak berhenti pada waktu yang sama dikarenakan perubahan posisi sudut pada sendi 2 dan sendi 3 tidak sama pada satu tahap, sehingga sendi yang sudah mencapai posisi sudut tujuan harus menunggu sendi lain mencapai posisi sudut tujuan pada suatu tahap tertentu. Hal ini terlihat pada daerah lingkaran bersir pada gambar grafik tersebut.



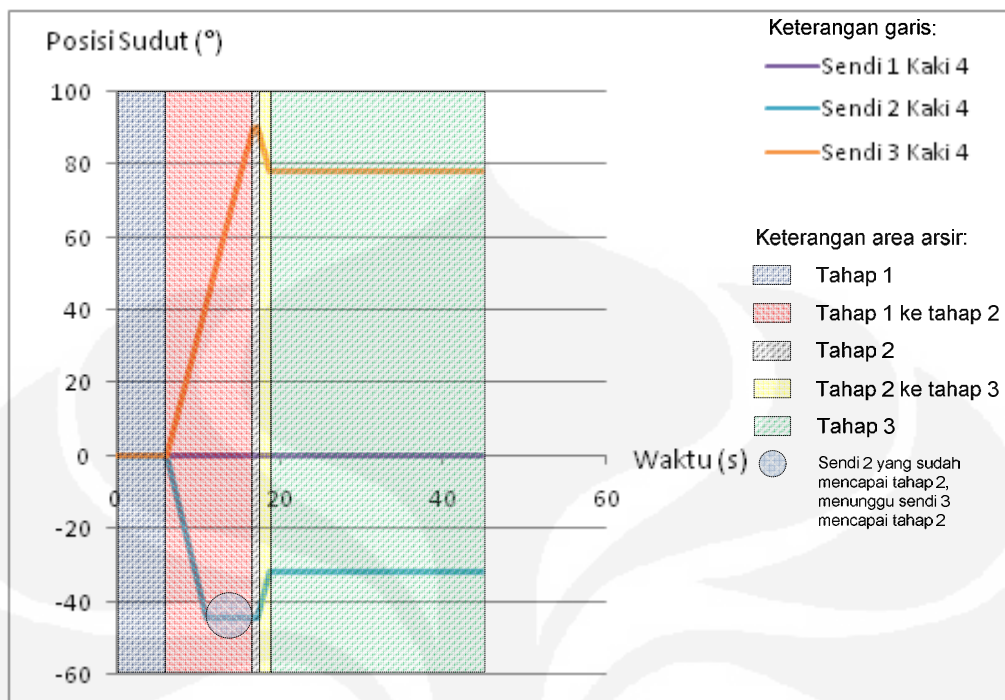
Gambar 4.6 Grafik posisi sudut motor servo pada kaki 1 pada pengujian robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.



Gambar 4.7 Grafik posisi sudut motor servo pada kaki 2 pada pengujian robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.



Gambar 4.8 Grafik posisi sudut motor servo pada kaki 3 pada pengujian robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.



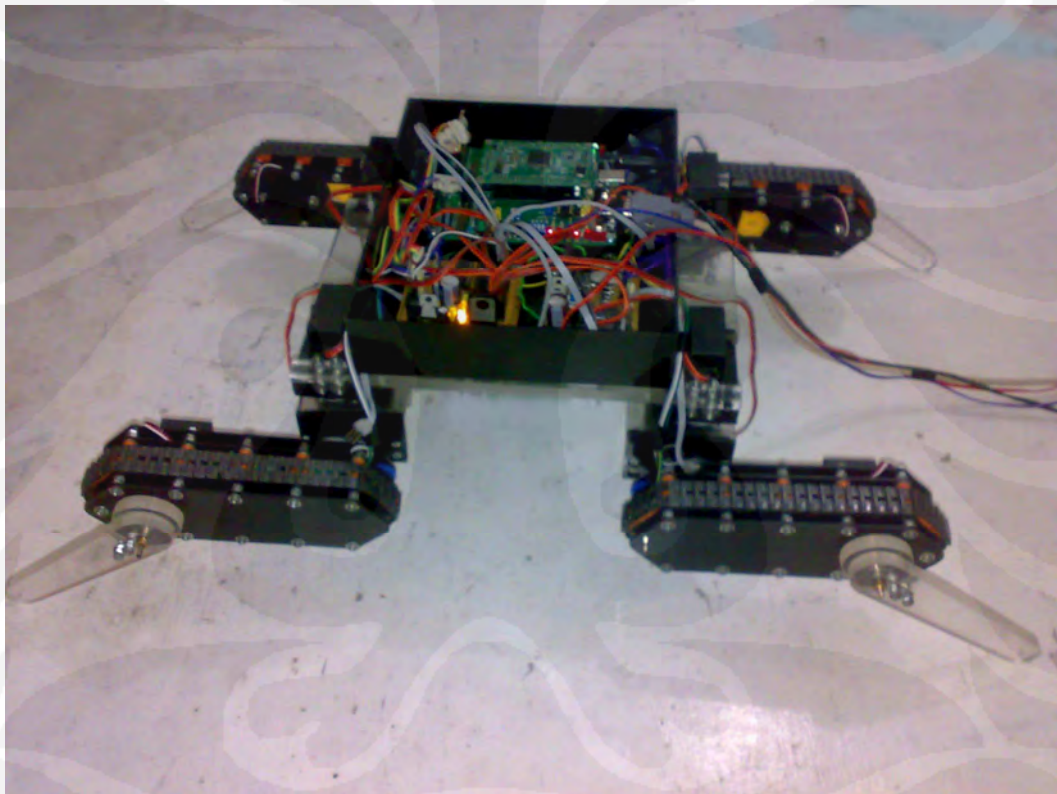
Gambar 4.9 Grafik posisi sudut motor servo pada kaki 4 pada pengujian robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.

Tabel 4.3 memperlihatkan posisi sudut servo pada ketiga tahap berdasarkan data dari grafik di atas.

Tabel 4.3 Posisi sudut motor servo pada sendi-sendi robot saat melakukan manuver berdiri dengan kaki.

	Tahap 0	Tahap 1	Tahap 2
Sendi 1 kaki 1	0°	0°	0°
Sendi 2 kaki 1	0°	32°	0°
Sendi 3 kaki 1	0°	-90°	-77°
Sendi 1 kaki 2	0°	0°	0°
Sendi 2 kaki 2	0°	-32°	0°
Sendi 3 kaki 2	0°	90°	77°
Sendi 1 kaki 3	0°	0°	0°
Sendi 2 kaki 3	0°	32°	0°
Sendi 3 kaki 3	0°	-90°	-77°
Sendi 1 kaki 4	0°	0°	0°
Sendi 2 kaki 4	0°	-32°	0°
Sendi 3 kaki 4	0°	90°	77°

Gambar 4.10 memperlihatkan keadaan robot pada tahap akhir pengujian ini. Jika dilihat pada keadaan robot pada gambar tersebut, posisi berdiri robot dalam keadaan tidak sesuai dengan sudut yang diperintahkan. Hal ini dikarenakan pada posisi tersebut sendi 2 dan sendi 3 menanggung torsi yang lebih besar dibanding saat dalam keadaan posisi normal. Pada sendi 3 cenderung terlihat tidak mampu menahan beban dari robot, karena beban torsi yang ditanggungnya terlalu besar, sehingga sulit mencapai posisi sudut yang dituju. Oleh karena itu kaki pada sendi 3 tidak dapat digunakan untuk berjalan, namun dapat berguna untuk membantu gerakan robot dalam melewati rintangan.



Gambar 4.10 Keadaan robot pada tahap akhir pengujian robot melakukan manuver berdiri dengan kaki.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat oleh penulis diantaranya adalah:

1. Berdasarkan studi pustaka, penggunaan mekanisme gerak hibrid beroda dan berkaki dapat memaksimalkan mobilitas robot SAR.
2. Antarmuka antara mikrokontroler dan motor servo, mempermudah dalam pemrograman mikrokontroler untuk mengontrol multiservo secara independen dan menghasilkan sinyal PWM yang tidak mengandung *jitter*.
3. Antarmuka mikrokontroler dengan motor DC dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putar motor DC sekaligus dengan menggunakan sebuah sinyal PWM, Namun antarmuka yang dibuat masih kurang handal, karena *duty cycle* PWM yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan keluaran rata-rata 0 V tidak sebesar 50%.
4. Fitur- fitur mikrokontroler Hitachi H8/3052 yang dipakai sudah cukup memadai sebagai pengendali robot SAR ini.
5. Mikrokontroler Hitachi H8/3052 mempunyai 512kbytes ROM dan 8 kbytes RAM, sedangkan program yang telah dibuat untuk menjalankan system sederhana ini hanya sebesar 3,3 kbytes saja. Sehingga masih banyak aplikasi (misalnya data manuver robot, perintah) yang dapat ditambahkan pada program mikrokontroler.
6. Rangka robot yang dibuat tidak kokoh sehingga mempengaruhi beban yang ditanggung oleh motor servo.
7. Semakin besar panjang kaki pada suatu sendi, semakin besar pula torsi yang ditanggung servo penggerak sendi tersebut, apabila bebannya bertumpu pada ujung kaki.
8. Dengan kecepatan perpindahan maksimum yang hanya 1.52 m/menit (hasil pengukuran dengan tegangan 11.8 V) menggunakan roda *track*, pergerakan robot SAR dinilai masih kurang cepat, sehingga perlu motor DC yang mampu bertegangan lebih besar lagi.

5.2 Saran

Penelitian ini adalah masih dalam tahap awal untuk membuat suatu robot SAR yang handal, sehingga masih sangat banyak hal yang perlu diperbaiki dan dikembangkan. Dari hasil kerja penelitian ini, beberapa saran yang diajukan oleh penulis yaitu:

1. Masih diperlukan pembuatan ulang rangka robot yang lebih kokoh.
2. Torsi maksimum motor servo sebesar 8 Kg.cm pada sendi 1 dan sendi 2, dan 6.4 Kg.cm pada sendi 3. Dengan demikian robot tidak dapat bergerak bila bebannya melebihi torsi tersebut. Maka perlu diperkirakan berat yang akan ditanggung kaki-kaki robot, dan juga panjang kaki-kaki robot tersebut.
3. Tambahan sensor sebagai *feedback* pada setiap motor diperlukan untuk mengetahui keadaan motor tersebut. Potensiometer mungkin sangat baik digunakan sebagai sensor *feedback* setiap motor.
4. Untuk gerakkan manuver robot terintegrasi, perlu diperkirakan atau dihitung sudut-sudut yang digunakan, agar saat melakukan manuver tidak terjadi kerusakan pada robot.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Hitachi. *Hitachi single-chip microcomputer, H8/3052 F-ZTAT Hardware manual*. Hitachi, ltd.
- [2] Miyata, K. *Kontrol 24 servo*. Juni 15, 2010.
<http://www.geocities.jp/mimiin/tips/lbc/01-servo/index.html>
- [3] Sariel, S. *A hybrid planning approach for robots in search and rescue*. Istanbul Technical University. sariel@cs.itu.edu.tr
- [4] Siciliano, B., & Kattib, O. (Editor). *Handbooks of robotics*. Springer. 2008
- [5] Tadokoro, S. *Rescue robotics: DDT project on robots and systems for urban search and rescue*. Springer. 2009

Lampiran 1: Karakter Perintah dari Keyboard PC ke Mikrokontroler
(lihat subbab 3.6)

Karakter Keyboard	Perintah untuk Mikrokontroler
SPASI	Mengaktifkan/Menoaktifkan Robot
TAB	Ganti mode perintah antara mode1 dan mode 2

Mode 1	
Karakter Keyboard	Perintah untuk Mikrokontroler
'1'	Sendi 1 pada kaki 1 berputar ke arah kiri
'2'	Sendi 1 pada kaki 1 berputar ke arah kanan
'3'	Sendi 2 pada kaki 1 berputar ke arah bawah
'4'	Sendi 2 pada kaki 1 berputar ke arah atas
'5'	Sendi 3 pada kaki 1 berputar ke arah bawah
'6'	Sendi 3 pada kaki 1 berputar ke arah atas
'q'	Sendi 1 pada kaki 2 berputar ke arah kiri
'w'	Sendi 1 pada kaki 2 berputar ke arah kanan
'e'	Sendi 2 pada kaki 2 berputar ke arah atas
'r'	Sendi 2 pada kaki 2 berputar ke arah bawah
't'	Sendi 3 pada kaki 2 berputar ke arah atas
'y'	Sendi 3 pada kaki 2 berputar ke arah bawah
'a'	Sendi 1 pada kaki 3 berputar ke arah kiri
's'	Sendi 1 pada kaki 3 berputar ke arah kanan
'd'	Sendi 2 pada kaki 3 berputar ke arah bawah
'f'	Sendi 2 pada kaki 3 berputar ke arah atas
'g'	Sendi 3 pada kaki 3 berputar ke arah bawah
'h'	Sendi 3 pada kaki 3 berputar ke arah atas
'z'	Sendi 1 pada kaki 4 berputar ke arah kiri
'x'	Sendi 1 pada kaki 4 berputar ke arah kanan
'c'	Sendi 2 pada kaki 2 berputar ke arah atas
'v'	Sendi 2 pada kaki 2 berputar ke arah bawah
'b'	Sendi 3 pada kaki 2 berputar ke arah atas
'n'	Sendi 3 pada kaki 2 berputar ke arah bawah
'7'	Mempercepat laju mundur / memperlambat laju maju roda depan
'8'	Mempercepat laju maju / memperlambat laju mundur roda depan
'9'	Mempercepat laju mundur / memperlambat laju maju roda belakang
'0'	Mempercepat laju maju / memperlambat laju mundur roda belakang
'u'	Roda depan berhenti
'i'	Roda belakang berhenti

(Lanjutan)

Mode 2	
Karakter Keyboard	Perintah untuk Mikrokontroler
'1'	Posisi normal
'2'	Manuver berdiri dengan kaki
'q'	Sendi 1 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah kiri
'w'	Sendi 1 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah kanan
'e'	Sendi 2 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah atas
'r'	Sendi 2 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah bawah
't'	Sendi 3 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah atas
'y'	Sendi 3 pada kaki 1 dan kaki 2 berputar ke arah bawah
'a'	Sendi 1 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah kiri
's'	Sendi 1 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah kanan
'd'	Sendi 2 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah atas
'f'	Sendi 2 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah bawah
'g'	Sendi 3 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah atas
'h'	Sendi 3 pada kaki 3 dan kaki 4 berputar ke arah bawah
'z'	Sendi 1 pada kaki 1 dan kaki 2 kembali ke posisi normal
'x'	Sendi 2 pada kaki 1 dan kaki 2 kembali ke posisi normal
'c'	Sendi 3 pada kaki 1 dan kaki 2 kembali ke posisi normal
'v'	Sendi 1 pada kaki 3 dan kaki 4 kembali ke posisi normal
'b'	Sendi 2 pada kaki 3 dan kaki 2 kembali ke posisi normal
'n'	Sendi 3 pada kaki 3 dan kaki 2 kembali ke posisi normal
'7'	Roda depan berputar mundur dengan kecepatan penuh
'8'	Roda depan berputar maju dengan kecepatan penuh
'9'	Roda belakang berputar mundur dengan kecepatan penuh
'0'	Roda belakang berputar maju dengan kecepatan penuh
'u'	Roda depan dan belakang berputar mundur dengan kecepatan penuh
'i'	Roda depan dan belakang berputar dengan kecepatan penuh
'j'	Roda depan berhenti
'k'	Roda belakang berhenti
'l'	Roda depan dan belakang berhenti

Lampiran 2: Foto Robot SAR

