

DOKUMEN TEKNIS PERANCANGAN PRODUK

3.1. Pendahuluan

3.1.1. Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini berisikan uraian proses perancangan dari proyek *AGV Robot picker*. Kajian perancangan dibahas mulai dari modul tiap subsistem, komponen yang digunakan, *behavior* dari tiap komponen, hingga pengujian tiap komponen dan modul secara terpisah. Dokumen ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan implementasi dan integrasi sistem *AGV Robot picker* yang direncanakan.

3.1.2. Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen

Dokumen ini berlaku untuk pengembangan produk *AGV Robot picker* untuk:

- 1) Penjelasan mengenai proses perancangan sistem *AGV Robot picker* secara keseluruhan.
- 2) Penjabaran landasan dan alasan proses perancangan yang merupakan turunan dari spesifikasi yang dijanjikan.
- 3) Menjadi acuan untuk proses implementasi dan integrasi sistem keseluruhan dan acuan evaluasi ketercapaian spesifikasi sistem yang dijanjikan.
- 4) Pemenuhan komponen penilaian mata kuliah Metodologi Penelitian dan Skripsi di lingkup Program Studi Teknik Elektro.

3.2. Perancangan Produk

3.2.1. Definisi, Fungsi dan Spesifikasi

Robot yang akan dirancang adalah AGV *Robot picker*. Robot tersebut berupa robot *mobile* yang dapat bergerak menggunakan 4 roda dengan *forward wheel drive* melalui 2 roda dengan motor di depan dan 2 roda bebas di belakang. Robot berputar dengan berputar pada titik putaran di antara kedua motor di depan. Robot tersebut memiliki fungsi untuk mengambil barang dan menaruhnya melalui tangan robot, dan tangan robot mampu menyesuaikan ketinggian tangan dengan rak barang. Robot yang dirancang memiliki komponen elektronik yang beroperasi pada tegangan 3.3 VDC, 5 VDC, dan 12 VDC untuk mencapai keseluruhan dari fungsi robot.

3.2.2. Tinjauan Desain Produk

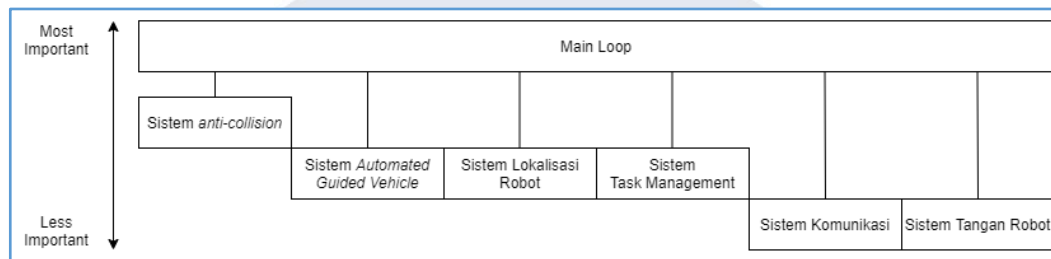
A. Tinjauan Desain Sistem Secara Umum

Sistem robot secara keseluruhan dibagi menjadi beberapa subsistem berdasarkan peran dan fungsinya. Sistem-sistem yang berperan dalam robot dan penjelasan singkatnya adalah seperti berikut:

1. Sistem *Automated Guided Vehicle*, sebagai sistem pengikut jalur khusus.
2. Sistem Tangan Robot, sebagai pengatur tangan robot.
3. Sistem Lokalisasi Robot, sebagai penentu lokasi robot.
4. Sistem Komunikasi, sebagai pengatur komunikasi robot dengan jaringan luar.
5. Sistem *Anti-collision*, sebagai pengatur pergerakan robot agar tidak menabrak.
6. Sistem *Task Management*, sebagai pengatur tugas robot dalam mengambil dan menaruh barang.

Sistem keseluruhan dari robot adalah untuk sistem-sistem tersebut bekerja secara paralel dengan tingkat prioritas yang berbeda. Untuk menyatakan sistem-

sistem tersebut, terdapat subsistem dan alur data yang berperan dalam sistem tersebut yang dibahas dalam subbab berikutnya.

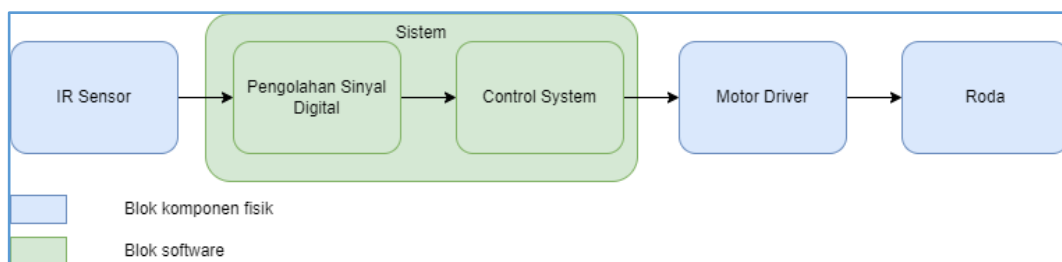


Gambar 3. 1 Hierarki Sistem

B. Tinjauan Desain Sistem

B.1. Sistem Automated Guided Vehicle

Sistem *Automated Guided Vehicle* adalah sistem yang bertanggung jawab untuk mengatur pergerakan robot agar mengikuti jalur khusus robot. Sistem menggunakan akuisisi sinyal digital sensor IR, yang kemudian diproses untuk memungkinkan robot tetap berada pada jalurnya. Setelah menemukan perbaikan yang dibutuhkan, sistem akan memberikan perubahan pada sinyal aktuator motor robot.



Gambar 3. 2 Data Flow Diagram Sistem Automated Guided Vehicle

B.1.1. Subsistem Pengolahan Sinyal Digital

Tabel 3. 1 Keterangan Blok Subsistem Pengolahan Sinyal Digital

Input	Sinyal Digital dari sensor IR
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Posisi sensor IR di atas jalur khusus
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan posisi dari robot relatif terhadap jalur khusus
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Sinyal Digital dari sensor IR

B.1.2. Subsistem *Control System*

Tabel 3. 2 Keterangan Blok Subsistem *Control System*

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none">• Posisi kendaraan relatif terhadap jalur khusus
Output	<ul style="list-style-type: none">• Sinyal PWM motor
Fungsi	<ul style="list-style-type: none">• Memperbaiki kondisi robot agar berada pada jalur khusus

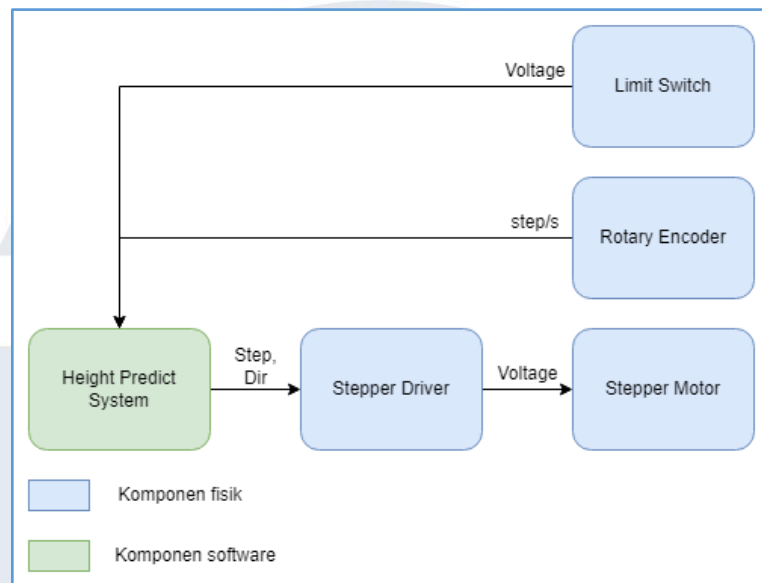
B.2. Sistem Tangan Robot

Sistem Tangan Robot adalah sistem yang bertanggung jawab untuk mengatur pergerakan tangan robot ketika sedang mengambil atau menaruh barang, dari atau ke tempat penyimpanan. Oleh karena itu, sistem Tangan Robot dipecah menjadi dua subsistem, yaitu: subsistem *Height Control* dan subsistem *Gripper*.

Subsistem *Height Control* menggunakan *rotary encoder* untuk mengetahui posisi ketinggian tangan beserta dengan *limit switch* sebagai referensi awal ketinggian, dan menggunakan motor *stepper* untuk menggerakkan tangan tersebut untuk naik dan turun. Subsistem *Gripper* menggunakan motor untuk mengeluarkan tangannya, *limit switch* untuk mendeteksi posisi tangan, dan servo untuk menjepit atau melepaskan barang tersebut.



B.2.1. Subsystem *Height Control*

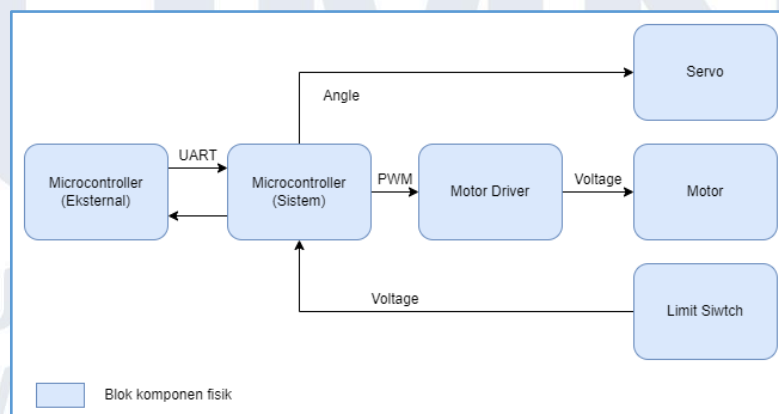


Gambar 3. 3 *Data Flow Diagram* Subsystem *Height Control*

Tabel 3. 3 Keterangan DFD Subsystem *Height Control*

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Perputaran <i>encoder</i> • Titik minimum tangan robot
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan motor <i>stepper</i>
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki posisi agar berada di posisi yang diinginkan

B.2.2. Subsystem *Gripper*



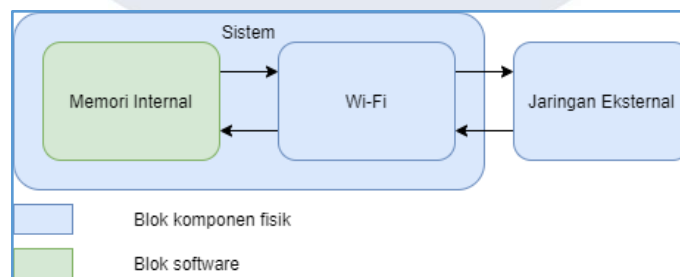
Gambar 3. 4 *Data Flow Diagram* Subsystem *Gripper*

Tabel 3. 4 Keterangan DFD Subsistem *Gripper*

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Posisi maju/mundur subsistem • Perintah untuk ambil/taruh
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Sinyal PWM motor • Sinyal derajat servo • Kondisi subsistem saat ini
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengendalikan subsistem <i>gripper</i> secara independen • Menarik atau mengeluarkan tangan • Menggenggam atau melepaskan tangan

B.3. Sistem Komunikasi

Sistem Komunikasi adalah sistem yang bertanggung jawab untuk mengendalikan perpindahan informasi dari robot ke jaringan luar dan sebaliknya. Perpindahan informasi yang dikeluarkan dari robot terdiri dari: foto digital, posisi robot, tujuan robot, status robot; perpindahan informasi yang dari jaringan eksternal ke robot adalah: perintah mengambil barang dan perintah menaruh barang.



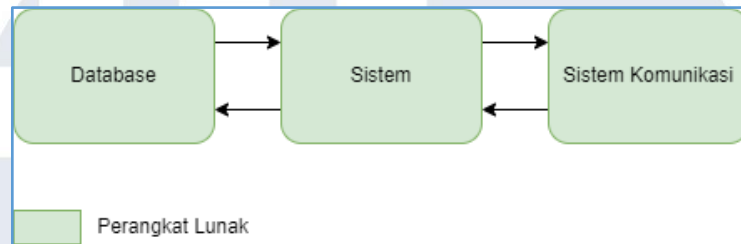
Gambar 3. 5 Data Flow Diagram Sistem Komunikasi

Tabel 3. 5 Keterangan DFD Sistem Komunikasi

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Barang yang ingin diambil • Barang yang ingin ditaruh
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Foto Digital • Status Robot • Tujuan akhir Robot • Posisi Robot
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur pertukaran informasi dari jaringan luar ke robot dan sebaliknya

B.4. Sistem Lokalisasi Robot

Sistem Lokalisasi Robot adalah sistem yang bertanggung jawab untuk menentukan posisi robot sekarang. Sistem Lokalisasi Robot terdiri dari *input* dari sistem komunikasi mengenai posisi robot pada awal robot menyala.

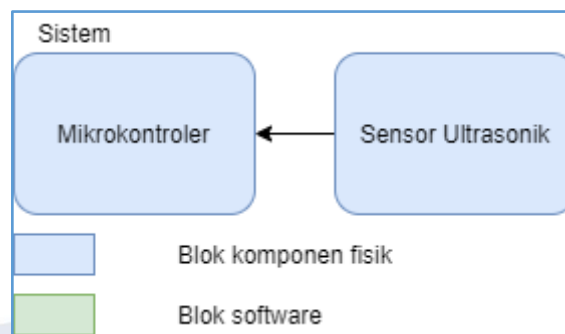


Gambar 3. 6 Data Flow Diagram Sistem Lokalisasi Robot

Tabel 3. 6 Keterangan DFD Sistem Lokalisasi Robot

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Posisi Robot
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Posisi Robot
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui posisi robot di dunia

B.5. Sistem Anti-Collision

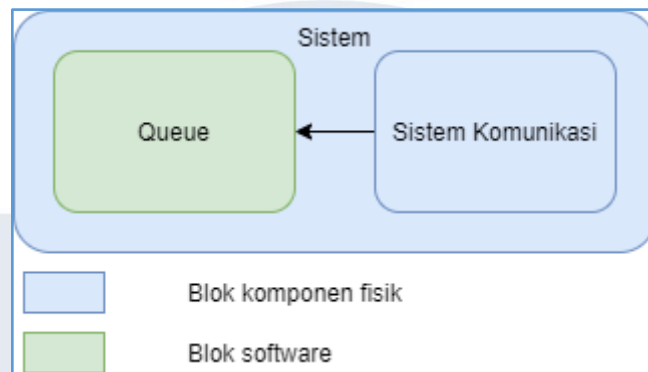


Gambar 3. 7 Data Flow Diagram Sistem Anti-Collision

Tabel 3. 7 Keterangan DFD Sistem Anti-Collision

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Jarak dari benda fisik
Output	-
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur jarak robot dari lingkungan sekitar

B.6. Sistem Task Management



Gambar 3. 8 *Data Flow Diagram* Sistem Task Management

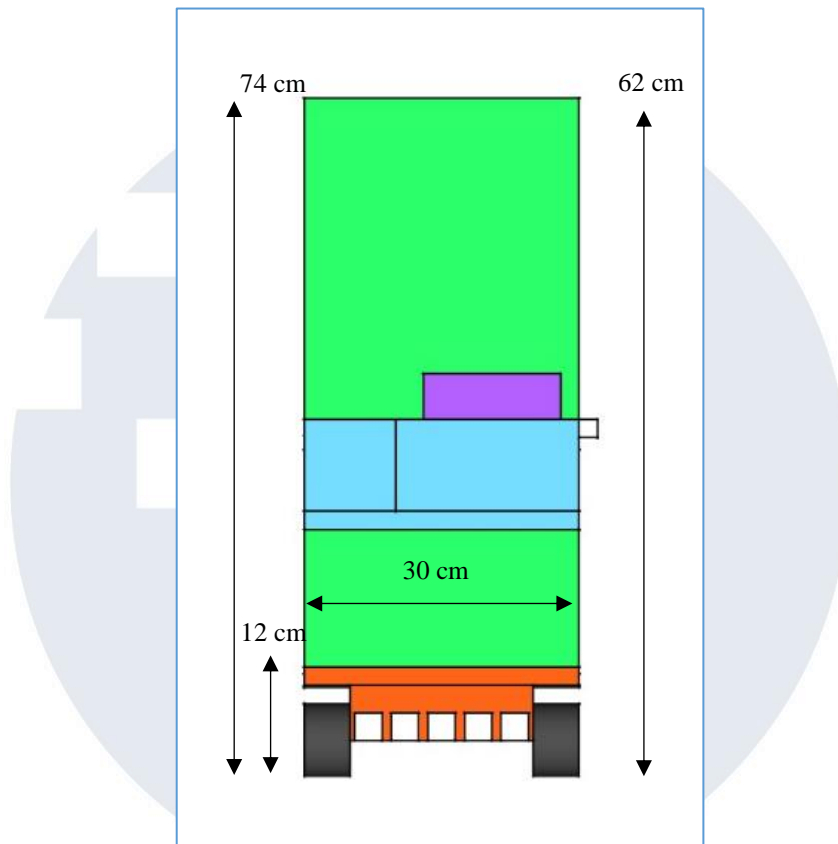
Tabel 3. 8 Keterangan DFD Sistem Task Management

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Permintaan untuk pengambilan • Permintaan untuk penyimpanan • Tujuan Robot
Output	-
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Memasukkan perintah terbaru ke daftar tugas yang perlu dilakukan

C. Deskripsi Fisik Sistem

Desain fisik sistem dirancang sedekat mungkin menyerupai spesifikasi yang telah dijabarkan di B200. Panjang robot adalah 50 cm, dengan lebar 30 cm, sedangkan tinggi adalah 74 cm. Berikut adalah tampilan depan dari 3D model produk yang akan dirancang.

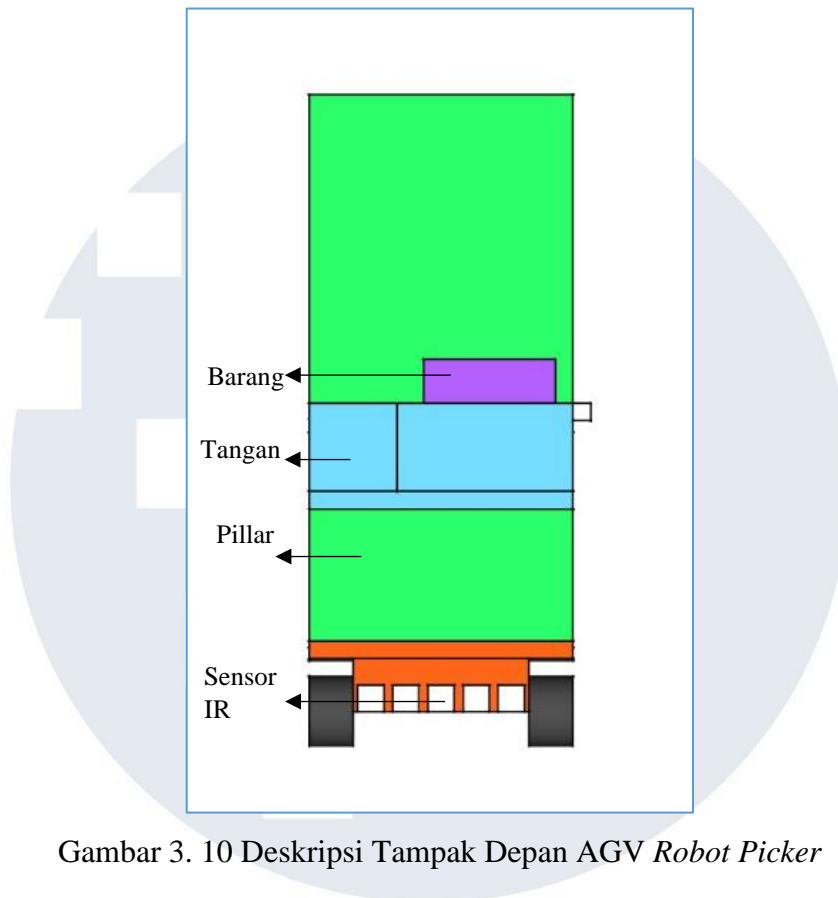
U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 3. 9 Tampak Depan AGV *Robot picker*

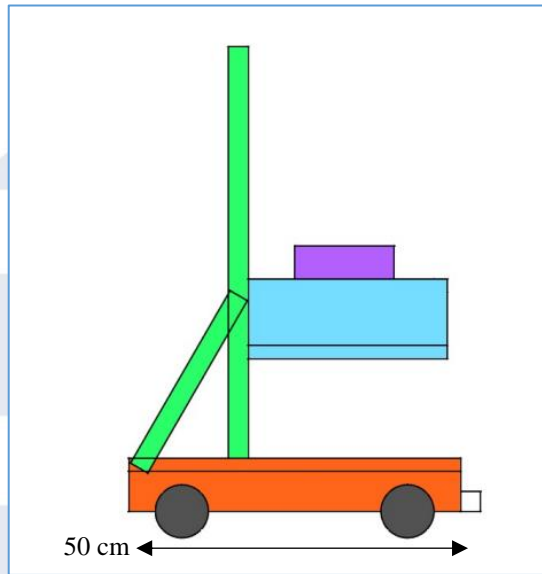
UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

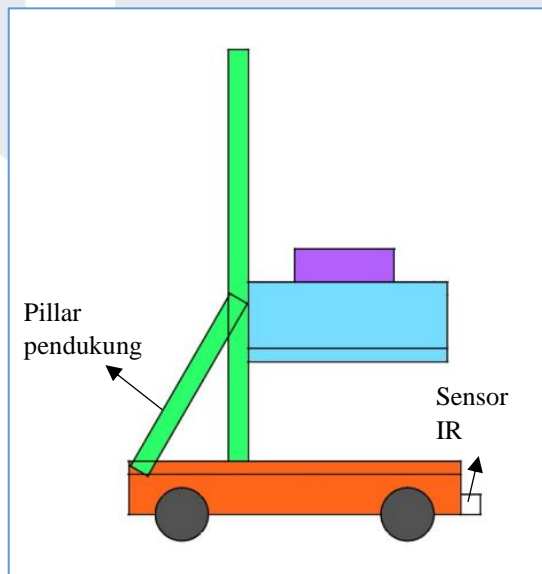


Gambar 3. 10 Deskripsi Tampak Depan AGV *Robot Picker*

Produk AGV *Robot picker* memiliki satu tempat penyimpanan. Pada tampilan depan robot dapat dilihat tangan, tubuh, dan tempat di mana benda akan berada ketika di tangan. *Pillar* adalah tiang yang memastikan bahwa tangan naik turun secara garis lurus terhadap tiang tersebut. Tangan robot dinaikkan dan diturunkan menggunakan katrol yang digerakkan oleh motor *stepper*. Apabila terdapat kendala dalam penggunaan katrol, pilihan kedua adalah dengan menambahkan *gearbox* di bagian bawah penarik katrol tersebut.



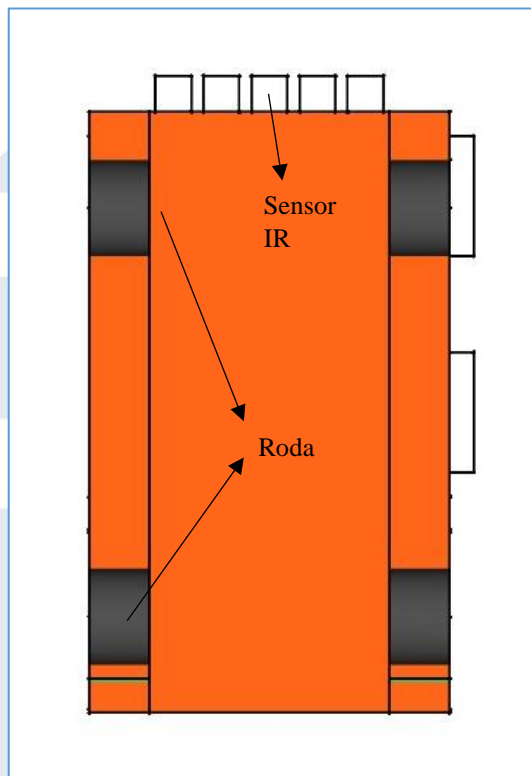
Gambar 3. 11 Tampak Samping AGV *Robot picker*



Gambar 3. 12 Deskripsi Tampak Samping AGV *Robot picker*

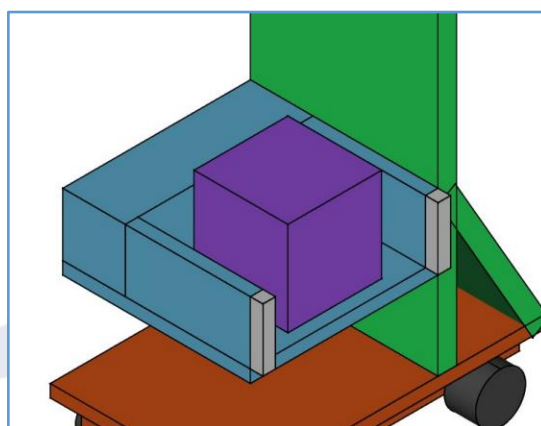
AGV *Robot picker* memiliki pilar pendukung lain yang berada di belakangnya. Tujuan dari tiang ini adalah untuk mengurangi dampak bobot beban terhadap kemiringan tiang depan akibat torsi yang tidak sama.

M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

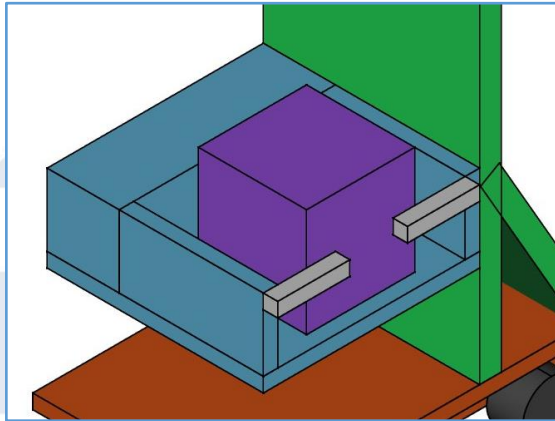


Gambar 3. 13 Deskripsi Tampak Bawah AGV *Robot picker*

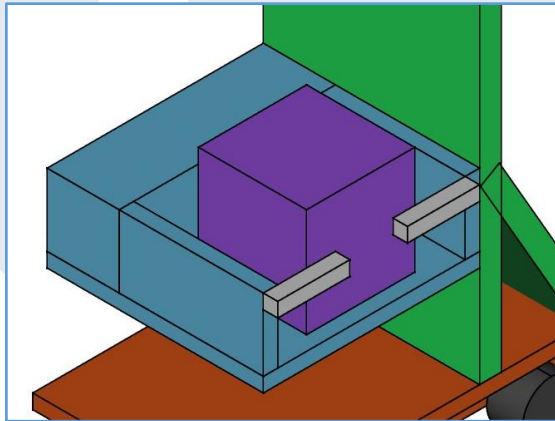
Berikut adalah tampilan dari sistem yang sedang bekerja:



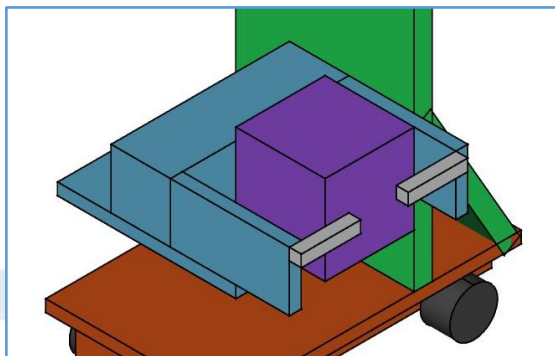
Gambar 3. 14 Tangan Robot Dalam Kondisi Tidak Mencengkeram



Gambar 3. 15 Tangah Robot Dalam Kondisi mencengkeram

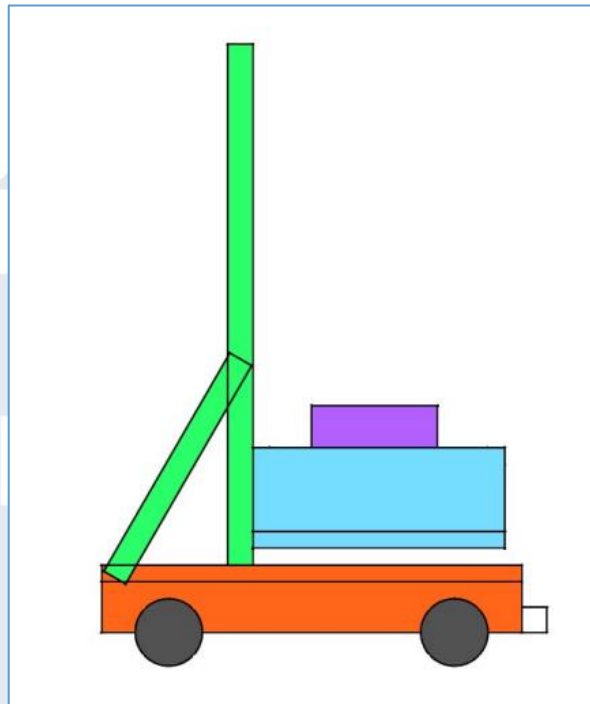


Gambar 3. 16 Tampilan Robot Memegang Barang



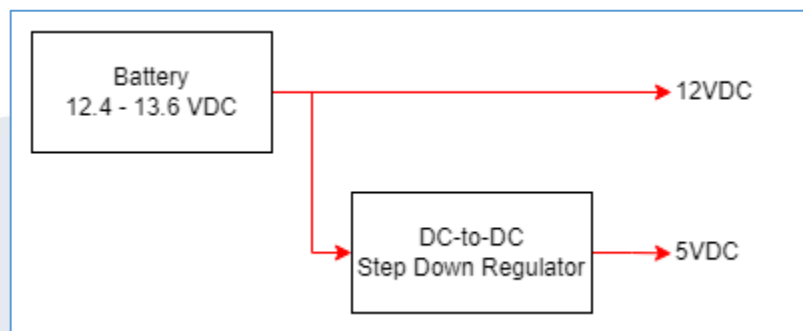
Gambar 3. 17 Tampilan Robot Mendorong Barang

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



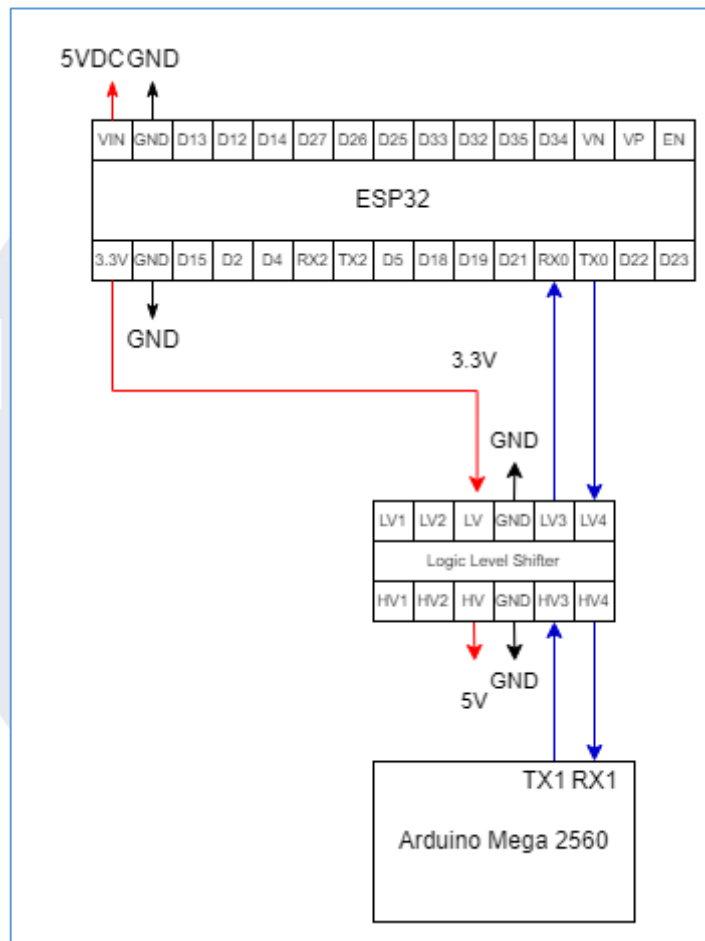
Gambar 3. 18 Tampilan Robot Tangan Sedang Dalam Kondisi Turun

D. Diagram Sistem

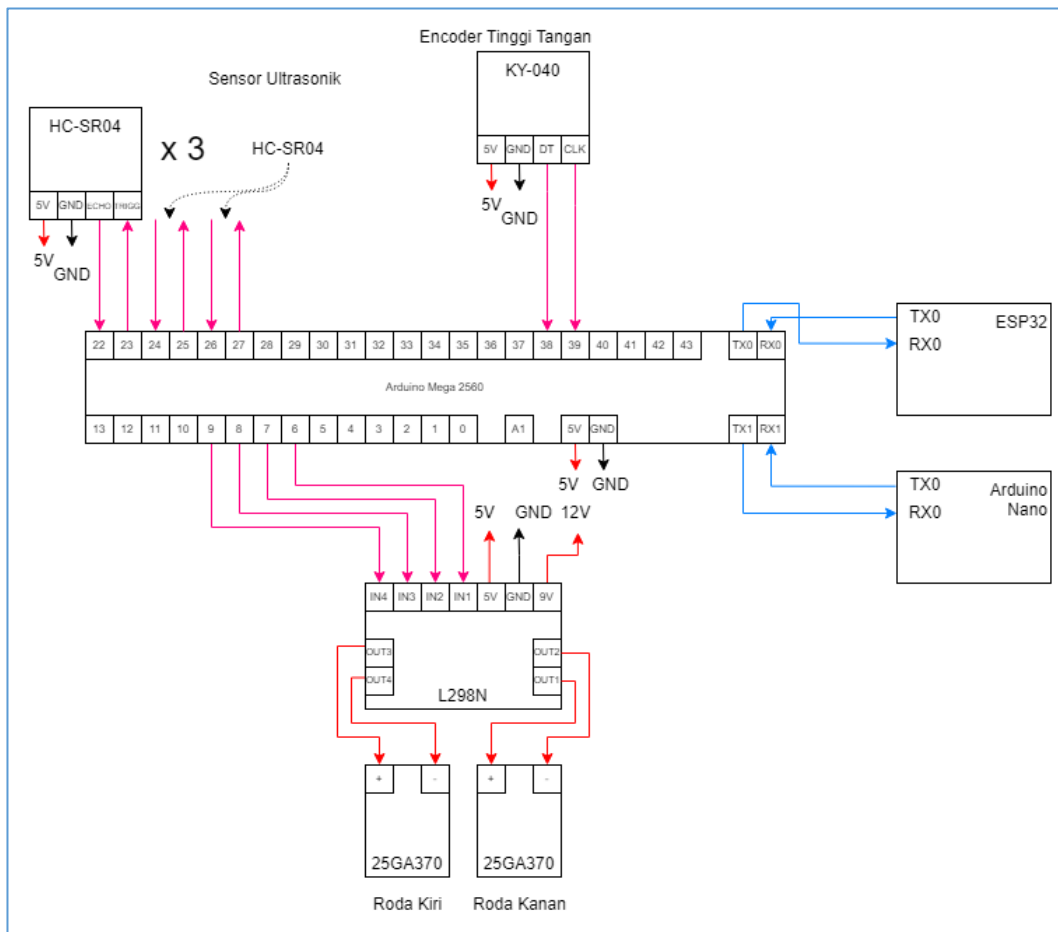


Gambar 3. 19 Diagram Pengkabelan Sumber Daya

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

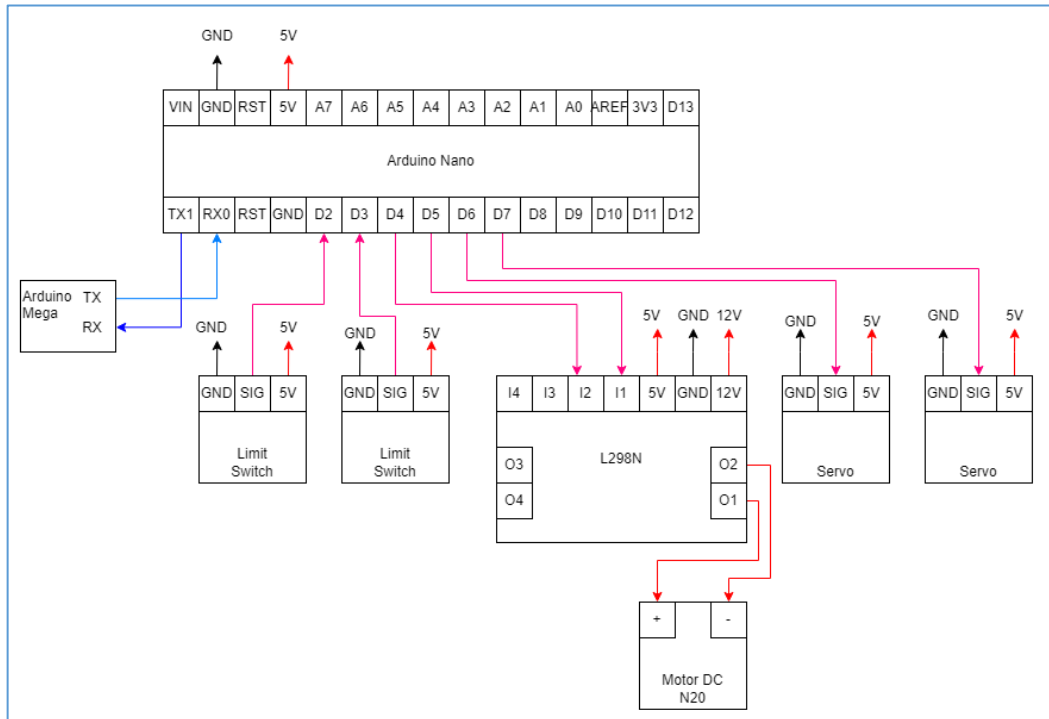


Gambar 3. 20 Diagram Pengkabelan ESP32 Master



Gambar 3. 21 Diagram Pengkabelan Arduino Mega 2560

UMN
 UNIVERSITAS
 MULTIMEDIA
 NUSANTARA



Gambar 3. 22 Diagram Pengkabelan Arduino Nano

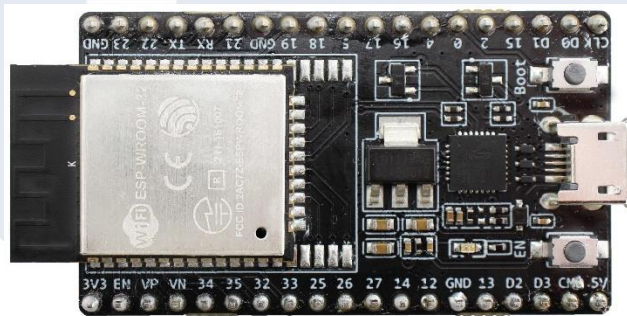
UMMN
 UNIVERSITAS
 MULTIMEDIA
 NUSANTARA

3.3. Komponen Sistem

Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem adalah berikut:

1. ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 adalah mikrokontroler utama yang digunakan sebagai kepala dari AGV *Robot picker*. Mikrokontroler ini dipakai karena memiliki kecepatan yang tinggi dengan kecepatan frekuensi CPU sebesar 240 MHz, memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth secara terintegrasi, dan memiliki biaya yang murah. Datasheet ESP32-WROOM-32 dapat dilihat pada dokumen ini.



Gambar 3. 23 Mikrokontroler ESP32-WROOM-32 (Gambar diambil dari sumber tambahan nomor 3)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32-WROOM-32

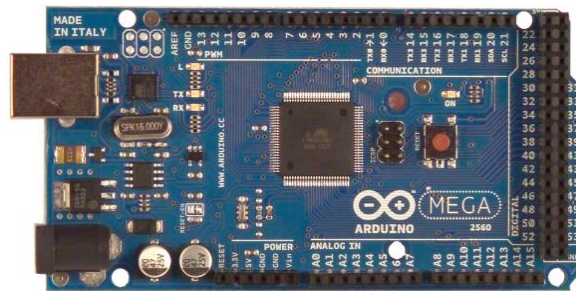
Definisi	Keterangan
Microprocessors	Dual-core Xtensa 32-bit LX6
CPU Frequency	240 MHz
Integrated SPI flash	4 MB
ROM	448 KB
SRAM	520 KB
<i>Operating voltage</i>	3.0 V ~ 3.6 V
Operating current	Average: 80 mA
Minimum current delivered by power supply	500 mA
Recommended operating temperature	-40 °C ~ +85 °C
Wi-Fi	2.4 GHz (802.11 b/g/n/e/i)

Bluetooth	V4.2 and BLE
GPIO	25*
UART	3
SPI	3
I2C	2
Capacitive sensing GPIO	10
Analog-to-Digital Converter	18
PWM	16
Digital-to-Analog Converter	2
I2S	2

* Beberapa hanya dapat input

2. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 digunakan untuk menjembatani kepala mikrokontroler AGV *Robot picker* dengan komponen elektronik lain yang bekerja pada tegangan 5V. Arduino Mega 2560 dipilih karena memiliki operasi tegangan 5V, dan juga karena memiliki banyak channel PWM dan Digital yang tersedia.



Gambar 3. 24 Arduino Mega 2560 (Gambar diambil dari sumber tambahan nomor 4)

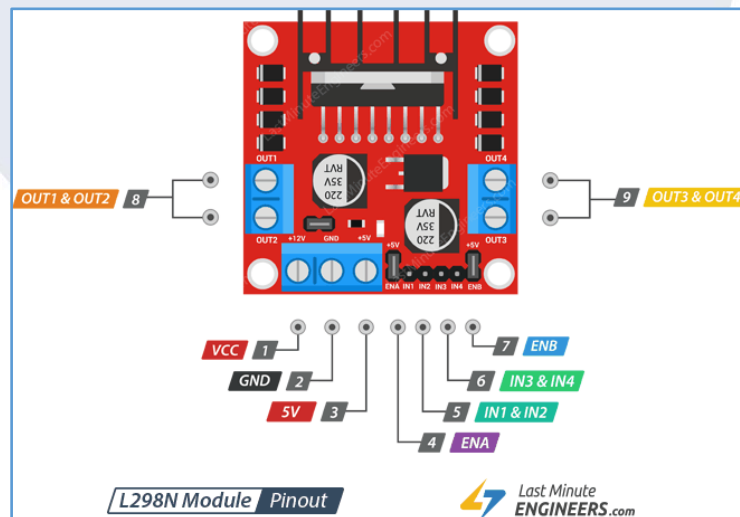
Tabel 3. 10 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Definisi	Keterangan
Microcontroller	ATmega2560
<i>Operating voltage</i>	5V
Digital I/O pins	54 (14 PWM)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA

Flash Memory	256 KB of which 8KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
UART	4
SPI	1
I2C	1

3. Motor Driver L298N

Motor Driver L298N digunakan karena biaya yang murah dan terbiasa digunakan dalam perancangan robotika.



Gambar 3. 25 L298N Motor Driver (Gambar diambil dari sumber tambahan nomor 7)

Tabel 3. 11 Spesifikasi L298N Motor Driver

Definisi	Keterangan
VCC	7.5 V – 46 V
Absolute Maximum VCC	50 V
Minimum VCC	Logic Supply Voltage + 2.5 V
Logic Supply Voltage	4.5 V to 7 V Typ. 5 V
Maximum Logic Supply Voltage	7 V
Maximum Output Current (per channel)	2 A (constant) 3 A (peak, time <= 100 us)

	2.5 A (repetitive, 20% on 80% off)
Maximum power dissipation (T = 75°C)	25 W
Junction Operating Temperature	-25°C to +130°C

4. Servo MG90s

Servo MG90s digunakan sebagai alat aktuator untuk menggenggam barang, yang digunakan untuk mendorong barang masuk atau menarik barang keluar.



Gambar 3. 26 Servo MG90s (Gambar diambil dari sumber tambahan nomor 8)

Tabel 3. 12 Spesifikasi Servo MG90s

Definisi	Keterangan
Berat benda	13.4 g
Dimensi benda	22.5 x 12 x 35.5 mm
Stall torque	1.8 kgf.cm (4.8V) 2.2 kgf.cm (6.0V)
<i>Operating voltage</i>	4.8 V – 6.0 V
Dead band width	5 us
Degrees of freedom	180°
Current consumption	13 – 26 mA

5. GA12-N20 DC Motor

GA12-N20 DC Motor adalah motor DC yang digunakan untuk mendorong cengkeraman tangan keluar atau masuk. N20 digunakan karena ukurannya yang kecil dan sudah terintegrasi dengan metal gearbox.



Gambar 3. 27 N20 DC Motor (Gambar diambil dari [Amazon.com](https://www.amazon.com))

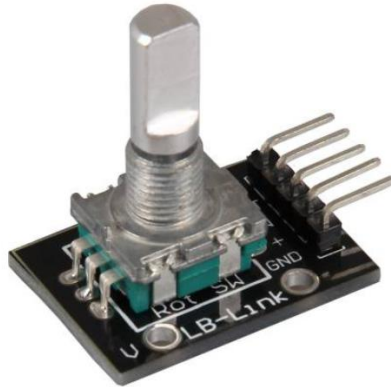
Tabel 3. 13 Spesifikasi N20 DC Motor

Definisi	Keterangan
Rated voltage	6 ~ 12 V
Revolving Speed	100 RPM @ 6V
Load Speed	80 RPM
Rated Torque	2 kg.cm
Stall Torque	16 kg.cm
Rated Current	0.07 A
Stall Current	1 A
Reduction Ratio	1:10
Gear Material	Full Metal
Net Weight	10g
Gearbox Size	15 x 12 x 10 mm (L*W*H)
Shaft Size	3 x 10 mm (D*L)

6. KY-040 Rotary Encoder

KY-040 adalah modul yang berfungsi untuk menentukan arah pergerakan dari suatu putaran, dan memberikan posisi sekarang dari hasil putaran relatif terhadap awal mula dinyalakan. KY-040 digunakan karena biaya yang murah dan karena memiliki putaran yang tak terbatas.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3. 28 KY-040 (Gambar diambil dari sumber tambahan nomor 13)

Tabel 3. 14 Spesifikasi KY-40

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	5 V
Dimension	30 x 18 x 30 mm
Pulse per full rotation	20
Mechanical Angle	360°
Output	2-bit gray code

7. HC-SR04

HC-SR04 adalah sensor ultrasonik yang dapat mengukur jarak benda. HC-SR04 digunakan untuk memberikan robot terhadap persepsi lingkungannya agar dapat membantu robot untuk tidak menabrak. HC-SR04 dipilih sebagai modul pengukur jarak karena harga yang murah dan penggunaan yang mudah.



Gambar 3. 29 HC-SR04 (Gambar diambil dari [Bukalapak](#))

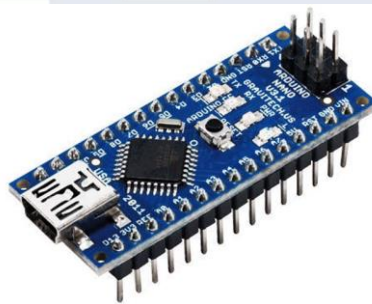
Tabel 3. 15 Spesifikasi HC-SR04

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	5 V
Operating current	15 mA

Operating frequency	40 Hz
Measuring angle	15°
Minimum range	2 cm
Maximum range	4 m

8. Arduino Nano

Arduino Nano adalah mikrokontroler kecil yang memiliki fungsionalitas yang cukup banyak untuk ukurannya. Mikrokontroler ini memiliki pin *interrupt*, digital, analog, dan PWM.



Gambar 3. 30 Arduino Nano (Gambar diambil dari sumber informasi tambahan no. 21)

Tabel 3. 16 Spesifikasi Arduino Nano

Definisi	Keterangan
Power	5VDC
Analog Pin	6 Pin (A0-A7)
Digital Pin	14 Pin (D0-D13)
DC Current on I/O pins	40 mA
DC Current on 3.3V pin	50 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequency	16 MHz
Communication	I ² C, SPI, USART

9. Limit Switch

Limit switch adalah sakelar yang digerakkan oleh dorongan eksternal.



Gambar 3. 31 *Limit Switch* (Gambar diambil dari sumber informasi tambahan no. 22)

Tabel 3. 17 Spesifikasi Limit Switch

Definisi	Keterangan
Jumlah Pin	3
Hubungan dalam	NO, NC
Dimensi	37 x 19 x 10 mm

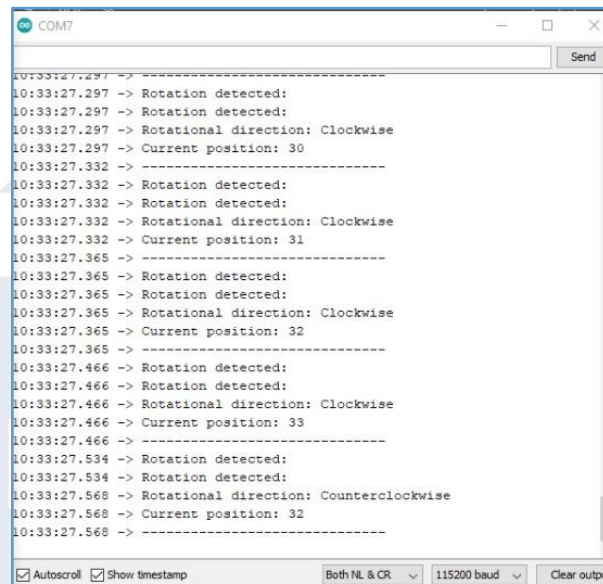
3.4. Pengujian Komponen

Pengujian komponen dilakukan dengan menghubungkan komponen dengan komponen lain yang akan terhubung ketika implementasi dalam perancangan produk.

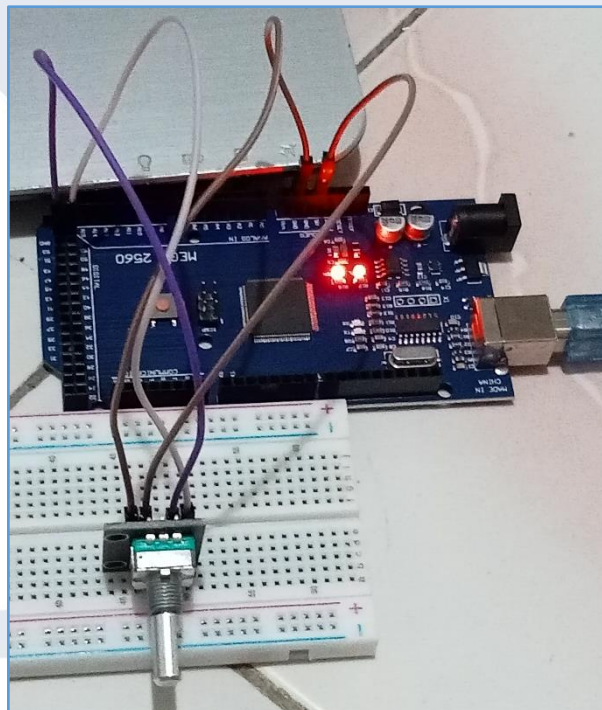
KY-040

KY-040 diuji dengan menghubungkan Vcc dengan 5V dan GND dengan GND dari Arduino Mega 2560 dan menghubungkan pin CLK dan DT ke Digital Pin dari Arduino Mega 2560. Program pengujian KY-040 dilakukan dengan mengikuti contoh yang tertera di datasheet KY-040 di sumber tambahan nomor 13.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3. 32 Foto hasil uji coba KY-040

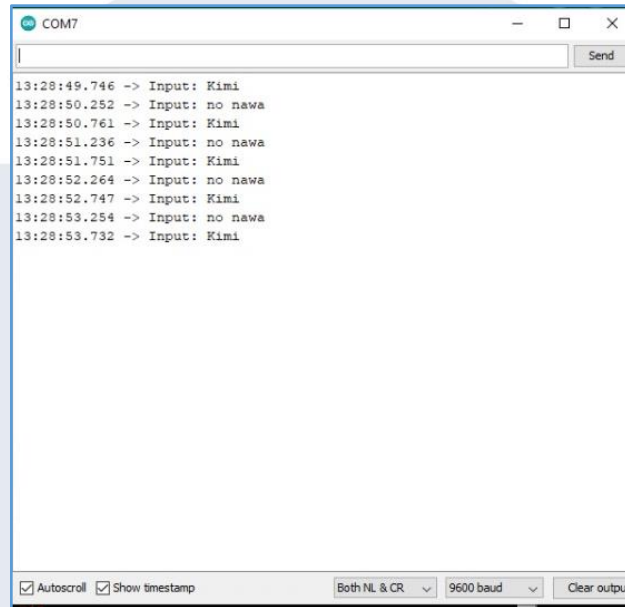


Gambar 3. 33 Foto pengujian KY-040 dengan Mega 2560

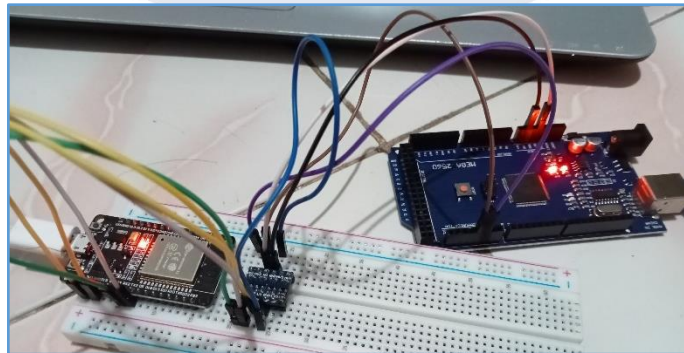
Komunikasi UART ESP32 dengan Arduino Mega 2560

Komunikasi UART ESP32 dengan Arduino Mega 2560 dilakukan dengan menghubungkan pin Serial2 Arduino Mega 2560 dengan pin Serial2 ESP32. Pengujian dilakukan dengan ESP32 mengirim dua kalimat yaitu “Kimi” dan “no

nawa” dan Arduino Mega 2560 mengeluarkan hasil kiriman tersebut ke Serial0 (COM7) dengan menambahkan “Input: “ di depannya.



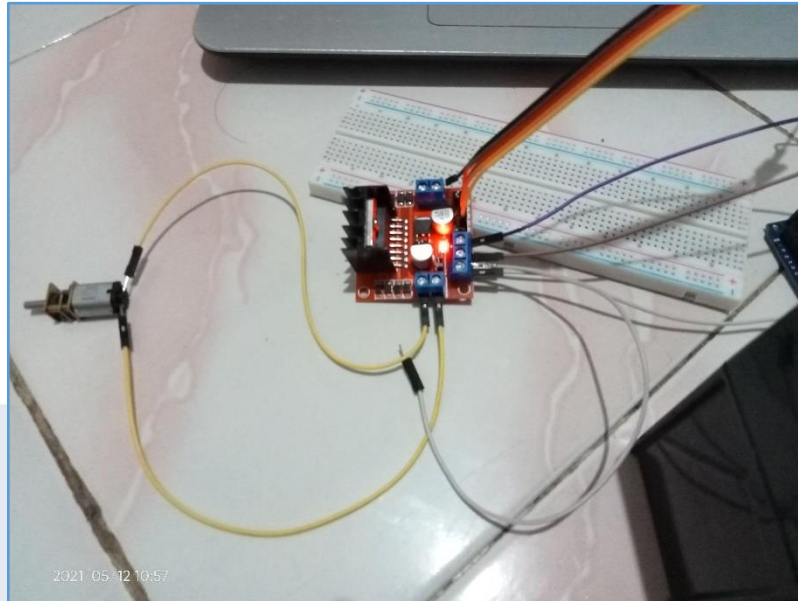
Gambar 3. 34 Foto hasil uji coba komunikasi UART dari ESP32 ke Arduino Mega 2560



Gambar 3. 35 Foto pengujian komunikasi UART dari ESP32 ke Arduino Mega 2560

GA12-N20 dan L298N

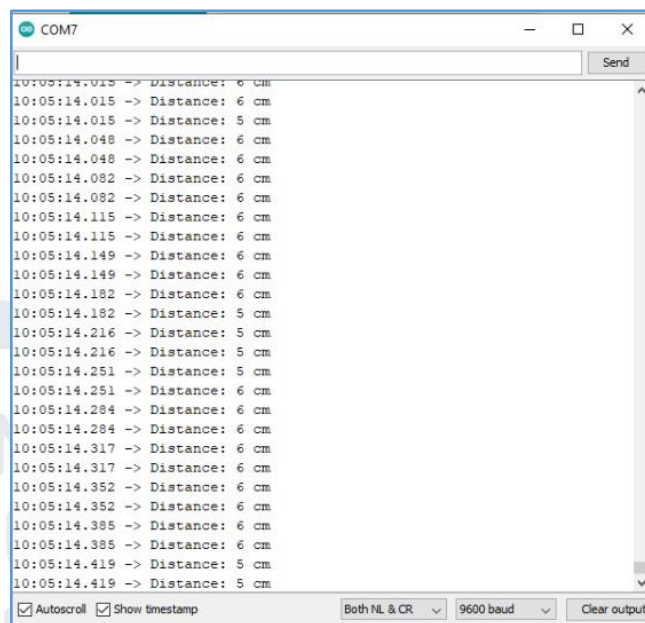
Pengujian GA12-N20 dan L298N dilakukan dengan menghubungkan 5V, GND, IN1, dan IN2 ke pin-pin Arduino Mega 2560 dan Vcc dan GND dengan batu baterai. Arduino Mega 2560 diprogram untuk mengirimkan sinyal PWM ke pin IN1 dan hasil pengujian memberikan motor DC GA12-N20 bergerak.



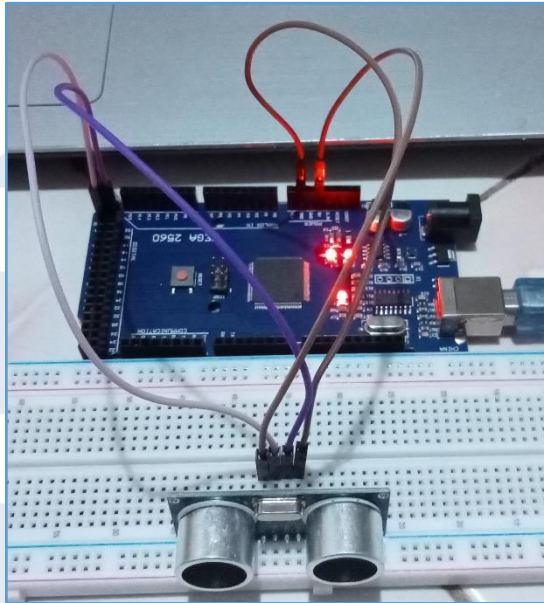
Gambar 3. 36 Foto pengujian GA12-N20 dan L298N

HC-SR04

Pengujian HC-SR04 dilakukan dengan menghubungkan VCC dengan 5V, GND dengan GND, TRIGG dan ECHO dengan digital pin di Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan dengan menggunakan program yang ada di sumber tambahan nomor 16. Hasil pengujian memberikan sensor ultrasonik bekerja sesuai harapan.



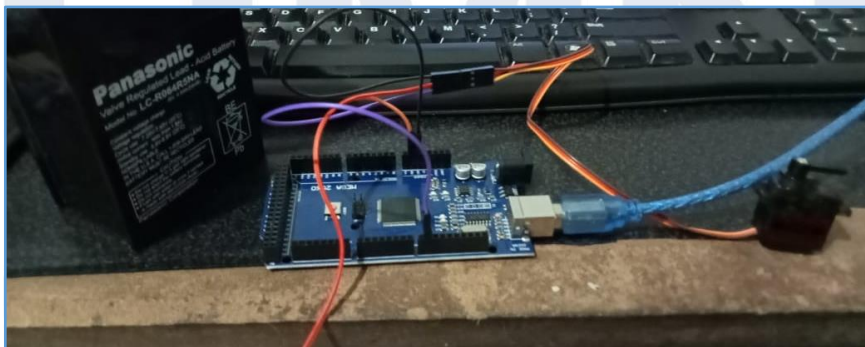
Gambar 3. 37 Foto hasil pengujian HC-SR04 dengan Arduino Mega 2560



Gambar 3. 38 Foto pengujian HC-SR04 dengan Arduino Mega 2560

MG90s

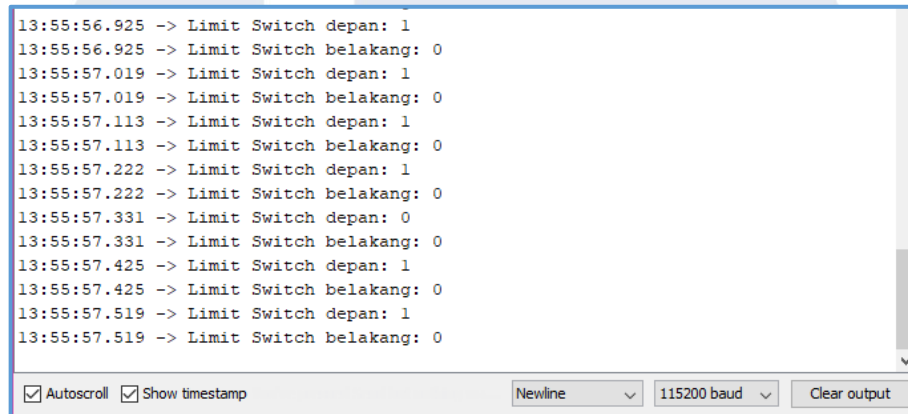
Pengujian Servo MG90s dilakukan dengan menghubungkan pin Signal servo dengan pin PWM Arduino Mega 2560. Tegangan sumber Vcc Servo menggunakan baterai aki 6V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Servo MG90s dapat dikendalikan menggunakan Arduino Mega 2560 menggunakan *library* Servo yang sudah ada dalam Arduino (Sumber Informasi Tambahan no. 18) dan menggunakan program tutorial Servo di Sumber Informasi Tambahan no. 19.



Gambar 3. 39 Foto pengujian Servo MG90s

Limit Switch

Pengujian *limit switch* dilakukan dengan menghubungkan 5V, GND, dan pin *input* Arduino Mega pada pin-pin mikrokontroler. Pin *input* dihubungkan dengan hubungan *common* pada sisi *limit switch*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *limit switch* dapat digunakan untuk mendeteksi ketika disentuh.



```
13:55:56.925 -> Limit Switch depan: 1
13:55:56.925 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.019 -> Limit Switch depan: 1
13:55:57.019 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.113 -> Limit Switch depan: 1
13:55:57.113 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.222 -> Limit Switch depan: 1
13:55:57.222 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.331 -> Limit Switch depan: 0
13:55:57.331 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.425 -> Limit Switch depan: 1
13:55:57.425 -> Limit Switch belakang: 0
13:55:57.519 -> Limit Switch depan: 1
13:55:57.519 -> Limit Switch belakang: 0
```

Gambar 3. 40 Hasil pengujian *limit switch*

3.5. Biaya dan Jadwal

3.5.1. Kebutuhan Biaya

Kebutuhan biaya yang dimasukkan ke B300 adalah biaya lengkap pengadaan komponen, sudah spesifik jenis dan merk komponen yang digunakan, biaya produksi subsistem dan lainnya.

Tabel 3. 18 Analisis Kebutuhan Biaya

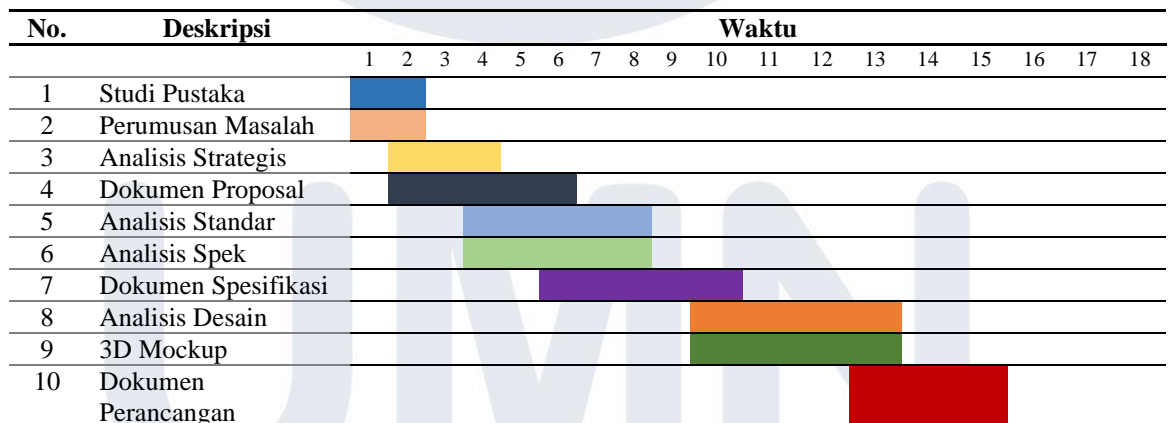
No.	Deskripsi	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Arduino Mega 2560	1 buah	Rp. 125.000	Rp 125.000
2	ESP32-WROOM32	2 buah	Rp 70.000	Rp 140.000
3	Motor Driver L298N	2 buah	Rp 20.000	Rp 60.000
4	25GA370	2 buah	Rp 90.000	Rp 180.000
5	Rotary Encoder KY-040	2 buah	Rp 12.000	Rp 24.000
6	Roda	2 buah	Rp 10.000	Rp 40.000
7	Limit Switch	3 buah	Rp 4.900	Rp 14.700
8	Servo MG90s	2 buah	Rp 20.000	Rp 40.000
9	Baterai Aki 12V	1 buah	Rp 200.000	Rp 200.000
10	Aki Charger 12V	1 buah	Rp 150.000	Rp 150.000

11	Jumper Cable	100 buah	Rp 700	Rp 70.000
12	Ball Bearing	2 buah	Rp 16.000	Rp 32.000
13	XH-M401 XL4016E1 DC-DC Step Down Voltage Regulator	1 buah	Rp 38.000	Rp 38.000
14	HC-SR04 Ultrasonic Sensor	3 buah	Rp 15.000	Rp 45.000
15	GA12-N20 DC Motor	1 buah	Rp 20.000	Rp 20.000
16	Tubuh Robot	1 buah	Rp 650.000	Rp 650.000
17	DRV8825	1 buah	Rp 28.000	Rp 28.000
18	Motor <i>stepper</i>	1 buah	Rp 40.000	Rp 40.000
19	Roda Bebas	2 buah	Rp 40.000	Rp 80.000
20	Tali Tambang 6 mm	1 buah	Rp 50.000	Rp 50.000
21	Katrol burung	3 buah	Rp 20.000	Rp 60.000
			Total	Rp 2.086.700

3.5.2. Jadwal dan Waktu Pengembangan

Jadwal dan waktu pengembangan dimuatkan dalam bentuk Gantt Chart dan Tabel Milestones & Deliverables seperti berikut.

Tabel 3. 19 Gantt Chart Jadwal Pengembangan Produk



Tabel 3. 20 Milestones & Deliverables Pengembangan Produk

Fase	Deliverables	Jadwal	Kebutuhan Sumberdaya
Konsep Produk	B100 Proposal	Oktober 2021	Literatur
Analisis	B200 Spesifikasi Fungsional	November 2021	- Spek standar - Engineer
Desain	B300 Skematik dan Rancangan Sistem Keseluruhan	Januari 2022	- Dev Tools

			<ul style="list-style-type: none"> - Penguasaan Teknologi Pendukung - Literatur - Engineer
Implementasi	B400 Implementasi Prototype Lab	Maret 2022	<ul style="list-style-type: none"> - Dev Tools - Outsource PCB - Engineer
Uji Sistem	Field Prototype	Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"> - Ruang - Test Equipment - Field Trial Facility - Test Engineer
Analisis, Kesimpulan dan Dokumentasi	B500	Agustus 2022	<ul style="list-style-type: none"> - ATK

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA