

DOKUMEN TEKNIS PENGUJIAN DAN ANALISIS PRODUK

5.1. Pendahuluan

5.1.1. Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini membahas tentang pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketercapaian fungsionalitas sistem terhadap spesifikasi yang dijanjikan dan verifikasi hasil implementasi berdasarkan desain rancangan sistem. Pengujian dilakukan untuk setiap subsistem dan sistem secara keseluruhan. Penjelasan pengujian meliputi bagaimana pengujian dilakukan, parameter yang menjadi fokus pengujian, hasil yang didapatkan dan analisis hasil pengujian yang didapatkan. Di bagian akhir dokumen ditambahkan rencana pengembangan produk selanjutnya berdasarkan analisis yang didapatkan.

5.1.2. Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen

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

- 1) Dokumentasi proses pengujian dan verifikasi desain dan implementasi sistem dan subsistem dari produk AGV *Robot picker* yang dikerjakan.
- 2) Penjabaran proses dan langkah pengujian tiap bagian, tahap per tahap, menyesuaikan dengan spesifikasi yang dijanjikan.
- 3) Menjadi acuan untuk penilaian ketercapaian spesifikasi yang dijanjikan, kesesuaian rancangan dan implementasi, dan ketercapaian penyelesaian masalah yang diangkat.
- 4) Pemenuhan komponen penilaian mata kuliah Skripsi di lingkup Program Studi Teknik Elektro.

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

5.2. Pengujian dan Analisis Hasil Produk

5.2.1. Pengujian Subsistem Gripper

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian sensor *limit switch* pada subsistem
 - a. Validasi hasil pembacaan yang dihasilkan oleh sensor
2. Pengujian sistem komunikasi subsistem
 - a. Validasi kemampuan subsistem untuk menerima perintah
3. Pengujian kemampuan subsistem untuk menggerakkan tangan
 - a. Validasi kemampuan subsistem untuk mengambil barang

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan software Arduino IDE versi 1.18.15
3. Arduino Nano 5V
4. Limit Switch (2 buah)
5. Servo SG90s (2 buah)
6. Motor DC N20
7. Motor Driver L298N
8. PSU pada 4,8V dan 11,7V

C. Syarat Pengujian

1. Pengujian sensor dan komunikasi dilakukan tanpa menggunakan beban pada tangan,
2. Pengujian dilakukan dengan kondisi ketinggian yang sama.

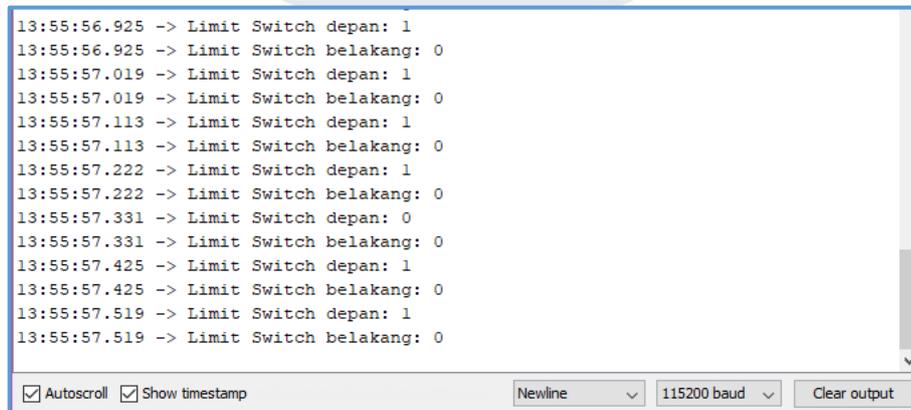
D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian sensor mengikuti tahapan berikut.
 - a. Sensor diaktifkan,
 - b. Hasil pembacaan sensor dicatat.

2. Pengujian sistem komunikasi subsistem mengikuti tahapan berikut.
 - a. Subsistem diberikan perintah melalui Serial terminal Arduino IDE,
 - b. Subsistem akan menerima atau menolak perintah tersebut berdasarkan pengaturan dalam,
 - c. Hasil komunikasi dicatat.
3. Pengujian kemampuan subsistem mengikuti tahapan berikut.
 - a. Subsistem akan diberi perintah untuk menggerakkan tangan tanpa beban,
 - b. Subsistem akan diberi perintah untuk menggerakkan tangan dengan beban.
 - c. Kedua hasil dicatat.

E. Hasil Pengujian

1. Pengujian sensor dilakukan dengan melihat hasil pembacaan sensor dengan konfigurasi: tidak ada yang aktif, *forwardLS* aktif, dan *retractLS* aktif.



```
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
```

Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

Gambar 5. 1 Hasil Pengujian Limit Switch dengan tidak ada yang aktif

```
13:57:11.838 -> Limit Switch depan: 0
13:57:11.838 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:11.932 -> Limit Switch depan: 1
13:57:11.932 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:12.026 -> Limit Switch depan: 0
13:57:12.026 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:12.120 -> Limit Switch depan: 0
13:57:12.120 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:12.260 -> Limit Switch depan: 1
13:57:12.260 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:12.354 -> Limit Switch depan: 0
13:57:12.354 -> Limit Switch belakang: 1
13:57:12.448 -> Limit Switch depan: 0
13:57:12.448 -> Limit Switch belakang: 1
```

Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

Gambar 5. 2 Hasil Pengujian Sensor dengan forwardLS aktif

```
13:57:31.247 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.388 -> Limit Switch depan: 1017
13:57:31.388 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.482 -> Limit Switch depan: 1016
13:57:31.482 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.576 -> Limit Switch depan: 1012
13:57:31.576 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.654 -> Limit Switch depan: 1013
13:57:31.654 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.763 -> Limit Switch depan: 1016
13:57:31.763 -> Limit Switch belakang: 0
13:57:31.857 -> Limit Switch depan: 1014
13:57:31.857 -> Limit Switch belakang: 0
```

Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

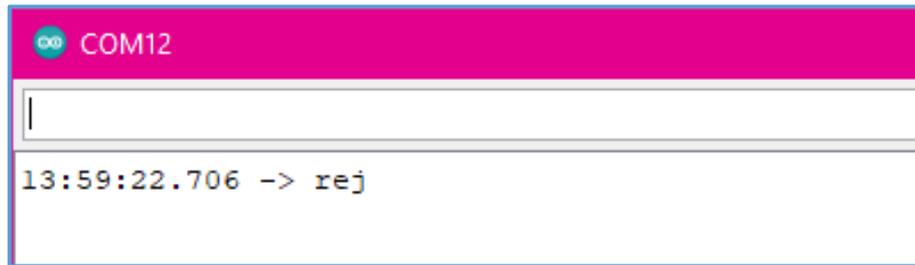
Gambar 5. 3 Hasil Pengujian Sensor dengan retractLS aktif

2. Pengujian sistem komunikasi dilakukan dengan memberi perintah “51” dan sembarang. Gambar 5. 4 merupakan hasil dari perintah pertama, sedangkan Gambar 5. 5 adalah hasil dari perintah kedua.

```
COM12
13:58:31.609 -> TRIGExtendingpeak extendretractingfin
```

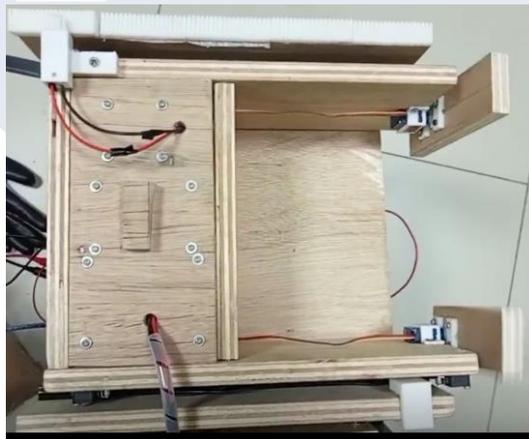
Gambar 5. 4 Hasil Pengujian Sistem Komunikasi Gripper dengan hasil sukses

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 5. 5 Hasil Pengujian Sistem Komunikasi Gripper dengan hasil gagal

3. Pengujian pergerakan subsistem dilakukan pada dua kemungkinan pergerakan yang dapat dilakukan, yaitu untuk mengambil barang dan meletakkan barang. Pengujian pertama dilakukan untuk menampilkan bahwa subsistem dapat bergerak, kemudian pergerakan yang sama dilakukan namun dengan menggunakan beban.



Gambar 5. 6 Foto Pengujian Pengambilan Barang pada Fase Gerak 0



Gambar 5. 7 Foto Pengujian Pengambilan Barang pada Fase Gerak 1



Gambar 5. 8 Foto Pengambilan Barang pada Fase Gerak 2

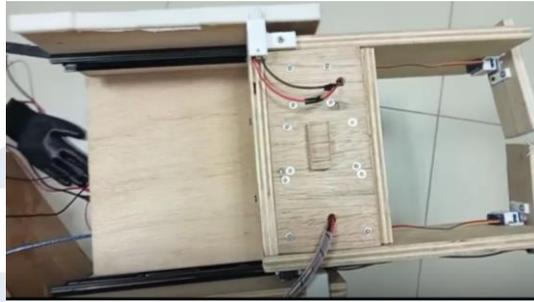


Gambar 5. 9 Foto Pengambilan Barang pada Fase Gerak 3



Gambar 5. 10 Foto Peletakkan Barang pada Fase Gerak 0

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 5. 11 Foto Peletakkan Barang pada Fase Gerak 1



Gambar 5. 12 Foto Peletakkan Barang pada Fase Gerak 2



Gambar 5. 13 Foto Peletakkan Barang pada Fase Gerak 3

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 5. 14 Foto Pengujian Peletakkan dan Pengambilan dengan Beban
Tabel 5. 1 Keberhasilan Pergerakan Subsistem dengan Beban Variabel

Beban (kg)	Keberhasilan	
	Pengambilan	Peletakkan
0	Berhasil	Berhasil
0,524	Berhasil	Berhasil
1,061	Gagal	Berhasil
1,418	Gagal	Gagal
1,921	Gagal	Gagal

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

F. Analisis

Subsistem *Gripper* adalah subsistem yang ditugaskan untuk mengatur pengambilan dan peletakkan barang pada tangan. Spesifikasi yang telah dijanjikan adalah kemampuan untuk mengambil dan meletakkan barang dengan massa hingga 500 gram. Pada pengujian didapatkan bahwa subsistem mampu mencapai spesifikasi yang dijanjikan. Namun dalam pengujian terkadang terdapat juga permasalahan *slip* dari gir motor terhadap gir linier pada tubuh utama. Hal tersebut dikarenakan gir linier yang digunakan mendorong lebih kuat pada gir pinion motor pada posisi awal tangan. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut ialah tidak rata dasarnya kayu yang digunakan untuk meletakkan gir linier tersebut.

5.2.2. Pengujian Subsistem *Height Control*

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian pembacaan sensor encoder,
 - a. Validasi pembacaan sensor.
2. Pengujian subsistem terhadap ketinggian
 - a. Hasil kalibrasi sensor terhadap ketinggian,
 - b. Hasil kalibrasi kecepatan terhadap ketinggian.
3. Pengujian subsistem untuk menetapkan ketinggian
 - a. Validasi hasil kalibrasi subsistem dalam mendapatkan ketinggian tanpa gabungan prediksi,
 - b. Validasi hasil kalibrasi subsistem dalam mendapatkan ketinggian dengan gabungan prediksi.
4. Pengujian subsistem untuk mengangkat beban sesuai spesifikasi
 - a. Validasi kemampuan subsistem terhadap spesifikasi

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan software Arduino IDE versi 1.18.15

3. Arduino Mega 2560 V1
4. Rotary encoder KY-040
5. Motor *stepper* 17HE1404
6. Motor *stepper* driver DRV8825 dengan $V_{ref} 0,35V$
7. Kecepatan *stepper* konstan pada 11 ms/step
8. PSU pada 4,8V dan 11,7V

C. Syarat Pengujian

1. Pengujian dilakukan dengan robot tidak diberi beban eksternal
2. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan hanya subsistem *height control*

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian sensor dilakukan dengan tahap seperti berikut.
 - a. Sensor diberi putaran arah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam
 - b. Hasil pembacaan sensor dicatat.
2. Pengujian subsistem dilakukan dengan mengkalibrasikan hasil pembacaan sensor terhadap ketinggian, dengan tahapan seperti berikut.
 - a. Ketinggian tangan robot digerakkan sampai sensor mendapatkan pembacaan yang ditetapkan,
 - b. Hasil ketinggian sebenarnya dan waktu yang ditempuh dicatat,
 - c. Menggunakan regresi linear untuk kalibrasi ketinggian dan kecepatan.
3. Pengujian dilakukan terhadap hasil kalibrasi baik itu dengan dan tanpa penggabungan kalibrasi ketinggian dan kecepatan, dengan tahap pengujian seperti berikut.
 - a. Menggunakan hasil kalibrasi untuk memberikan ketinggian tertentu,
 - b. Hasil ketinggian sebenarnya dibandingkan dengan ketinggian yang didapatkan,
 - c. Hal yang sama dilakukan namun dengan penggabungan kalibrasi,
 - d. Keberhasilan dari subsistem ditentukan apabila subsistem dapat memberikan eror ketinggian dengan jangkauan ± 2 mm.

4. Pengujian dilakukan terhadap subsistem dengan beban yang bervariasi

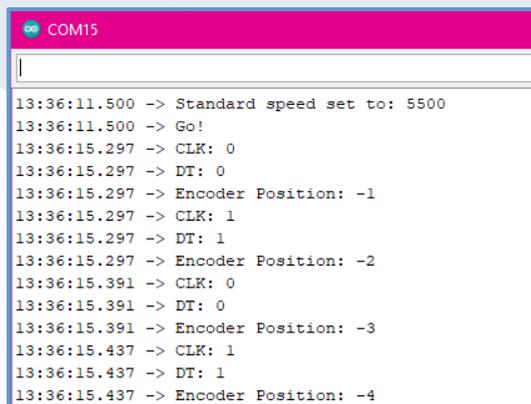
E. Hasil Pengujian

1. Pengujian sensor mengikuti prosedur yang telah ditulis di atas.



```
COM15
13:36:40.681 -> Standard speed set to: 5500
13:36:40.681 -> Go!
13:36:44.478 -> CLK: 0
13:36:44.478 -> DT: 1
13:36:44.478 -> Encoder Position: 1
13:36:44.618 -> CLK: 1
13:36:44.618 -> DT: 0
13:36:44.618 -> Encoder Position: 2
13:36:44.806 -> CLK: 0
13:36:44.806 -> DT: 1
13:36:44.806 -> Encoder Position: 3
13:36:45.040 -> CLK: 1
13:36:45.040 -> DT: 0
13:36:45.040 -> Encoder Position: 4
13:36:45.087 -> CLK: 0
```

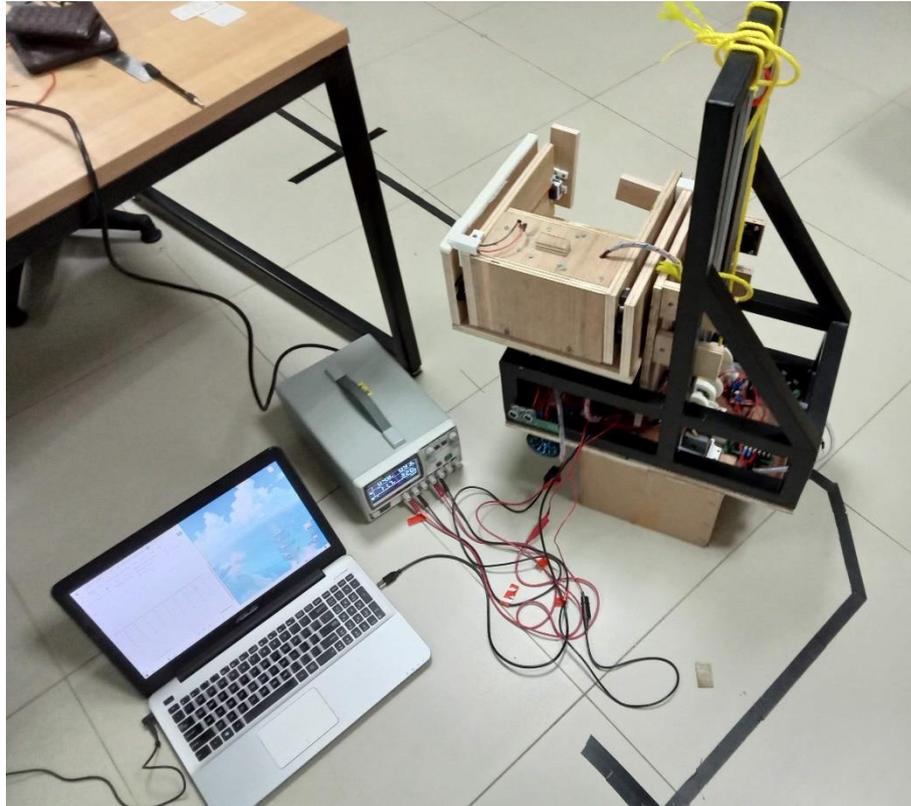
Gambar 5. 15 Hasil Pengujian Sensor Arah Jarum Jam



```
COM15
13:36:11.500 -> Standard speed set to: 5500
13:36:11.500 -> Go!
13:36:15.297 -> CLK: 0
13:36:15.297 -> DT: 0
13:36:15.297 -> Encoder Position: -1
13:36:15.297 -> CLK: 1
13:36:15.297 -> DT: 1
13:36:15.297 -> Encoder Position: -2
13:36:15.391 -> CLK: 0
13:36:15.391 -> DT: 0
13:36:15.391 -> Encoder Position: -3
13:36:15.437 -> CLK: 1
13:36:15.437 -> DT: 1
13:36:15.437 -> Encoder Position: -4
```

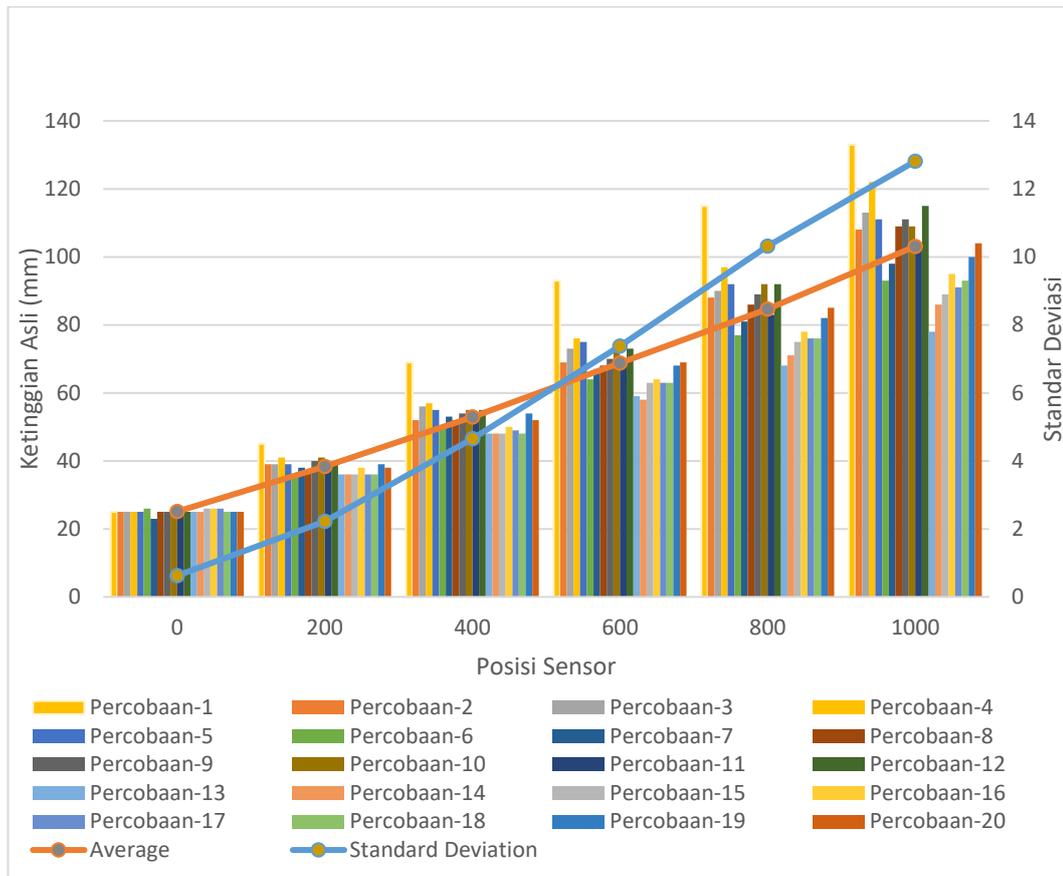
Gambar 5. 16 Hasil Pengujian Sensor Arah Berlawanan Jarum Jam

2. Pengujian pembacaan sensor dilakukan menggunakan tahap-tahap yang telah tertulis di atas. Pembacaan sensor terhadap ketinggian sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 5. 18. Hasil dari pembacaan dirata-ratakan kemudian diolah menggunakan alat regresi pada Microsoft Excel, yang memberikan bobot seperti pada Tabel 5. 2 dan memberikan hasil seperti Gambar 5. 18 Hasil Sensor terhadap Ketinggian Sebenarnya Gambar 5. 18. Dengan mendapatkan hasil regresi, persamaan tersebut diputar sehingga didapatkan persamaan pembacaan sensor terhadap ketinggian seperti pada (5.1).



Gambar 5. 17 Foto Pengujian Pembacaan Sensor Ketinggian

UMMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

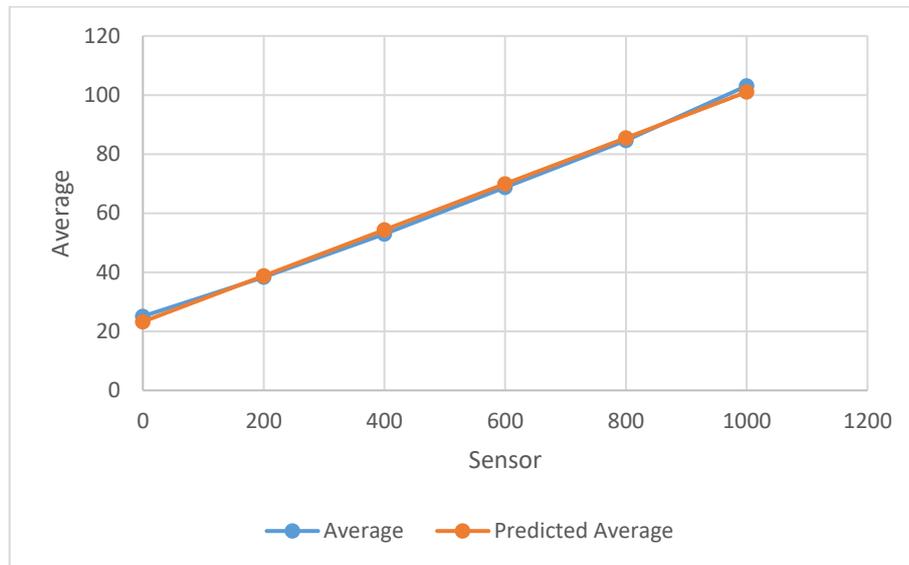


Gambar 5. 18 Hasil Sensor terhadap Ketinggian Sebenarnya

Tabel 5. 2 Hasil Regresi Ketinggian Terhadap Pembacaan Sensor

Variabel	Nilai
Gradien	0,0778
Konstanta	23,2619

U M M N
 UNIVERSITAS
 MULTIMEDIA
 NUSANTARA



Gambar 5. 19 Hasil Regresi Linier Sensor terhadap Ketinggian

$$tinggi = sensor \times gradien + konstanta$$

$$sensor = \frac{tinggi - konstanta}{gradien}$$

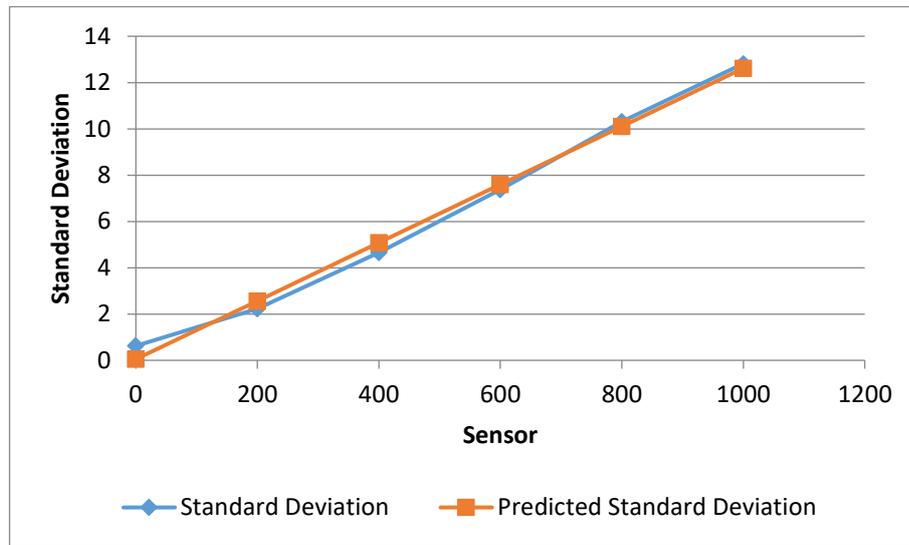
$$sensor = \frac{tinggi - 23,2619}{0,0778}$$

$$sensor = 12,8535 \times tinggi - 298,9961 \quad (5.1)$$

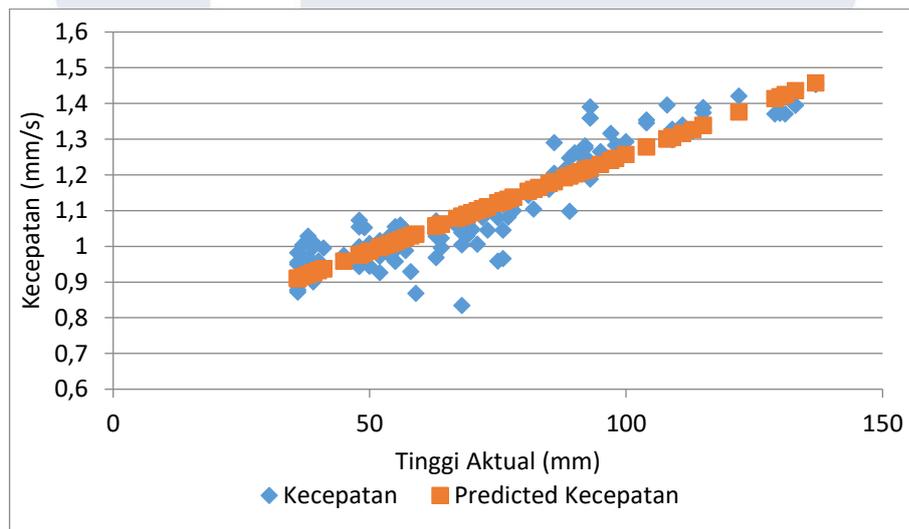
Tabel 5. 3 Hasil Regresi Standar Deviasi terhadap Sensor

Variabel	Nilai
Gradien	0,0126
Konstanta	0,0520

U M M N
 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 5. 20 Hasil Regresi Linear Sensor terhadap Standar Deviasi

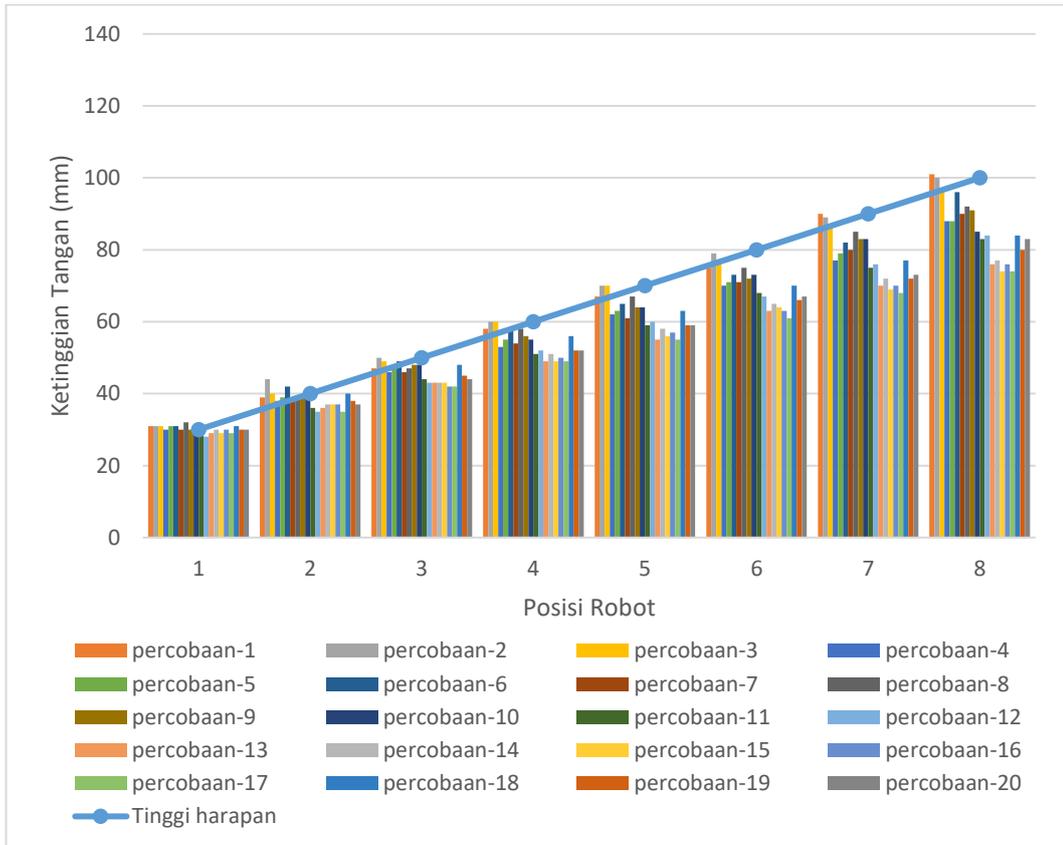


Gambar 5. 21 Hasil Regresi Linier Kecepatan terhadap Ketinggian

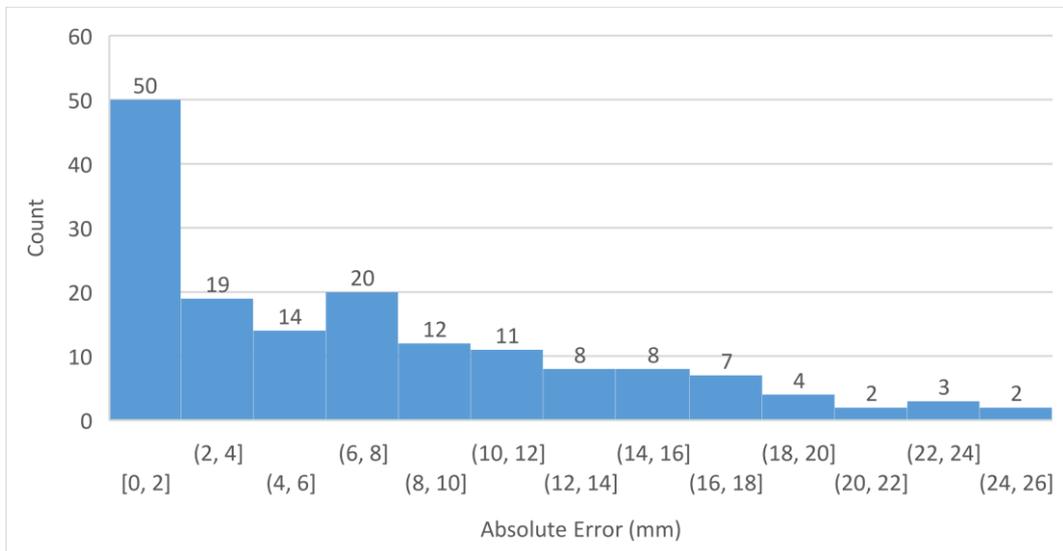
Tabel 5. 4 Hasil Regresi Kecepatan terhadap Ketinggian

Variabel	Nilai
Gradien	0,0054
Konstanta	0,7154
Standar Deviasi	0,0663

3. Pengujian hasil kalibrasi dilakukan dengan menggunakan hasil regresi dan membandingkannya dengan nilai yang didapatkan.

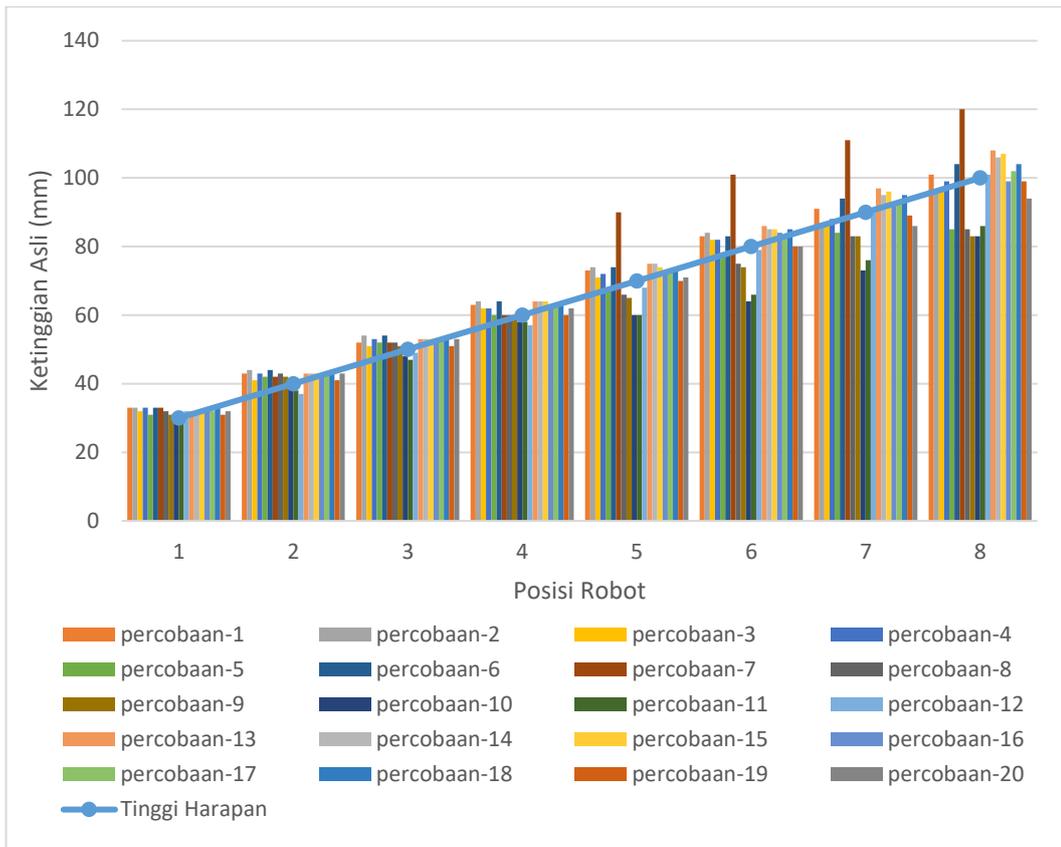


Gambar 5. 22 Perbandingan Hasil Kalibrasi Sensor terhadap Ketinggian Harapan

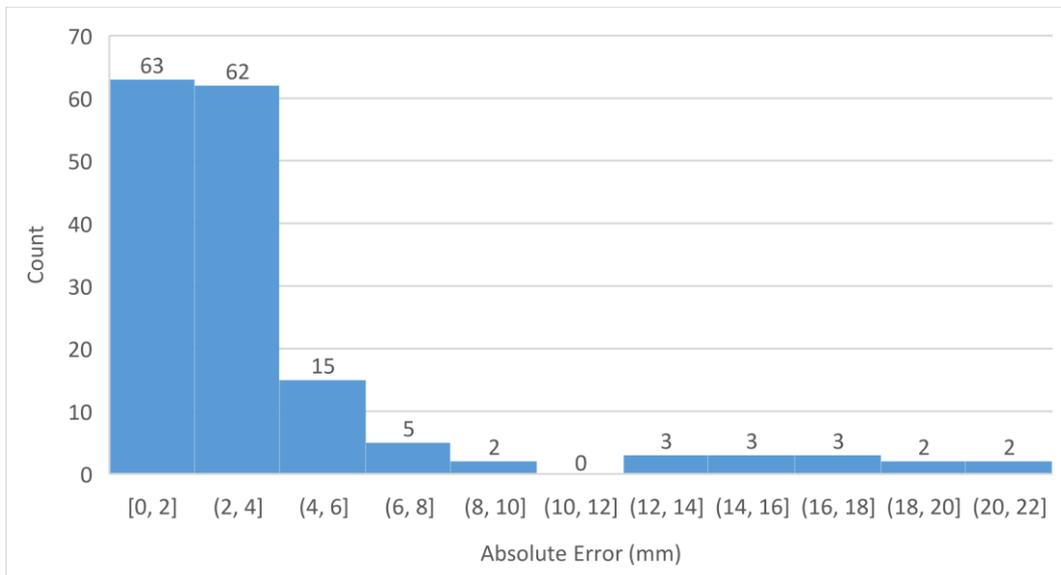


Gambar 5. 23 Jumlah Error Kalibrasi Sensor terhadap Ketinggian Harapan

MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 5. 24 Hasil Penggabungan Kalibrasi terhadap Ketinggian Harapan



Gambar 5. 25 Jumlah Error Penggabungan Kalibrasi terhadap Ketinggian Harapan

MULTIMEDIA
NUSANTARA

Tabel 5. 5 Kesuksesan Subsistem dalam Menetapkan Ketinggian

Jenis Kalibrasi	Kalibrasi Sensor	Penggabungan Kalibrasi
Persentase Sukses	31,25%	39,38%

4. Subsistem diuji menggunakan beban yang bervariasi. Hasil pengujian subsistem ditampilkan seperti berikut.

Tabel 5. 6 Keberhasilan Pengangkatan Subsistem dengan Beban Variabel

Beban (kg)	Keberhasilan Pengangkatan
0	Berhasil
0,5	Berhasil
1,0	Berhasil
1,5	Berhasil
2,0	Berhasil
2,5	Berhasil

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan untuk menetapkan posisi tangan pada ketinggian tertentu dengan dua metode kalibrasi, yaitu: kalibrasi sensor, dan kalibrasi sensor dan kecepatan. Kalibrasi sensor dan kecepatan disebut sebagai penggabungan kalibrasi. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hasil kalibrasi dari kalibrasi penggabungan memberikan nilai yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan yang hanya bersandar pada sensor enkoder. Hal tersebut dikarenakan kegagalan pembacaan dari sensor enkoder yang menyebabkan tidak terbacanya langkah dari enkoder. Penggunaan kedua kalibrasi memungkinkan untuk mendapatkan kemungkinan pembacaan yang lebih akurat menggunakan perkalian antara dua probabilitas. Hasil pengujian terbaik namun menunjukkan hanya kesuksesan sebesar 39,38%. Hal tersebut dikarenakan oleh pembacaan sensor *limit switch* yang tidak akurat, di mana sensor tetap membaca sinyal ketika tangan sudah cukup jauh.

5.2.3. Pengujian Sistem *Automated Guided Vehicle*

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian sensor IR dalam mendeteksi jalur
 - a. Validasi data sensor IR terhadap jalur yang di depannya
2. Pengujian sistem dalam mengikuti jalur lurus, belok kiri dan belok kanan
 - a. Validasi kemampuan sistem dalam mengikuti jalur
 - b. Membandingkan sistem dengan *signal processing* dan tanpa *signal processing*
3. Pengujian sistem dalam mendeteksi perubahan lokasi
 - a. Validasi kemampuan sistem dalam perubahan posisi robot

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan software Arduino IDE versi 1.18.15
3. Arduino Mega 2560 V1
4. sensor IR (5 buah)
5. Motor driver L298N
6. Motor DC 25FA370 (2 buah)
7. PSU pada 11,7V

C. Syarat Pengujian

1. Pengujian dilakukan dengan robot tidak diberikan beban eksternal
2. Pengujian dilakukan dengan hanya sistem AGV yang aktif
3. Pengujian dilakukan pada lingkungan yang memiliki lantai yang cukup rata

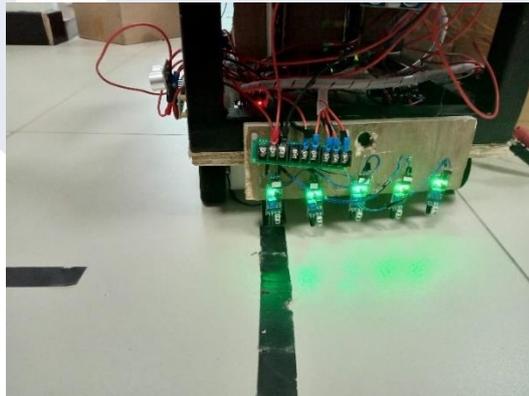
D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian sensor IR dilakukan dengan membaca hasil sensor IR ketika dalam berbagai posisi pada jalur, kemudian mengecek apabila hasil pembacaan adalah benar.

2. Pengujian sistem dalam mengikuti jalur mengikuti tahap berikut.
 - a. Robot mengikuti jalur,
 - b. Keberhasilan Robot dalam mengikuti jalur lurus dan belok dicatat.
3. Pengujian sistem dalam mendeteksi *landmark* posisi mengikuti tahap berikut.
 - a. Robot diposisikan pada tepat sebelum *landmark* posisi selanjutnya,
 - b. Robot dibiarkan berjalan,
 - c. Keberhasilan robot dalam mendeteksi *landmark* dicatat.

E. Hasil Pengujian

1. Hasil pembacaan kelima sensor IR dilakukan seperti pada foto berikut beserta dengan hasil pembacaannya.

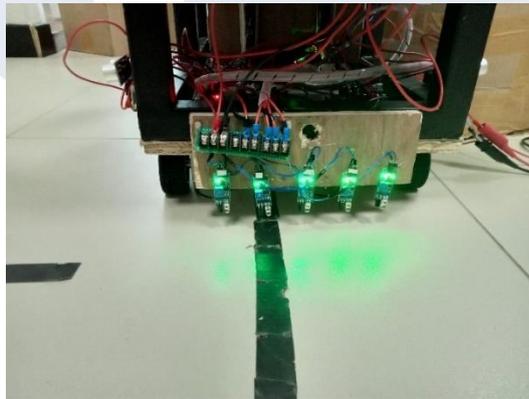


Gambar 5. 26 Foto Pengujian sensor IR Kanan 2

```
13:25:39.531 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.625 -> Position: 0
13:25:39.625 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.672 -> Position: 0
13:25:39.672 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.765 -> Position: 0
13:25:39.765 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.812 -> Position: 0
13:25:39.812 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.906 -> Position: 0
13:25:39.906 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:39.953 -> Position: 0
13:25:39.953 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.078 -> Position: 0
13:25:40.078 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.078 -> Position: 0
13:25:40.078 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.218 -> Position: 0
13:25:40.218 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.250 -> Position: 0
13:25:40.250 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.328 -> Position: 0
13:25:40.328 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:25:40.375 -> Position: 0
13:25:40.375 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
```

Autoscroll Show timestamp Newline

Gambar 5. 27 Foto Hasil Pengujian sensor IR Kanan 2

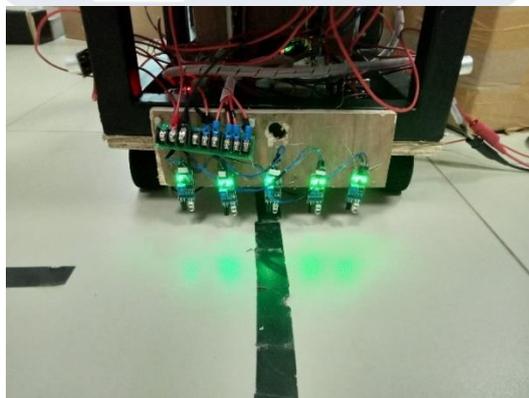


Gambar 5. 28 Foto Pengujian sensor IR Kanan 1

```
13:23:17.145 -> Position: 0
13:23:17.145 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.239 -> Position: 0
13:23:17.239 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.286 -> Position: 0
13:23:17.286 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.333 -> Position: 0
13:23:17.380 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.427 -> Position: 0
13:23:17.427 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.520 -> Position: 0
13:23:17.520 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.567 -> Position: 0
13:23:17.567 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.630 -> Position: 0
13:23:17.630 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.708 -> Position: 0
13:23:17.708 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.802 -> Position: 0
13:23:17.802 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.849 -> Position: 0
13:23:17.849 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
13:23:17.942 -> Position: 0
13:23:17.942 -> L2: 0 Ll: 0 C: 0 R1: 1 R2: 1
```

Autoscroll Show timestamp New

Gambar 5. 29 Foto Hasil Pengujian sensor IR Kanan 1

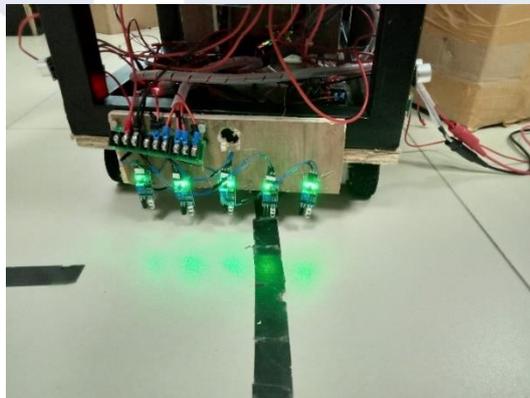


Gambar 5. 30 Foto Pengujian sensor IR Tengah

```
13:22:54.956 -> Position: 0
13:22:54.956 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.050 -> Position: 0
13:22:55.050 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.097 -> Position: 0
13:22:55.097 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.144 -> Position: 0
13:22:55.144 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.238 -> Position: 0
13:22:55.238 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.284 -> Position: 0
13:22:55.284 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.378 -> Position: 0
13:22:55.378 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.472 -> Position: 0
13:22:55.472 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.519 -> Position: 0
13:22:55.519 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.581 -> Position: 0
13:22:55.581 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
13:22:55.659 -> Position: 0
13:22:55.659 -> L2: 0 L1: 0 C: 1 R1: 0 R2: 1
```

Autoscroll Show timestamp

Gambar 5. 31 Foto Hasil Pengujian sensor IR Tengah

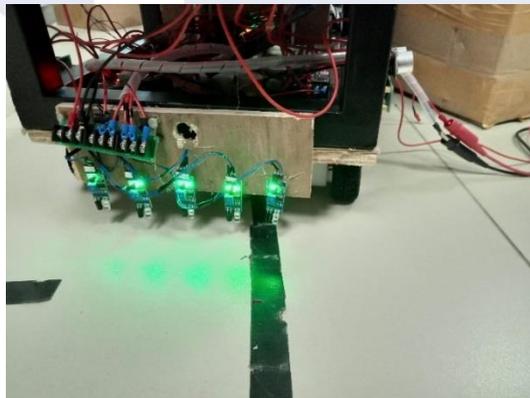


Gambar 5. 32 Foto Pengujian sensor IR Kiri 1

```
13:27:51.557 -> Position: 0
13:27:51.557 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.651 -> Position: 0
13:27:51.651 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.698 -> Position: 0
13:27:51.698 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.792 -> Position: 0
13:27:51.792 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.839 -> Position: 0
13:27:51.839 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.979 -> Position: 0
13:27:51.979 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:51.979 -> Position: 0
13:27:51.979 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:52.073 -> Position: 0
13:27:52.073 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:52.120 -> Position: 0
13:27:52.120 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:52.214 -> Position: 0
13:27:52.214 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:27:52.261 -> Position: 0
13:27:52.261 -> L2: 0 Ll: 1 C: 0 R1: 0 R2: 1
```

Autoscroll Show timestamp

Gambar 5. 33 Foto Hasil Pengujian sensor IR Kiri 1

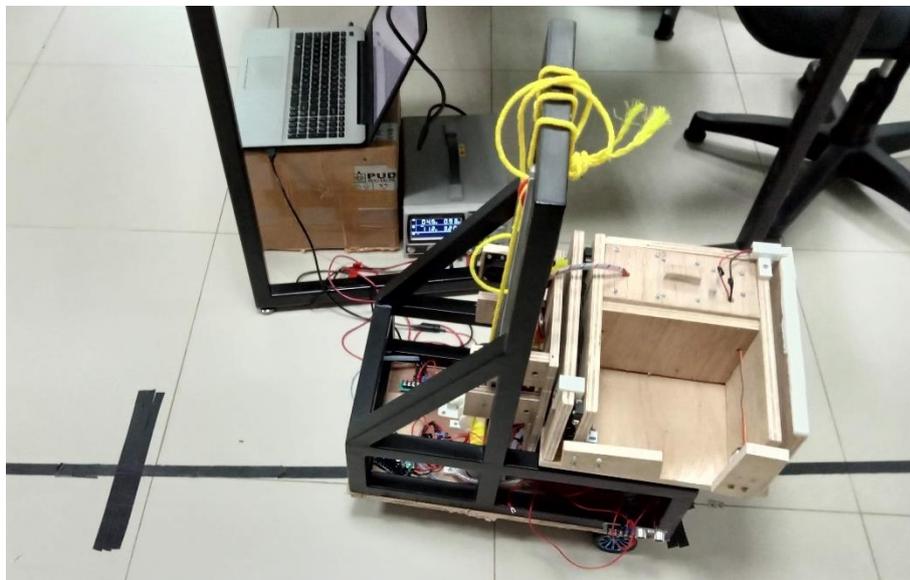


Gambar 5. 34 Foto Pengujian sensor IR Kiri 2

```
13:28:02.482 -> Position: 0
13:28:02.482 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.575 -> Position: 0
13:28:02.575 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.622 -> Position: 0
13:28:02.622 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.716 -> Position: 0
13:28:02.716 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.779 -> Position: 0
13:28:02.779 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.857 -> Position: 0
13:28:02.857 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.919 -> Position: 0
13:28:02.919 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:02.982 -> Position: 0
13:28:02.982 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:03.029 -> Position: 0
13:28:03.029 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:03.122 -> Position: 0
13:28:03.122 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
13:28:03.169 -> Position: 0
13:28:03.169 -> L2: 1 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 1
```

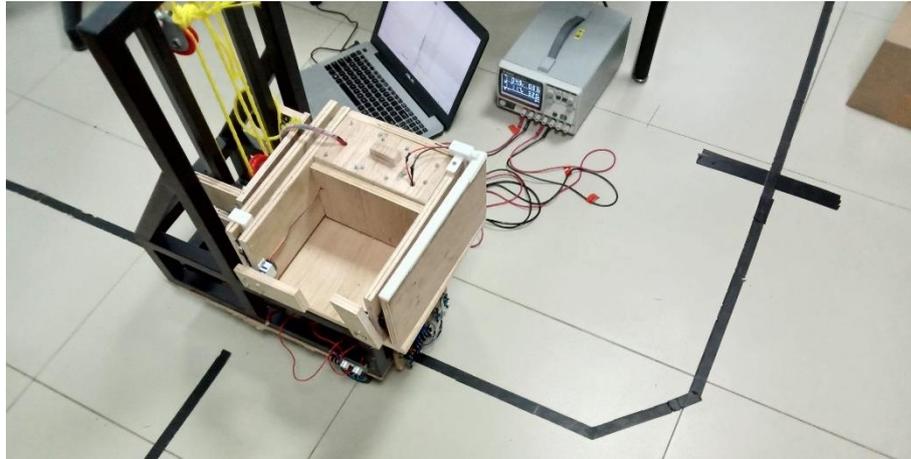
Gambar 5. 35 Foto Hasil Pengujian sensor IR Kiri 2

2. Pengujian kemampuan sistem untuk mengikuti jalur lurus dan jalur belok dilakukan seperti berikut. Pengujian dilakukan dua kali, dengan tanpa pengolahan sinyal dan dengan pengolahan sinyal; dengan setiap pengujian diulang sebanyak 40 kali. Hasilnya adalah seperti berikut.



Gambar 5. 36 Foto Pengujian Jalur Lurus

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



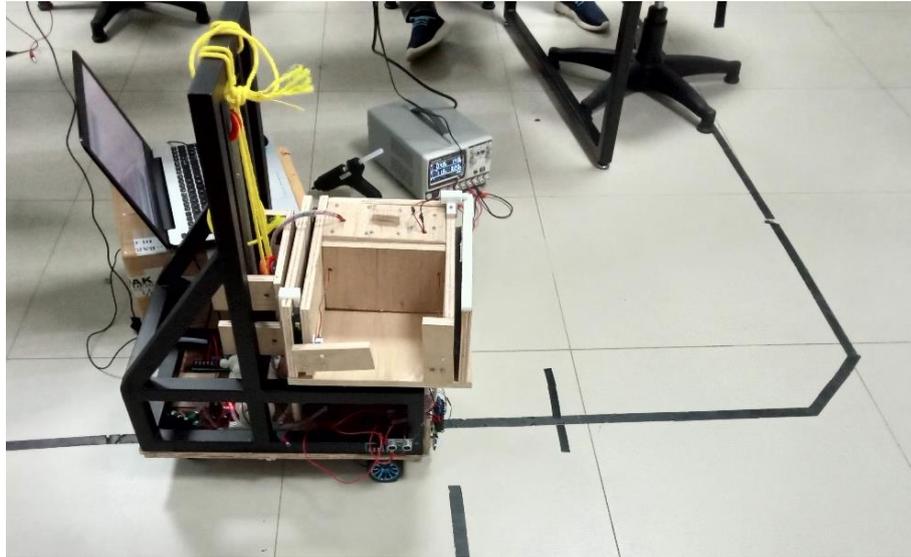
Gambar 5. 37 Foto Pengujian Jalur Belok

Tabel 5. 7 Kesuksesan Sistem dengan dan tanpa Pengolahan Sinyal

Tanpa Pengolahan Sinyal		
Jalur	Lurus	Belok
Tingkat Kesuksesan	20,0%	37,5%
Dengan Pengolahan Sinyal		
Jalur	Lurus	Belok
Tingkat Kesuksesan	95,0%	80,0%

3. Pengujian kemampuan sistem untuk mendeteksi *landmark* posisi dilakukan seperti pada Gambar 5. 38, dengan hasil deteksi *landmark* ditampilkan pada Gambar 5. 39 di bawah. Hasil pengujian dilakukan sebanyak 40 kali, dengan seluruh keberhasilannya ditampilkan pada Tabel 5. 8.

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 5. 38 Foto Pengujian Deteksi *Landmark*

```

11:39:34.436 -> Position: 1
11:39:34.436 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.483 -> Position: 1
11:39:34.483 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.552 -> Position: 1
11:39:34.552 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.715 -> Position: 1
11:39:34.715 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.715 -> Position: 1
11:39:34.715 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.799 -> Position: 1
11:39:34.799 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.837 -> Position: 1
11:39:34.837 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0
11:39:34.884 -> Position: 1
11:39:34.884 -> L2: 0 L1: 0 C: 0 R1: 0 R2: 0

```

Autoscroll Show timestamp Newline

Gambar 5. 39 Foto Hasil Pengujian Deteksi *Landmark*

Tabel 5. 8 Kesuksesan Sistem dalam Mendeteksi *Landmark*

Persentase Sukses
100,0%

UNIVERSITAS
 MULTIMEDIA
 NUSANTARA

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan pada sistem AGV. Sistem telah diuji coba tanpa dan dengan pemrosesan sinyal dari pembacaan sensor IR. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan proses sinyal pada pembacaan sensor IR memberikan hasil yang lebih baik dari 20% menjadi 90% pada jalur lurus, dan 37,5% menjadi 80% pada jalur belok. Hal tersebut dikarenakan dalam dunia nyata, seringkali sensor dapat membaca data yang tidak benar walaupun hanya sedikit. Namun pembacaan tersebut akan tetap diproses oleh robot, sehingga robot memerlukan untuk membedakan pembacaan yang akurat dan yang tidak akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot sudah cukup bagus dalam menemukan *landmark* dan mengikuti jalur khusus robot dengan persentase kesuksesan mencapai 100% dari 40 kali percobaan.

5.2.4. Pengujian Sistem Anti-Collision

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian pembacaan hasil sensor ultrasonik.
 - a. Validasi hasil pembacaan ultrasonik pada dunia nyata.
2. Pengujian kemampuan sistem dalam mendeteksi objek di sekitarnya.
 - a. Validasi kemampuan sistem untuk tidak menabrak objek di sekitarnya.

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi Pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan Arduino IDE versi 2.8.15
3. Arduino Mega 2560 V1
4. Ultrasonik HC-SR04 (3 buah)
5. PSU pada 11,7V

C. Syarat Pengujian

1. Pengujian dilakukan dengan robot tidak diberikan beban eksternal

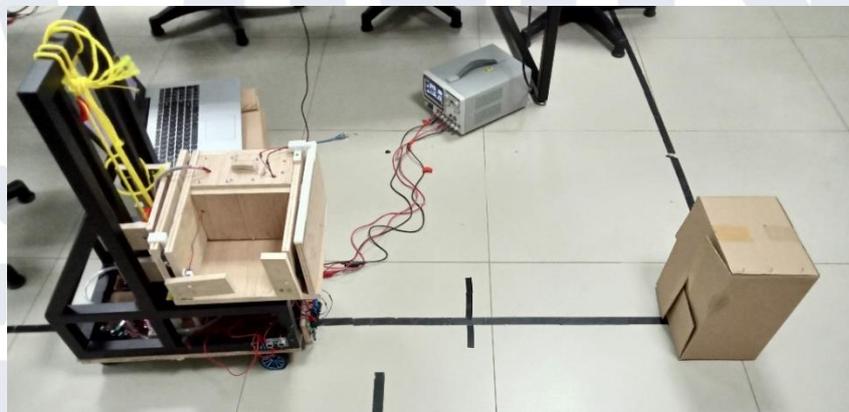
2. Pengujian dilakukan dengan hanya sistem AGV dan *anti-collision* yang aktif
3. Pengujian dilakukan pada lantai yang cukup rata

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

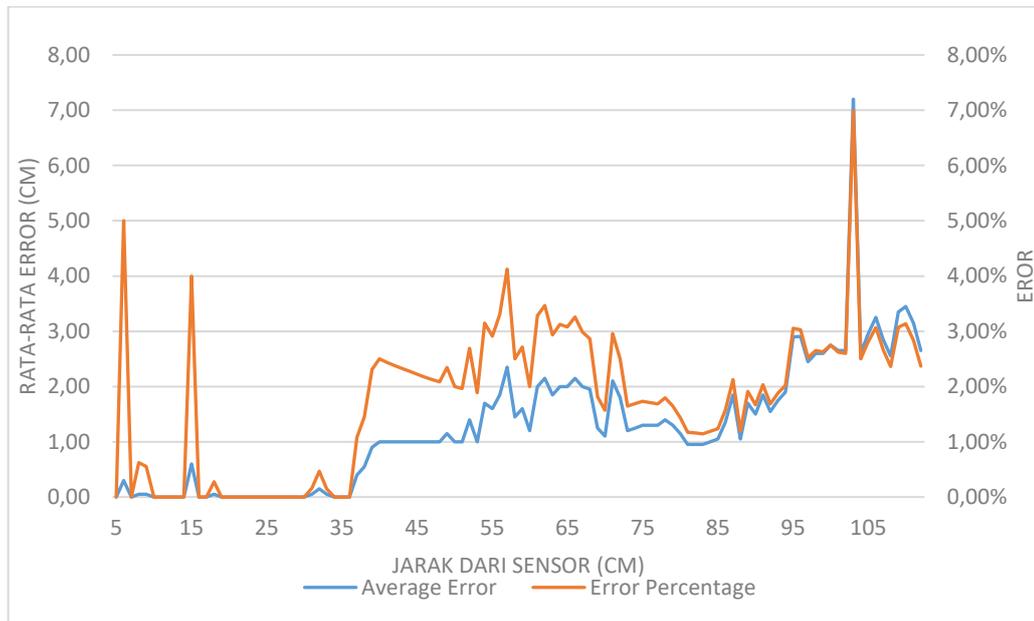
1. Pengujian respon pembacaan sensor ultrasonik mengikuti tahap berikut.
 - a. Benda diletakkan di depan ultrasonik,
 - b. Jarak antara ultrasonik dengan benda diukur kemudian dicatat,
 - c. Jarak benda ditingkatkan,
 - d. Diulang sampai data mencukupi.
2. Pengujian kemampuan sistem ditentukan dengan mengikuti tahap berikut.
 - a. Robot diletakkan dengan jarak tertentu pada benda,
 - b. Robot diatur untuk berhenti di bawah jarak tertentu,
 - c. Robot diperbolehkan bergerak,
 - d. Jarak dari robot berhenti dengan benda diukur dan dicatat.

E. Hasil Pengujian

1. Hasil pengujian sensor ultrasonik dilakukan seperti pada Gambar 5. 40 dengan hasil pembacaan adalah seperti Gambar 5. 41. Pengujian dilakukan dari 5 sampai 112 cm dengan peningkatan 1 cm; setiap pembacaan dilakukan sebanyak 20 kali, dengan total data mencapai 2240 data.



Gambar 5. 40 Foto Pengujian Sensor Ultrasonik

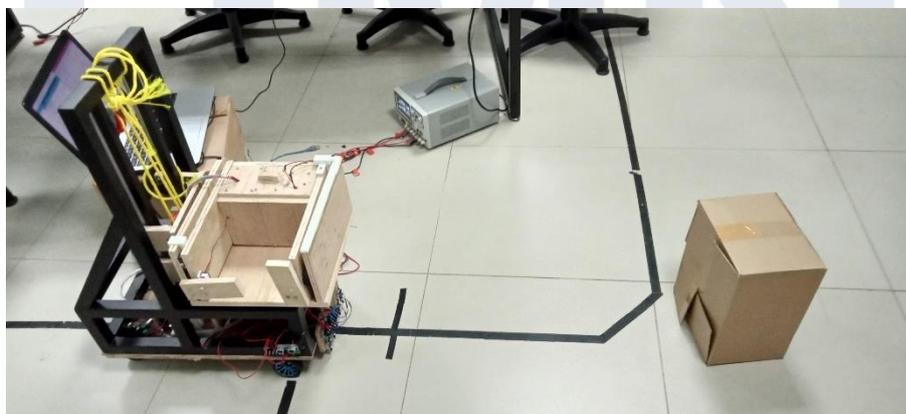


Gambar 5. 41 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

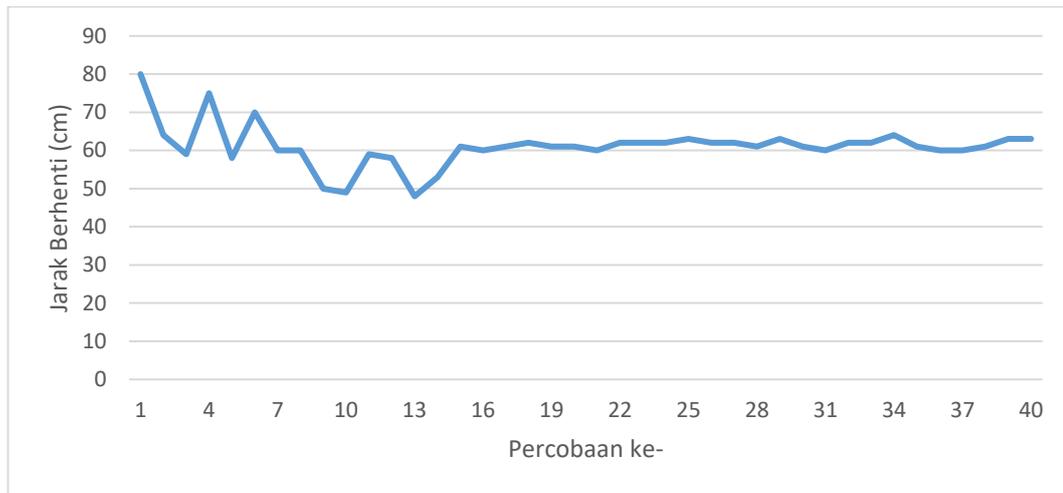
Tabel 5. 9 Tingkat Kesuksesan Pembacaan Sensor

Sensor	Kiri	Tengah	Kanan
Tingkat Kesuksesan	97,00%	74,50%	88,50%

- Hasil pengujian sistem dilakukan mengikuti langkah prosedur seperti di atas. Pengujian dilakukan seperti pada Gambar 5. 42 dengan jarak berhenti yang ditetapkan adalah 60 cm. Hasil sistem menghasilkan Gambar 5. 43.



Gambar 5. 42 Foto Pengujian Sistem Anti-Collision



Gambar 5. 43 Hasil Pengujian Sistem *Anti-Collision*

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan terhadap karakteristik sensor ultrasonik dan keberhasilan sistem dalam menjaga jarak terhadap benda di sekelilingnya. Pengujian karakteristik sensor menunjukkan bahwa pembacaan sensor cukup akurat dalam jarak 35 cm ke bawah. Pengujian dari sistem juga menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga jarak terhadap benda di sekitarnya.

5.2.5. Pengujian Sistem Komunikasi

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian kemampuan sistem untuk terhubung dengan jaringan eksternal.
 - a. Validasi kemampuan ESP32 untuk terhubung jaringan.
2. Pengujian kemampuan sistem untuk menerima dan mengirimkan data.
 - a. Validasi kemampuan sistem menerima dan mengirimkan data.

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan Arduino IDE versi 1.8.15
3. Arduino Mega 2560 V1

4. ESP32 Devkit V1
5. PSU pada 4,8V

C. Syarat Pengujian

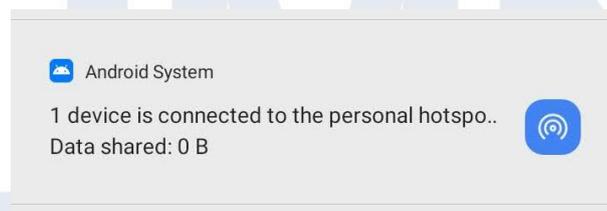
1. Pengujian dilakukan dengan hanya sistem komunikasi yang aktif.

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian kemampuan ESP32 untuk terhubung jaringan mengikuti tahap berikut.
 - a. Handphone Android digunakan untuk memberikan Wi-Fi hotspot,
 - b. ESP32 akan mencoba untuk mengakses Wi-Fi dengan SSID tertentu,
 - c. Kemampuan untuk terhubung akan digunakan sebagai validasi kemampuan terhubung ke jaringan.
2. Pengujian kemampuan transmisi data mengikut tahap berikut.
 - a. Handphone Android akan terhubung dengan ESP32,
 - b. Handphone mengirimkan data,
 - c. Sistem akan menerima data dan akan mengirimkan kembali datanya.

E. Hasil Pengujian

1. Pengujian mengikuti prosedur yang telah tertera di atas dengan hasil seperti berikut.

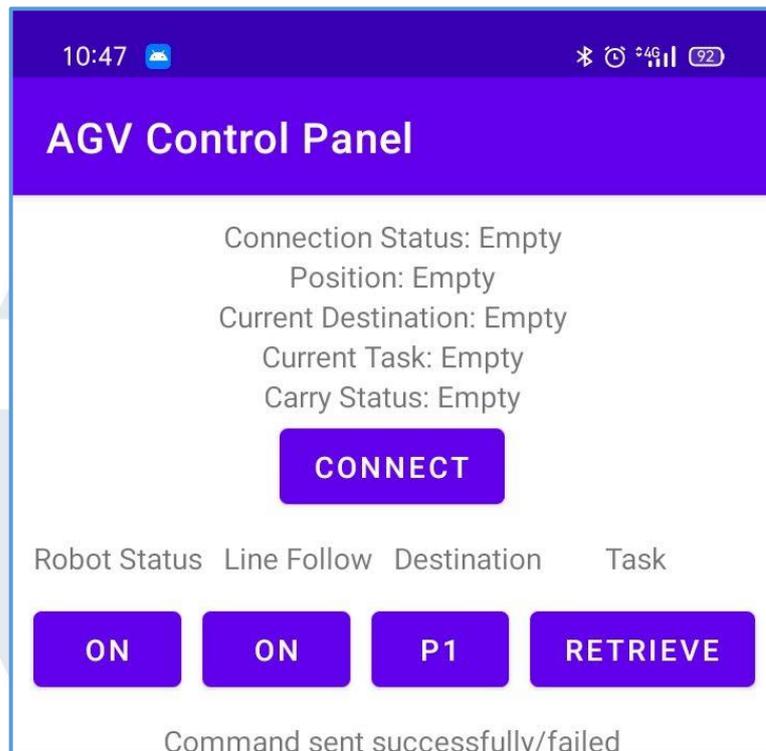


Gambar 5. 44 Foto Hasil Pengujian Jaringan - 1

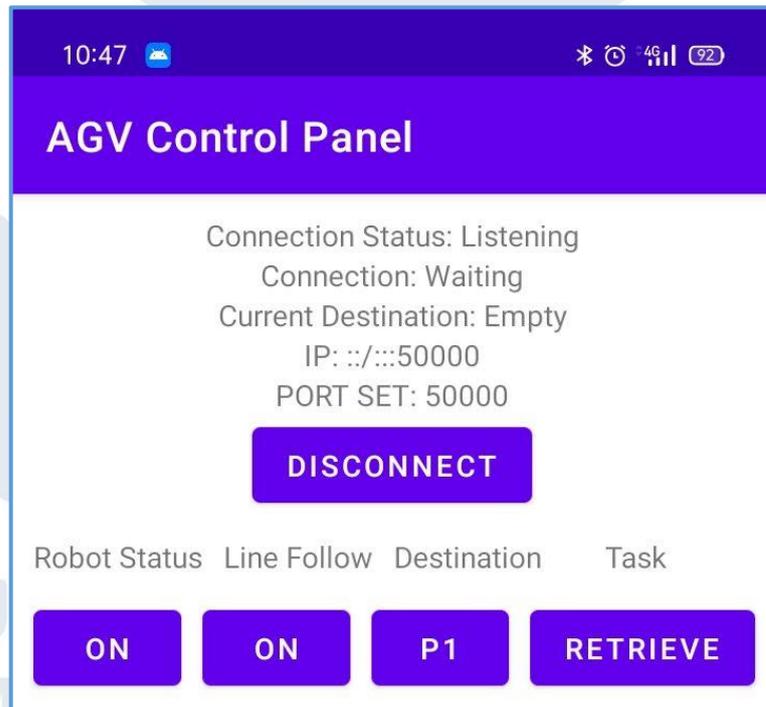


Gambar 5. 45 Foto Hasil Pengujian Jaringan - 2

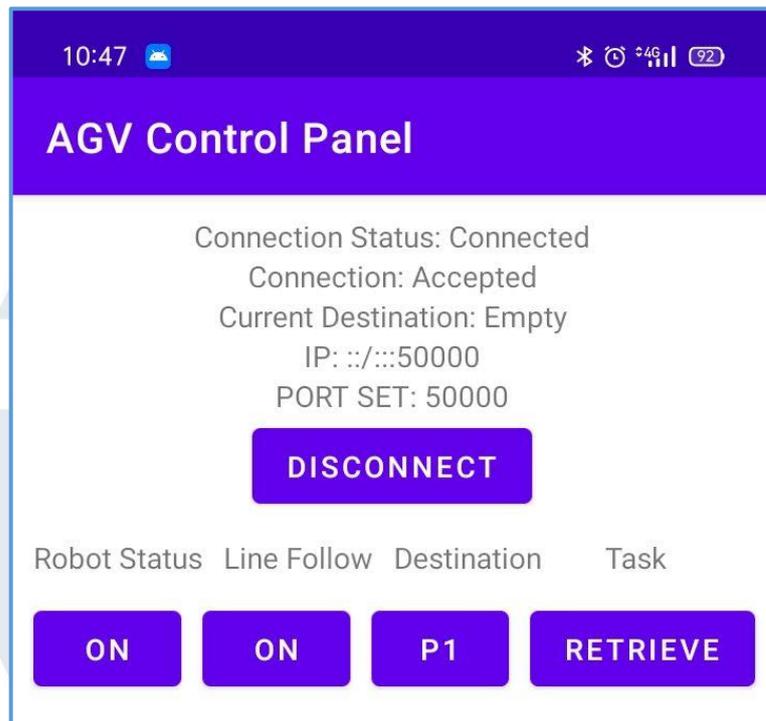
2. Pengujian mengikuti prosedur, dengan hasil seperti berikut



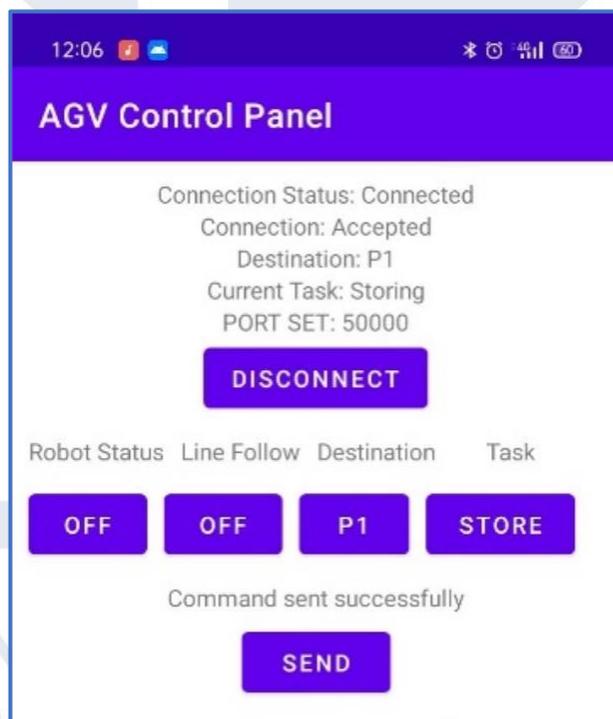
Gambar 5. 46 Handphone Android Belum Terhubung



Gambar 5. 47 Handphone Android Menunggu Hubungan



Gambar 5. 48 Handphone Android Terhubung dengan ESP3



Gambar 5. 49 Pengujian Pengiriman Data dari Handphone Android

```
9.795 -> robot position: 0
0.797 -> subsystem: rej
7.308 -> Debug: 300
7.308 -> 3
7.308 -> Destination: 0
7.308 -> Task: Taruh
8.768 -> Debug: 301
8.768 -> 3
8.768 -> Destination: 0
8.768 -> Task: Ambil
9.380 -> Debug: 71
9.427 -> 2
9.427 -> straightStatus: 1
1.230 -> Debug: 70
1.230 -> 2
1.230 -> straightStatus: 0
3.287 -> Debug: 41
3.287 -> 2
3.287 -> motor set on to: 1
4.938 -> Debug: 40
4.938 -> 2
4.938 -> motor set on to: 0
```

Gambar 5. 50 Hasil Pengujian Pengiriman Data dari Handphone Android

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan terhadap konektivitas robot ke jaringan eksternal dan juga kemampuan robot untuk menerima dan mengirimkan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot dapat terhubung ke jaringan eksternal tanpa masalah, dan juga dapat berkomunikasi dengan mengirimkan dan menerima data dari dan ke jaringan eksternal.

5.2.6. Pengujian Sistem Lokalisasi

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian kemampuan sistem untuk ditetapkan posisi awal.
 - a. Validasi kemampuan sistem untuk menerima posisi awal.

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan Arduino IDE versi 1.18.15
3. Arduino Mega 2560 V1
4. ESP32 Devkit V1
5. PSU pada 4,8V

C. Syarat Pengujian

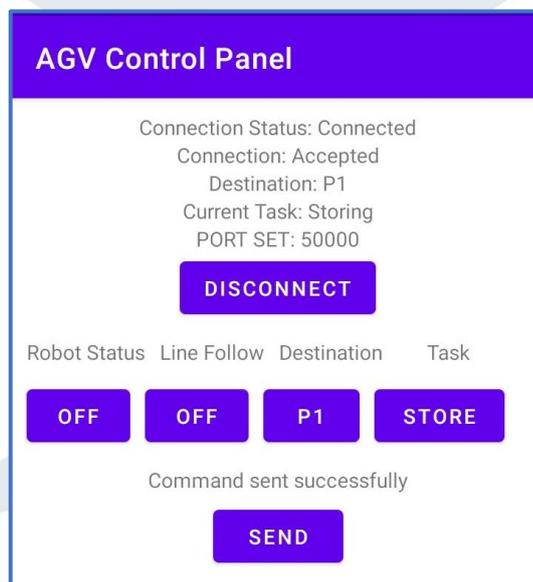
1. Pengujian dilakukan dengan hanya sistem lokalisasi dan sistem komunikasi yang aktif.

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian dilakukan terhadap kemampuan sistem untuk ditetapkan posisi robot secara eksternal.

E. Hasil Pengujian

1. Pengujian dilakukan mengikuti prosedur yang telah tertera di atas.



Gambar 5. 51 Sistem Komunikasi Kirim Data Posisi

```
COM15
12:06:08.024 -> 2
12:06:08.024 -> robot position: 2
12:06:09.080 -> subsystem: rej
12:06:13.785 -> Debug: b3
12:06:13.785 -> 2
12:06:13.785 -> robot position: 3
12:06:14.787 -> subsystem: rej
12:06:16.791 -> Debug: b4
12:06:16.791 -> 2
12:06:16.791 -> robot position: 4
12:06:17.794 -> subsystem: rej
12:06:19.795 -> Debug: b0
12:06:19.795 -> 2
12:06:19.795 -> robot position: 0
12:06:20.797 -> subsystem: rej
```

Gambar 5. 52 Foto Hasil Pengujian Sistem Menetapkan Posisi Robot

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan terhadap kemampuan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menerima posisi data dan mengirimkan data terbaru ke jaringan eksternal.

5.2.7. Pengujian Sistem *Task Management*

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian sistem untuk menerima tujuan dan tugas
 - a. Validasi kemampuan sistem untuk menerima tujuan dan tugas

B. Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian adalah seperti berikut.

1. Laptop AMD A10-9620P dengan OS Windows 10 versi 21H2
2. Serial terminal dengan Arduino IDE versi 1.18.15
3. Arduino Mega 2560 V1
4. ESP32 Devkit V1
5. PSU pada 4,8V

C. Syarat Pengujian

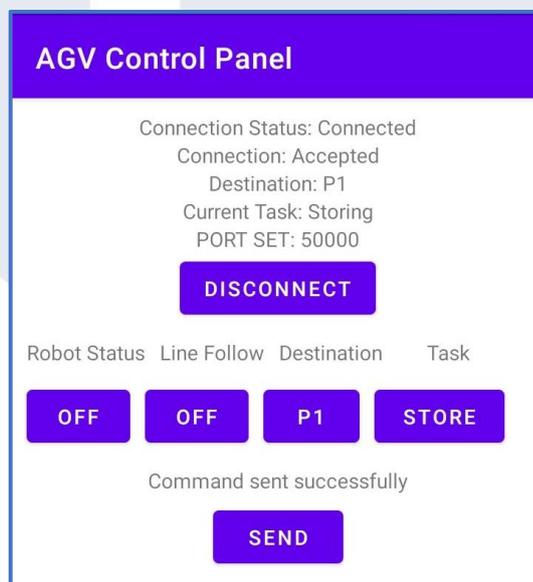
1. Pengujian dilakukan dengan hanya sistem *task management* dan komunikasi yang aktif.

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem komunikasi untuk menguji kemampuan sistem untuk menerima data tujuan dan tugas.

E. Hasil Pengujian

1. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur yang tertera di atas.



Gambar 5. 53 Sistem Komunikasi Kirim Data Tujuan dan Tugas

```
09:20:25.478 -> Debug: 300
09:20:25.478 -> 3
09:20:25.478 -> Destination: 0
09:20:25.478 -> Task: Ambil
09:20:29.759 -> Debug: 300
09:20:29.759 -> 3
09:20:29.759 -> Destination: 0
09:20:29.759 -> Task: Ambil
09:20:32.572 -> Debug: 301
09:20:32.572 -> 3
09:20:32.572 -> Destination: 0
09:20:32.572 -> Task: Taruh
09:20:36.135 -> Debug: 311
09:20:36.135 -> 3
09:20:36.135 -> Destination: 1
09:20:36.135 -> Task: Taruh
09:20:38.807 -> Debug: 321
09:20:38.807 -> 3
09:20:38.807 -> Destination: 2
09:20:38.807 -> Task: Taruh
```

Gambar 5. 54 Foto Hasil Pengujian Sistem Menerima Tujuan dan Tugas

F. Analisis

Pengujian telah dilakukan terhadap kemampuan sistem. Sistem menunjukkan bahwa robot mampu untuk menerima data tujuan dan tugas robot.

5.2.8. Pengujian Sistem Keseluruhan

A. Lingkup Pengujian

1. Pengujian robot untuk bergerak,
 - a. Validasi kemampuan robot untuk bergerak.
2. Pengujian robot untuk bergerak dalam jalur khusus robot,
 - a. Validasi kemampuan robot untuk mengikuti jalur khusus robot.
3. Pengujian robot untuk bergerak menuju tempat penyimpanan,
 - a. Validasi kemampuan robot untuk bergerak menuju tempat penyimpanan.
4. Pengujian robot untuk mengambil barang dari suatu tempat,
 - a. Validasi kemampuan robot untuk mengambil barang dari suatu tempat.
5. Pengujian robot untuk menyimpan barang yang diambil,
 - a. Validasi kemampuan robot untuk menyimpan barang yang diambil.

6. Pengujian robot untuk bergerak menuju tempat *drop-off* yang ditentukan,
 - a. Validasi robot untuk bergerak menuju tempat *drop-off* yang ditentukan.
7. Pengujian robot untuk melakukan semua yang di atas namun untuk menaruh barang,
 - a. Validasi robot untuk melakukan yang sama namun untuk meletakkan barang.
8. Pengujian robot untuk melakukan hal yang sama dengan berat hingga 2 kg.
 - a. Validasi robot untuk melakukan hal yang sama dengan berat hingga 2 kg.

B. Konfigurasi Pengujian

1. Robot,
2. Kardus (7 buah),
3. Jalur khusus robot,
4. Ruangan pengujian,
5. *Handphone* Oppo A15 dengan Android versi 10 dan ColorOS versi 7.2.

C. Syarat Pengujian

1. Robot tidak berkomunikasi dengan perangkat lain selain dengan *Handphone* Android,
2. Pengujian tidak menggunakan sumber daya eksternal,
3. Pengujian dari setiap bagian dilakukan secara independen,
4. Keberhasilan produk akan dinilai secara kuantitatif dengan menggabungkan bentuk penilaian yang berada di Prosedur Pengujian di Subbab 2.2.3 A dengan persentase kesuksesan dari setiap pengujian.

D. Prosedur Pengujian dan Verifikasi

1. Robot akan dinyalakan dan dihubungkan ke *Handphone*,
2. Robot diberikan perintah untuk melakukan tindakan tertentu sesuai dengan pengujian yang dijalankan,

3. Keberhasilan robot untuk mencapai tindakan tersebut akan dicatat,
4. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 40 kali,
5. Nilai keberhasilan digunakan untuk menghitung keberhasilan produk secara keseluruhan mengikuti syarat pengujian di atas.

E. Hasil Pengujian

1. Hasil observasi kemampuan robot untuk bergerak.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot mampu bergerak tanpa bantuan eksternal. Pengujian dilakukan seperti berikut.



Gambar 5. 55 Foto Pengujian Robot Bergerak – 1



Gambar 5. 56 Foto Pengujian Robot Bergerak – 2

2. Hasil pengamatan kemampuan robot untuk mengikuti jalur khusus robot.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot memiliki kemampuan untuk mengikuti jalur khusus namun memiliki tingkat performa yang cukup rendah dengan tingkat kemampuan untuk bertahan pada jalur seperti berikut.

Tabel 5. 10 Kemampuan Robot Bertahan pada Jalur

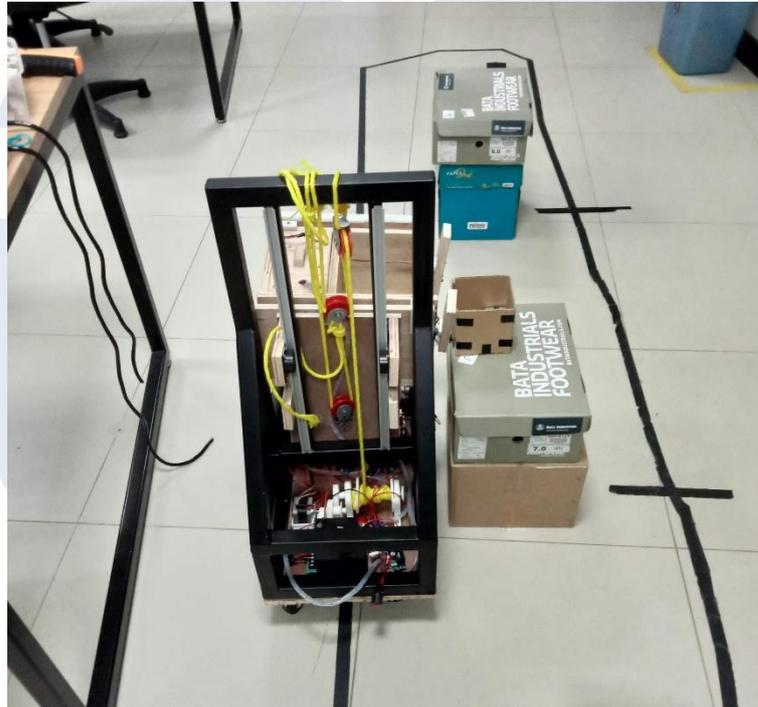
Kemampuan Robot Bertahan pada Jalur
2,5%

3. Hasil kemampuan robot untuk bergerak menuju tempat penyimpanan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot mampu meresponi perintah untuk bergerak menuju ke tempat penyimpanan.

4. Hasil kemampuan robot untuk mengambil barang.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot memiliki kemampuan untuk mengambil barang namun memiliki tingkat keberhasilan yang cukup rendah. Tingkat keberhasilannya adalah seperti berikut.



Gambar 5. 57 Foto Pengujian Pengambilan Barang
Tabel 5. 11 Kemampuan Robot Mengambil Barang

Kemampuan Robot Mengambil Barang
12,5%

5. Hasil kemampuan robot untuk menyimpan barang.

Robot telah dirancang untuk menyimpan barang ketika sedang memegang barang.

6. Hasil observasi kemampuan robot untuk bergerak menuju tempat *drop-off*.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot dapat meresponi perintah untuk bergerak menuju tempat *drop-off*.

7. Hasil kemampuan robot untuk meletakkan barang.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa robot memiliki kemampuan untuk meletakkan barang namun memiliki tingkat keberhasilan yang cukup rendah. Tingkat keberhasilannya adalah seperti berikut.

Tabel 5. 12 Kemampuan Robot Meletakkan Barang

Kemampuan Robot Meletakkan Barang
12,5%

8. Hasil kemampuan robot untuk melakukan hal yang sama dengan beban hingga 500 g.

Robot diamati mampu mengangkat dan menggerakkan beban hingga 500g.

F. Analisis

Hasil pengujian telah dilakukan pada robot terhadap bentuk penggunaan yang mungkin digunakan oleh pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot telah memiliki kemampuan untuk mencapai apa yang diharapkan, namun dengan tingkat keberhasilan yang di bawah harapan.

Pengujian untuk robot berada pada jalur khusus telah dilakukan pada sistem AGV dan ditunjukkan bahwa sistem telah berhasil. Namun ketika telah dilakukan integrasi, sistem mengalami penurunan tingkat keberhasilan yang cukup drastis. Hal tersebut dapat dikarenakan sistem lain menggunakan kemampuan *processing* mikrokontroler yang digunakan. Selain daripada itu, pencahayaan di ruangan juga dapat berpengaruh pada pembacaan sensor IR di posisi ruangan yang berbeda yang menyebabkan rendahnya tingkat keberhasilan dari pengujian.

Tingkat keberhasilan untuk pengambilan dan peletakkan barang juga sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan ketidakmampuan gir untuk mengangkat beban akibat penggunaan berkelanjutan. Gir telah digunakan secara berulang kali di subsistem *height control*, namun dalam pengujian keseluruhan subsistem tersebut gagal untuk mengangkat tangan karena gir mulai mengalami *slipping* yang cukup sering. Selain daripada itu, rendahnya tingkat keberhasilan juga dikarenakan kegagalan subsistem *gripper* untuk mengambil atau meletakkan barang. Hal

tersebut dikarenakan terjadi penurunan tegangan oleh *DC-to-DC Converter Regulator* yang digunakan, sehingga robot mati sejenak kemudian menyala lagi.

Perhitungan nilai dari keberhasilan sistem keseluruhan adalah seperti berikut.

$$\text{Nilai} = \text{Total poin} \times \text{persentase sukses} \quad (5.1)$$

Nilai yang bersandar pada poin lain menggunakan persamaan berikut memiliki nilai persentase sukses mengikuti persamaan berikut.

$$\text{Persentase sukses} = \frac{\text{Poin yang didapat}}{\text{Total poin yang dapat didapat}} \quad (5.2)$$

Perhitungan keseluruhan nilai adalah seperti berikut.

Tabel 5. 13 Perhitungan Nilai Sistem Keseluruhan

No	Deskripsi	Total Poin	Persentase Sukses	Hasil
1	Robot mampu bergerak	15	100%	15
2	Robot mampu bergerak mengikuti jalur khusus robot	15	2,5%	0,37
3	Robot mampu bergerak menuju tempat penyimpanan	15	100%	15
4	Robot mampu mengambil barang dari suatu tempat	10	12,5%	1,25
5	Robot mampu untuk menyimpan barang yang diambil	10	100%	10
6	Robot mampu bergerak menuju tempat <i>drop-off</i> yang ditentukan	15	100%	15
7	Robot dapat melakukan semua di atas namun untuk menaruh barang	10	70,8%	7,08
8	Robot mampu melakukan yang sama dengan berat hingga 500 gram	10	100%	10
Total Poin				73,7

Mengikuti panduan pengujian yang telah ditulis di Subbab 2.2.3. A, hasil dari perancangan produk menghasilkan nilai yang dikategorikan sebagai cukup dengan nilai 73,7 dari 100.

5.3. Kesimpulan dan Saran Pengembangan Produk

5.3.1. Kesimpulan Hasil Pengembangan Produk

Pengembangan produk telah dirancang sesuai dengan sistem dan subsistem yang telah diajukan di dokumen B200 dan B300. Hasil perancangan produk didapatkan telah sesuai dengan spesifikasi yang diincar yaitu mampu untuk mengangkat dan berinteraksi dengan benda hingga beban 500 gram, dan mampu mencapai ketinggian sekitar 40 cm dengan yang diincar adalah 30 cm. Hasil dari sistem penggabungan prediksi menunjukkan peningkatan hasil keberhasilan yang dapat diterima dari 31,25% menjadi 39,38% namun pengembangan yang lebih lanjut masih dapat dilakukan. Hasil dari pengembangan produk keseluruhan memberikan hasil yang cukup, di mana produk hanya mencapai nilai 73,7 dari 100 atau kategori *cukup* dari pengujian produk yang telah dijanjikan di Subbab 2.2.3 A.

5.3.2. Saran Pengembangan Produk

Saran dari pengembangan produk yang dapat dilakukan adalah penggunaan motor *stepper* yang lebih kuat, dan juga memperbaiki struktur robot yang ada agar dapat mencapai ketinggian yang diharapkan di awal. Selain daripada itu, robot sebaiknya menggunakan mikrokontroler yang lebih sepadan dibandingkan mikrokontroler *hobbyist* untuk mengurangi kebutuhan mikrokontroler lain dan mengurangi waktu respon robot.

