

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE*  
PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RADIO*  
*FREQUENCY IDENTIFICATION***



Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan pada  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh :

Lintang Ichsan Sholahuddin

NIM. 40040319650015

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE*  
PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RFID***

Diajukan oleh :  
Lintang Ichsan Sholahuddin  
NIM. 40040319650015

**TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH**

Menyetujui  
Dosen Pembimbing,

**Fakhruddin Mangkusasmito, M.T.**

NIP 198908202019031012

Tanggal 21 Februari 2024

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro

**Priyo Sasmoko S.T., M.Eng.**

NIP 197009161998021001

Tanggal 21 Februari 2024

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE*  
PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RFID***

Diajukan oleh :

Lintang Ichsan Sholahuddin

NIM 40040319650015

Telah diajukan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada tanggal

Tim Penguji

Ketua Penguji/Pembimbing

**Fakhruddin Mangkusasmito S.T, M.T.**

NIP 198908202019031012

Penguji 1

Penguji II

**Ari Bawono Putranto S.Si., M.Si.**

NIP 198501252019031007

**Ahmad Ridlo Hanifudin T, S.Si., M.Si.**

NIP NPPU.H.7.199504152022041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

**Priyo Sasmoko S.T., M.Eng.**

NIP 197009161998021001

## **SURAT PENYATAAN BEBAS PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lintang Ichsan Sholahuddin  
NIM : 40040319650015  
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi UNDIP  
Judul Tugas Akhir : **PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE* PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RFID***

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian dalam suatu Perguruan Tinggi., dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 21 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



Lintang Ichsan Sholahuddin

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

1. Kedua Orang Tua tercinta, serta keluarga besar yang selama ini selalu memberikan nasihat, doa, bimbingan, serta dukungan lahir dan batin.
2. Bapak Priyo Sasmoko S.T., M.Eng. selaku ketua program studi Teknologi Rekayasa Otomasi.
3. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. M. Ficky Firmansyah dan Yolanda Dewi Ramadhan, selaku rekan kelompok penulis yang ikut membantu dalam pembuatan serta perancangan alat ini.
5. Adik Sachiyah Nur Chasanah selaku calon pendamping penulis dan ikut andil dalam membantu proses pembuatan laporan yang penuh dengan suka dan duka ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia kepada seluruh makhluk-Nya dan atas izin-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir ini. Semoga kelak berguna bagi diri saya sendiri maupun bagi orang lain.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini saya menyadari bahwa proposal tugas akhir ini tidak dapat disusun tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing saya dalam penyusunan proposal tugas akhir ini, diantaranya:

1. Bapak Priyo Sasmoko S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah sabar membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Tri Sutrisna dan Ibu Harni selaku orang tua saya yang telah memberi dukungan dari berbagai arah kepada penulis.
4. Lintang Ichsan Sholahuddin, M. Ficky Firmansyah dan Yolanda Dewi Ramadhan selaku teman satu kelompok tugas akhir saya.
5. Sahabat dan teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan moril dan materiil kepada penulis.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi semua pihak khususnya Mahasiswa Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Semarang, 21 Februari 2024

Penulis



Lintang Ichsan Sholahuddin

## INTISARI

### **PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE* PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RFID***

Lintang Ichsan Sholahuddin

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Dalam dunia industri otomotif pada bidang bengkel mobil, perkembangan teknologinya sudah sangat maju. Salah satu perkembangan teknologi di bidang bengkel mobil adalah menggunakan sistem kontrol otomatis pada pengangkatan unit mobil sebelum di periksa kondisi mobil konsumen. Kegunaan Robot yang akan dirancang pada industri ini adalah membawa perkakas ke area bengkel dengan mudah. Dalam tugas akhir ini perancangan Automatic Guided Vehicle (AGV) menggunakan sistem line follower dan RFID sebagai pembacaan station. Juga ditambahkan fitur kontrol manual untuk bergerak secara bebas jika robot terjadi error atau emergency. Robot ini menggunakan 5 sensor yaitu TCRT5000. RFID RC522 digunakan untuk membaca station yang akan dituju. Tag RFID juga diperlukan untuk mengidentifikasi station. Blynk.io digunakan untuk mengontrol pergerakan robot secara manual. Dalam pengujian, robot menghasilkan keberhasilan dari pergerakan station awal ke station lainnya menggunakan RFID. Pembacaan line follower menggunakan 5 sensor dan kemungkinan pembacaan yang terjadi yaitu error -5 sampai 5. Penentuan tuning Error PID terbaik didapatkan nilai Kp 2, Ki 6, dan Kd 5 agar mendapat hasil jalan robot yang optimal dan jarak yang diperoleh adalah 9,08 m.

**Kata kunci** : *Automatic Guided Vehicle, Radio Frequency Identification, Line Follower*

## **ABSTRACT**

### **PERANCANGAN SISTEM KENDALI *AUTOMATIC GUIDED VEHICLE* PENGANGKUT *TOOLBOX* BERBASIS *LINE FOLLOWER* DAN *RFID***

Lintang Ichsan Sholahuddin

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

In the world of the automotive industry in the car repair sector, technological developments are very advanced. One of the technological developments in the car repair sector is using an automatic control system for lifting car units before checking the condition of the consumer's car. The use of the robot that will be designed in this industry is to carry tools to the workshop area easily. In this final project, the design of an Automatic Guided Vehicle (AGV) uses a line follower system and RFID as a reading station. Also added is a manual control feature to move freely if the robot has an error or emergency. This robot uses 5 sensors, namely TCRT5000. RFID RC522 is used to read the station to be addressed. RFID tags are also needed to identify stations. Blynk.io is used to control the robot's movement manually. In testing, the robot achieved success from moving the initial station to another station using RFID. The line follower reading uses 5 sensors and the possibility of the reading occurring is error -5 to 5. Determining the best PID Error tuning, the values Kp 2, Ki 6, and Kd 5 are obtained to get optimal robot walking results and the distance obtained is 9.08 m .

**Keywords** : Automatic Guided Vehicle, Radio Frequency Identification, Line Follower



## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....           | i    |
| LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....           | ii   |
| SURAT PENYATAAN BEBAS PLAGIAT .....           | iii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                     | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                          | v    |
| INTISARI.....                                 | vi   |
| ABSTRACT.....                                 | vii  |
| DAFTAR ISI.....                               | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                           | x    |
| DAFTAR TABEL.....                             | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                          | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                       | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                      | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                    | 2    |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir.....                   | 3    |
| 1.4 Manfaat Tugas Akhir.....                  | 3    |
| 1.5 Pembatasan Masalah .....                  | 3    |
| 1.6 Metodologi Penelitian .....               | 4    |
| 1.7 Sistematika Tugas Akhir .....             | 5    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                   | 6    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                    | 6    |
| 2.2 Sistem Otomasi .....                      | 6    |
| 2.3 Blynk.io.....                             | 7    |
| 2.4 <i>Automatic Guided Vehicle</i> .....     | 7    |
| 2.5 <i>Line Follower</i> .....                | 7    |
| 2.6 Tuning Kontrol PID .....                  | 8    |
| 2.7 Perangkat Catu Daya / Aki GS 12/5Ah ..... | 9    |
| 2.8 Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....     | 10   |
| 2.9 Pemograman Arduino IDE.....               | 13   |
| 2.10 Esp 32 Cam .....                         | 13   |
| 2.11 Sensor IR.....                           | 14   |
| 2.12 Sensor MPU 9250 .....                    | 15   |
| 2.13 <i>Step Down</i> DC LM2596.....          | 15   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.14 Motor DC Power Window .....                              | 16        |
| 2.15 Driver Motor BTS7960 .....                               | 16        |
| 2.16 <i>RFID RC522</i> .....                                  | 17        |
| 2.17 <i>Buzzer</i> .....                                      | 17        |
| 2.18 <i>Keypad 1x4</i> .....                                  | 17        |
| 2.19 <i>Switch Button</i> .....                               | 18        |
| 2.20 Modul Sensor Kecepatan <i>FC-03</i> .....                | 18        |
| 2.21 <i>LCD I2C 16x2</i> .....                                | 19        |
| 2.22 Perhitungan Jarak Lintasan .....                         | 20        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                    | <b>21</b> |
| 3.1 Diagram Blok Sistem .....                                 | 21        |
| 3.2 Desain Perancangan Alat .....                             | 23        |
| 3.2.1 Gambar 3D .....   | 23        |
| 3.2.2 Kerangka Alat .....                                     | 23        |
| 3.3 Spesifikasi dan Fitur.....                                | 25        |
| 3.4 Teknik Pabrikasi.....                                     | 26        |
| 3.4.1 Rancangan Elektronika .....                             | 27        |
| 3.4.2 Rancangan Mekanikal.....                                | 30        |
| 3.4.3 Perancangan Sistem Perangkat Keras .....                | 31        |
| 3.4.4 Perancangan Program.....                                | 32        |
| 3.5 Diagram Alir Sistem .....                                 | 43        |
| 3.6 Perancangan <i>Line Map Tracking</i> .....                | 46        |
| 3.7 Perancangan Pembacaan <i>Error IR</i> terhadap Jalur..... | 47        |
| 3.8 Perancangan <i>RFID Tag Station</i> .....                 | 48        |
| <b>BAB IV PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA</b> .....               | <b>50</b> |
| 4.1 <i>Realisasi Map Line Track</i> .....                     | 50        |
| 4.2 Pengujian Sensor <i>IR Line Tracking</i> .....            | 50        |
| 4.3 Pengujian <i>RFID</i> .....                               | 55        |
| 4.4 Pengujian Kontrol PID .....                               | 58        |
| 4.5 Pengujian <i>Request Tujuan Robot</i> .....               | 63        |
| 4.6 Pengujian Waktu Tempuh Robot Tiap <i>Station</i> .....    | 64        |
| 4.7 Pengujian Kontrol Manual .....                            | 71        |
| <b>BAB V KESIMPULAN</b> .....                                 | <b>76</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                   | <b>77</b> |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | <b>78</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2. 1</b> Diagram Penerapan PID .....             | 8  |
| <b>Gambar 2. 2</b> Aki GS .....                            | 9  |
| <b>Gambar 2. 3</b> Arduino Mega 2560.....                  | 10 |
| <b>Gambar 2. 4</b> Skematik Pin Arduino Mega 2560 .....    | 11 |
| <b>Gambar 2. 5</b> Tampilan Arduino IDE .....              | 13 |
| <b>Gambar 2. 6</b> ESP 32 Cam .....                        | 13 |
| <b>Gambar 2. 7</b> Sensor Infrared TCRT5000 .....          | 14 |
| <b>Gambar 2. 8</b> Sensor MPU 9250.....                    | 15 |
| <b>Gambar 2. 9</b> Stepdown LM2596 .....                   | 15 |
| <b>Gambar 2. 10</b> Motor DC Power Window .....            | 16 |
| <b>Gambar 2. 11</b> Driver Motor BTS 7960 .....            | 16 |
| <b>Gambar 2. 12</b> RFID RC522.....                        | 17 |
| <b>Gambar 2. 13</b> Buzzer .....                           | 17 |
| <b>Gambar 2. 14</b> Keypad 1x4.....                        | 18 |
| <b>Gambar 2. 15</b> Switch Button .....                    | 18 |
| <b>Gambar 2. 16</b> Speed Sensor .....                     | 19 |
| <b>Gambar 2. 17</b> LCD 16x2 .....                         | 19 |
| <b>Gambar 2. 18</b> <i>Titik Koordinat A dan B</i> .....   | 20 |
| <b>Gambar 3. 1</b> Diagram Blok Sistem .....               | 21 |
| <b>Gambar 3. 2</b> Rancang 3D .....                        | 23 |
| <b>Gambar 3. 3</b> Sisi Atas dan Depan Kerangka Alat ..... | 24 |
| <b>Gambar 3. 4</b> Sisi Kiri Kerangka Alat .....           | 24 |
| <b>Gambar 3. 5</b> Sisi Kanan Kerangka Alat .....          | 25 |
| <b>Gambar 3. 6</b> Sisi Belakang Kerangka Alat .....       | 25 |
| <b>Gambar 3. 7</b> Diagram Elektronika .....               | 27 |
| <b>Gambar 3. 8</b> Kerangka Robot.....                     | 30 |
| <b>Gambar 3. 9</b> Pemasangan Motor DC .....               | 30 |
| <b>Gambar 3. 10</b> Pemasangan Sensor Infrared .....       | 31 |
| <b>Gambar 3. 11</b> Pemasangan Speed Sensor .....          | 31 |
| <b>Gambar 3. 12</b> Pemasangan RFID Bagian Atas .....      | 31 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 3. 13</b> Pemasangan RFID Bagian Bawah .....   | 32 |
| <b>Gambar 3. 14</b> Pemasangan 2 buah Driver Motor .....   | 32 |
| <b>Gambar 3. 15</b> Diagram Alir Sistem Error PID terhadap PID Controller Line<br>Follower ..... | 43 |
| <b>Gambar 3. 16</b> Diagram Alir Sistem Error PID terhadap gerakan robot AGV.....                | 44 |
| <b>Gambar 3. 17</b> Diagram Alir Kontrol Manual .....  | 45 |
| <b>Gambar 3. 18</b> Diagram alir Pembacaan tag RFID terhadap Station AGV .....                   | 46 |
| <b>Gambar 3. 19</b> Map Line tracking .....  | 47 |
| <b>Gambar 3. 20</b> Pemetaan Error IR Sensor .....   | 48 |
| <b>Gambar 3. 21</b> Tag RFID .....   | 49 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Hasil Map Line Track.....   | 50 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Pertama.....                         | 51 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Kedua .....                          | 51 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Ketiga.....                          | 52 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Keempat .....                        | 52 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Kelima.....                          | 53 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Keenam .....                         | 53 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Ketujuh .....                        | 54 |
| <b>Gambar 4. 9</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Kedelapan.....                       | 54 |
| <b>Gambar 4. 10</b> Tampilan Serial Monitor dan Hasil Posisi Kesembilan.....                     | 55 |
| <b>Gambar 4. 11</b> Tampilan LCD Awal .....  | 55 |
| <b>Gambar 4. 12</b> Serial Monitor Pembacaan IR .....  | 56 |
| <b>Gambar 4. 13</b> Tampilan LCD Status Idle .....   | 56 |
| <b>Gambar 4. 14</b> Station B .....  | 56 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Station A .....  | 56 |
| <b>Gambar 4. 16</b> Station D.....   | 57 |
| <b>Gambar 4. 17</b> Station C .....  | 57 |
| <b>Gambar 4. 18</b> Percobaan Scan Station B.....  | 57 |
| <b>Gambar 4. 19</b> Percobaan Scan Station A.....  | 57 |
| <b>Gambar 4. 20</b> Percobaan Scan Station D.....  | 57 |
| <b>Gambar 4. 21</b> Percobaan Scan Station C.....  | 57 |
| <b>Gambar 4. 22</b> Grafik Kp 1.5 Ki 6 Kd 5 .....  | 58 |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gambar 4. 23</b> | Grafik Kp 1.75 Ki 6 Kd 5 .....                       | 60 |
| <b>Gambar 4. 24</b> | Grafik Kp 2 Ki 6 Kd 5 .....                          | 61 |
| <b>Gambar 4. 25</b> | Grafik Kp 2.25 Ki 6 Kd 5 .....                       | 62 |
| <b>Gambar 4. 26</b> | GUI Blynk.io .....                                   | 63 |
| <b>Gambar 4. 27</b> | Kondisi Robot Berhasil Melakukan Pemanggilan.....    | 64 |
| <b>Gambar 4. 28</b> | Kondisi Robot Tiba Di Station .....                  | 64 |
| <b>Gambar 4. 29</b> | Stopwatch dari Stasiun A ke B .....                  | 65 |
| <b>Gambar 4. 30</b> | Stopwatch dari Stasiun A ke C .....                  | 66 |
| <b>Gambar 4. 31</b> | Stopwatch dari Stasiun A ke D .....                  | 67 |
| <b>Gambar 4. 32</b> | Stopwatch dari Stasiun B ke C .....                  | 68 |
| <b>Gambar 4. 33</b> | Stopwatch dari Stasiun B ke D .....                  | 69 |
| <b>Gambar 4. 34</b> | Stopwatch dari Stasiun B ke A .....                  | 70 |
| <b>Gambar 4. 35</b> | Grafik Waktu Antar Station.....                      | 71 |
| <b>Gambar 4. 36</b> | Tampilan Kontrol Manual Blynk.io .....               | 72 |
| <b>Gambar 4. 37</b> | Kontrol Manual Maju Lurus pada Blynk.io .....        | 73 |
| <b>Gambar 4. 38</b> | Robot berjalan Lurus .....                           | 73 |
| <b>Gambar 4. 39</b> | Kontrol Manual Berbelok Ke Kanan pada Blynk.io ..... | 74 |
| <b>Gambar 4. 40</b> | Robot Berbelok Ke Kanan.....                         | 74 |
| <b>Gambar 4. 41</b> | Kontrol Manual Bergerak Mundur pada Blynk.io.....    | 75 |
| <b>Gambar 4. 42</b> | Robot Bergerak Mundur .....                          | 75 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Tinjauan Pustaka .....                    | 6  |
| <b>Tabel 2. 2</b> Spesifikasi Aki GS .....                  | 10 |
| <b>Tabel 2. 3</b> Spesifikasi Arduino Mega 2560 .....       | 12 |
| <b>Tabel 2. 4</b> Spesifikasi FC-03 Encoder .....           | 19 |
| <b>Tabel 3. 1</b> Peralatan dari Robot AGV .....            | 26 |
| <b>Tabel 3. 2</b> Pinout Arduino .....                      | 27 |
| <b>Tabel 3. 3</b> Hasil Error .....                         | 47 |
| <b>Tabel 3. 4</b> Kode Unik RFID tiap Station .....         | 49 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Titik Koordinat Kp 1.5, Ki 6, Kd 5 .....  | 58 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Nilai AB dari Kp 1.5 Ki 6 Kd 5 .....      | 59 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Titik Koordinat Kp 1.75, Ki 6, Kd 5 ..... | 59 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Nilai AB dari Kp 1.75, Ki 6, Kd 5 .....   | 60 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Titik Koordinat Kp 2, Ki 6, Kd 5 .....    | 61 |
| <b>Tabel 4. 6</b> Nilai AB dari Kp 2, Ki 6, Kd 5 .....      | 61 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Titik Koordinat Kp 2.25, Ki 6, Kd 5 ..... | 62 |
| <b>Tabel 4. 8</b> Nilai AB dari Kp 2.25, Ki 6, Kd 5 .....   | 63 |
| <b>Tabel 4. 9</b> Data Waktu Station A ke B .....           | 65 |
| <b>Tabel 4. 10</b> Data Waktu Station A ke C .....          | 66 |
| <b>Tabel 4. 11</b> Data Waktu Station A ke D .....          | 67 |
| <b>Tabel 4. 12</b> Data Waktu Station B ke C .....          | 68 |
| <b>Tabel 4. 13</b> Data Waktu Station B ke D .....          | 69 |
| <b>Tabel 4. 13</b> Data Waktu Station B ke A .....          | 70 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| <b>Lampiran 1.</b> Program Arduino .....         | 79  |
| <b>Lampiran 2.</b> Program ESP32.....            | 109 |
| <b>Lampiran 3.</b> Datasheet Mikrokontroler..... | 120 |
| <b>Lampiran 4.</b> Sensor Infrared.....          | 122 |
| <b>Lampiran 5.</b> RFID .....                    | 124 |
| <b>Lampiran 6.</b> Sensor MPU.....               | 126 |
| <b>Lampiran 7.</b> ESP32Cam.....                 | 128 |
| <b>Lampiran 8.</b> Driver Motor.....             | 130 |
| <b>Lampiran 9.</b> Motor DC.....                 | 133 |
| <b>Lampiran 10.</b> Step Down .....              | 134 |
| <b>Lampiran 11.</b> Speed Sensor.....            | 135 |