

## DAFTAR ISI

|                                                 |                              |
|-------------------------------------------------|------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....              | ii                           |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR..... | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK.....                                    | iv                           |
| ABSTRACT .....                                  | v                            |
| KATA PENGANTAR .....                            | vi                           |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                        | vii                          |
| DAFTAR ISI.....                                 | viii                         |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | xi                           |
| DAFTAR TABEL .....                              | xiv                          |
| BAB I PENDAHULUAN .....                         | 1                            |
| 1.1 Latar Belakang .....                        | 1                            |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                     | 2                            |
| 1.3 Batasan Masalah .....                       | 2                            |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                     | 2                            |
| 1.5 Manfaat .....                               | 3                            |
| 1.6 Metodologi Penyelesaian Masalah .....       | 3                            |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....                 | 3                            |
| BAB II DASAR TEORI.....                         | 5                            |
| 2.1 <i>Automatic Guided Vehicle</i> .....       | 5                            |
| 2.2 <i>Microcontroller</i> .....                | 5                            |
| 2.3 Sensor.....                                 | 5                            |
| 2.3.1 Sensor Ultrasonik.....                    | 6                            |
| 2.3.2 <i>Rotary Encoder</i> .....               | 6                            |
| 2.4 <i>Driver Motor</i> .....                   | 6                            |
| 2.5 Motor DC .....                              | 7                            |
| 2.6 <i>Fuzzy Inference System</i> .....         | 8                            |

|           |                                                            |    |
|-----------|------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.1     | Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy Logic</i> .....       | 8  |
| 2.6.1.1   | Fungsi Segitiga .....                                      | 8  |
| 2.6.1.1   | Fungsi Trapesium .....                                     | 9  |
| 2.6.2     | Tahapan Kontrol <i>Fuzzy Logic</i> .....                   | 9  |
| 2.6.2.1   | Fuzzyfication .....                                        | 9  |
| 2.6.2.1.1 | Model Sugeno .....                                         | 10 |
| 2.6.2.1.2 | Model Mamdani .....                                        | 10 |
| 2.6.2.1   | Fuzzy Rule .....                                           | 10 |
| 2.6.2.2   | Defuzzyfication .....                                      | 10 |
| 2.7       | Kendali PID .....                                          | 10 |
| 2.7.1     | Kendali Proporsional .....                                 | 11 |
| 2.7.2     | Kendali Integral .....                                     | 11 |
| 2.7.3     | Kendali Derivatif .....                                    | 11 |
| BAB III   | PERANCANGAN SISTEM .....                                   | 12 |
| 3.1       | Perancangan Sistem .....                                   | 12 |
| 3.2       | Perancangan Mekanika <i>Automatic Guided Vehicle</i> ..... | 13 |
| 3.3       | Perancangan Sistem Minimum .....                           | 15 |
| 3.3.1     | Blok Sistem <i>Master</i> .....                            | 16 |
| 3.3.2     | Blok Sistem <i>Slave</i> .....                             | 17 |
| 3.4       | Perancangan Sistem Sensor Ultrasonik .....                 | 18 |
| 3.6       | Perancangan Aktuator .....                                 | 19 |
| 3.6.1     | <i>Driver</i> Motor DC .....                               | 19 |
| 3.6.2     | Motor DC .....                                             | 20 |
| 3.7       | Perancangan <i>Fuzzy Inference System</i> .....            | 20 |
| 3.7.1     | <i>Fuzzy Inference System</i> 1 .....                      | 20 |
| 3.7.1.1   | <i>Fuzzyfication</i> FIS-1 .....                           | 20 |
| 3.7.1.2   | <i>Rule Inference</i> FIS-1 .....                          | 23 |

|                                     |                                                                 |    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.7.1.3                             | <i>Defuzzyfication FIS-1</i> .....                              | 24 |
| 3.7.2                               | <i>Fuzzy Inference System 2</i> .....                           | 24 |
| 3.7.2.1                             | <i>Fuzzyfication FIS-2</i> .....                                | 25 |
| 3.7.2.2                             | <i>Rule Inference FIS-2</i> .....                               | 27 |
| 3.7.2.3                             | <i>Defuzzyfication FIS-2</i> .....                              | 28 |
| 3.8                                 | Perancangan Kendali PID .....                                   | 28 |
| BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS ..... |                                                                 | 29 |
| 4.1                                 | Pengujian Pembacaan Sensor Ultrasonik.....                      | 29 |
| 4.2                                 | Pengujian <i>Driver</i> Motor DC .....                          | 31 |
| 4.3                                 | Pengujian perubahan PWM dengan RPM .....                        | 33 |
| 4.4                                 | Pengujian Komunikasi Serial.....                                | 35 |
| 4.5                                 | Pengujian Pembacaan <i>Encoder</i> .....                        | 36 |
| 4.6                                 | Pengujian <i>Fuzzy Inference System 1</i> .....                 | 37 |
| 4.6                                 | Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID ..... | 43 |
| BAB V PENUTUP .....                 |                                                                 | 49 |
| 5.1                                 | Simpulan .....                                                  | 49 |
| 5.2                                 | Saran .....                                                     | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                |                                                                 | 51 |
| LAMPIRAN .....                      |                                                                 | 53 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Sensor Ultrasonik.....                                                          | 6  |
| <b>Gambar 2.2</b> Fungsi Keanggotaan Segitiga.....                                                | 8  |
| <b>Gambar 2.3</b> Fungsi Keanggotaan Trapesium.....                                               | 8  |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Blok Sistem.....                                                        | 12 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok Sistem <i>Slave</i> dan <i>Master</i> .....                        | 13 |
| <b>Gambar 3.3</b> <i>Automated Guided Vehicle</i> tampak depan.....                               | 14 |
| <b>Gambar 3.4</b> <i>Automated Guided Vehicle</i> tampak belakang.....                            | 14 |
| <b>Gambar 3.5</b> Tempat Penyimpanan Baterai <i>Accumulator</i> .....                             | 14 |
| <b>Gambar 3.6</b> <i>Pin Out</i> ATmega 128.....                                                  | 16 |
| <b>Gambar 3.7</b> Diagram Alir Sistem Minimum <i>Master</i> .....                                 | 17 |
| <b>Gambar 3.8</b> Diagram Alir Sistem Minimum <i>Slave</i> .....                                  | 18 |
| <b>Gambar 3.9</b> Sensor Ultrasonik pada <i>Automated Guided Vehicle</i> .....                    | 19 |
| <b>Gambar 3.10</b> Diagram Alir <i>Fuzzy Inference System 1</i> .....                             | 21 |
| <b>Gambar 3.11</b> Fungsi Keanggotaan Masukan Jarak <i>Automated Guided Vehicle</i> .....         | 22 |
| <b>Gambar 3.12</b> Fungsi Keanggotaan Masukan Kemiringan <i>Automated Guided Vehicle</i><br>..... | 22 |
| <b>Gambar 3.13</b> Fungsi Keanggotaan Keluaran Motor Kanan.....                                   | 23 |
| <b>Gambar 3.14</b> Fungsi Keanggotaan Keluaran Motor Kiri.....                                    | 23 |
| <b>Gambar 3.15</b> Diagram Alir <i>Fuzzy Inference System 2</i> .....                             | 25 |
| <b>Gambar 3.16</b> Fungsi Keanggotaan Masukan Galat Kecepatan Roda Kanan.....                     | 26 |
| <b>Gambar 3.17</b> Fungsi Keanggotaan Masukan Galat Kecepatan Roda Kiri.....                      | 26 |
| <b>Gambar 3.18</b> Fungsi Keanggotaan Keluaran Konstanta Proporsional.....                        | 26 |
| <b>Gambar 3.19</b> Fungsi Keanggotaan Keluaran Konstanta Integral.....                            | 27 |
| <b>Gambar 3.20</b> Fungsi Keanggotaan Keluaran Konstanta Derivatif.....                           | 27 |
| <b>Gambar 3.21</b> Diagram Blok Sistem PID.....                                                   | 28 |
| <b>Gambar 4.1</b> Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik.....                                          | 30 |
| <b>Gambar 4.2</b> Diagram Blok Pengujian Driver Motor DC.....                                     | 32 |
| <b>Gambar 4.3</b> Grafik Kecepatan Motor terhadap Tegangan Keluaran.....                          | 33 |
| <b>Gambar 4.4</b> Grafik PWM Motor Kiri terhadap RPM Roda Kiri.....                               | 34 |
| <b>Gambar 4.5</b> Grafik PWM Motor Kanan terhadap RPM Roda Kanan.....                             | 34 |
| <b>Gambar 4.6</b> Hasil Pengujian Komunikasi Serial Sistem Minimum Master.....                    | 35 |

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4.7</b> Hasil Pengujian Komunikasi Serial Sistem Minimum Slave.....                                                                                                                    | 36 |
| <b>Gambar 4.8</b> Hasil Simulasi Fuzzy Inference System 1 dengan Matlab.....                                                                                                                     | 38 |
| <b>Gambar 4.9</b> Hasil Simulasi Fuzzy Inference System 1 dengan Matlab.....                                                                                                                     | 38 |
| <b>Gambar 4.10</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-1.....                                                                                       | 39 |
| <b>Gambar 4.11</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-2.....                                                                                       | 39 |
| <b>Gambar 4.12</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-3.....                                                                                       | 40 |
| <b>Gambar 4.13</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-4.....                                                                                       | 40 |
| <b>Gambar 4.14</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-5.....                                                                                       | 41 |
| <b>Gambar 4.15</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-6.....                                                                                       | 41 |
| <b>Gambar 4.16</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-7.....                                                                                       | 42 |
| <b>Gambar 4.17</b> Grafik Kecepatan Roda Kanan dan Kiri Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 1 ke-8.....                                                                                       | 42 |
| <b>Gambar 4.18</b> Grafik Parameter Kp, Ki, dan Kd Hasil Pengujian Fuzzy Inference System 2 dan Kendali PID dalam kondisi tidak ada beban.....                                                   | 43 |
| <b>Gambar 4.19</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kanan Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID tanpa menggunakan beban.....              | 44 |
| <b>Gambar 4.20</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kiri Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID tanpa menggunakan beban.....               | 44 |
| <b>Gambar 4.21</b> Grafik Parameter Kp, Ki, dan Kd Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban 70 kg.....                                    | 45 |
| <b>Gambar 4.22</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kiri Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban 70 kg..... | 45 |

|                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4.23</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kanan Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban sebesar 70 kg.....  | 46 |
| <b>Gambar 4.24</b> Grafik Parameter Kp, Ki, dan Kd Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban 70 kg.....                                              | 46 |
| <b>Gambar 4.25</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kiri Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban 150 kg.....          | 47 |
| <b>Gambar 4.26</b> Grafik Kecepatan Keluaran Kendali PID terhadap set point Roda Kanan Hasil Pengujian <i>Fuzzy Inference System 2</i> dan Kendali PID dalam kondisi menggunakan beban sebesar 150 kg..... | 47 |