

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| LAPORAN PROYEK AKHIR .....             | i    |
| LAPORAN PROYEK AKHIR .....             | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                | iii  |
| PERNYATAAN.....                        | iv   |
| MOTTO .....                            | v    |
| PERSEMBAHAN .....                      | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                   | vii  |
| DAFTAR ISI.....                        | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....                    | xi   |
| DAFTAR TABEL.....                      | xiii |
| INTISARI.....                          | xv   |
| ABSTRACT.....                          | xvi  |
| BAB I .....                            | 2    |
| A. Latar Belakang .....                | 2    |
| B. Tujuan dan Maksud.....              | 2    |
| C. Rumusan Masalah .....               | 2    |
| D. Batasan Masalah.....                | 3    |
| E. Metodologi .....                    | 3    |
| F. Sistematika Penulisan .....         | 5    |
| BAB II.....                            | 7    |
| A. <i>Omni Wheel Directional</i> ..... | 7    |
| B. <i>RotaryEncoder</i> .....          | 9    |
| C. <i>Optocoupler</i> .....            | 15   |

|   |    |
|---|----|
| D. Kinematika <i>Four Omni Wheel Directional Robot</i> .....  | 16 |
| E. Odometry .....   | 19 |
| F. Kendali PID.....   | 21 |
| G. Motor DC .....   | 24 |
| H. Arduino Due.....   | 26 |
| I. Sensor Kompas HMC5883L .....   | 28 |
| J. Sensor MPU6050 .....   | 30 |
| K. Voltage Regulator .....  | 32 |
| L. Arduino IDE.....   | 33 |
| BAB III .....   | 39 |
| A. Rancangan Perangkat Keras.....   | 39 |
| B. Rancangan Perangkat Lunak.....   | 47 |
| C. Rancangan Sistem Secara Keseluruhan .....  | 52 |
| BAB IV .....  | 55 |
| A. Pengujian Fungsional .....   | 56 |
| B. Pengujian PID dalam Sistem Navigasi <i>Four Wheel Omni Directional Robot</i> dengan Metode <i>Odometry</i> ..... | 73 |
| BAB V.....  | 56 |
| A. Kesimpulan .....   | 56 |
| B. Saran.....   | 82 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 82 |
| LAMPIRAN  |    |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian .....                                      | 4  |
| Gambar 2.1 Roda Omni <i>Wheel</i> .....  | 7  |
| Gambar 2.2 Sistem Penggerak Holonomic <i>Four Wheel</i> Omni Directional .....         | 8  |
| Gambar 2.3 Sistem Penggerak Differensial Robot .....                                   | 8  |
| Gambar 2.4 <i>RotaryEncoder</i> .....  | 9  |
| Gambar 2.5 Cara Kerja <i>RotaryEncoder</i> .....                                       | 10 |
| Gambar 2.6 Contoh Susunan Pola 16 Cincin Absolute <i>Encoder</i> .....                 | 11 |
| Gambar 2.7 Dua Buah Sinyal Keluaran Incremental <i>RotaryEncoder</i> .....             | 13 |
| Gambar 2.8 Optical Incremental Shaft <i>Encoder</i> .....                              | 14 |
| Gambar 2.9 Susunan Lubang Piringan Incremental <i>RotaryEncoder</i> .....              | 15 |
| Gambar 2.10 Susunan <i>Optocoupler</i> .....   | 15 |
| Gambar 2.11 Konfigurasi <i>Four Wheel Omni Directional Robot</i> .....                 | 16 |
| Gambar 2.12 Sistem <i>Odometry</i> pada Robot <i>Four Wheel Omni Directional</i> ..... | 19 |
| Gambar 2.13 Sistem Perubahan Koordinat dan Orientasi pada <i>Odometry</i> .....        | 20 |
| Gambar 2.14 Implementasi Kendali PID Menggunakan Op-amp .....                          | 21 |
| Gambar 2.15 Diagram Blok Sistem Kendali PID .....                                      | 22 |
| Gambar 2.16 Simbol dan Bentuk Fisik Motor DC .....                                     | 25 |
| Gambar 2.17 Kaidah Tangan kiri .....   | 25 |
| Gambar 2.18 Arduino Due .....  | 27 |
| Gambar 2.19 Bentuk Fisik Sensor Kompas HMC5883L .....                                  | 28 |
| Gambar 2.20 Bentuk Fisik Sensor MPU6050 .....  | 30 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.21 Contoh Fisik IC Regulator .....                                      | 32 |
| Gambar 2.22 Halaman Utama Arduino IDE .....                                      | 34 |
| Gambar 3.1 Rancangan Perangkat Keras .....                                       | 36 |
| Gambar 3.2 <i>Frame Body Diagram Four Wheel Omni Directional (Top)</i> .....     | 37 |
| Gambar 3.3 <i>Frame Body Diagram Four Wheel Omni Directional (Bottom)</i> .....  | 38 |
| Gambar 3.4 Perancangan <i>RotaryBaseWheel</i> .....                              | 44 |
| Gambar 3.5 Perancangan <i>RotaryFreeWheel</i> .....                              | 42 |
| Gambar 3.6 Konfigurasi <i>Encoder</i> pada <i>Rotary Free Wheel</i> .....        | 42 |
| Gambar 3.7 Sistem Elektronis Secara Keseluruhan .....                            | 44 |
| Gambar 3.8 Sistem Elektronis Sistem Minimum .....                                | 45 |
| Gambar 3.9 Rangkaian <i>Driver Motor</i> .....                                   | 47 |
| Gambar 3.10 Diagram Block Kendali <i>Four Wheel Omni Directional Robot</i> ..... | 49 |
| Gambar 3.11 Diagram Alur <i>Set Mode</i> .....                                   | 51 |
| Gambar 3.12 Diagram Alur <i>Run Mode</i> .....                                   | 52 |
| Gambar 3.13 Gambaran Sistem Secara Keseluruhan .....                             | 53 |
| Gambar 4.1 Perbandingan Pengukuran Kecepatan pada Motor 1 dan Motor 2 .....      | 58 |
| Gambar 4.2 Perbandingan Pengukuran Kecepatan pada Motor 3 dan Motor 4 .....      | 59 |
| Gambar 4.3 Grafik Perubahan Kecepatan Motor 1 Terhadap Nilai PWM .....           | 63 |
| Gambar 4.4 Grafik Perubahan Kecepatan Motor 2 dengan Nilai PWM .....             | 64 |
| Gambar 4.5 Grafik Perubahan Kecepatan Motor 3 dengan Nilai PWM .....             | 66 |
| Gambar 4.6 Grafik Perubahan Kecepatan Motor 4 dengan Nilai PWM .....             | 67 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Diagram Keluaran Absolute <i>Encoder</i> 4 Bit .....                    | 12 |
| Tabel 2.2 Keterangan Konfigurasi Four <i>Wheel</i> Omni Directional Robot .....   | 17 |
| Tabel 2.3 Efek Perubahan Konstanta PID .....                                      | 24 |
| Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Due .....   | 27 |
| Tabel 2.5 Data Pembacaan Nilai Mata Angin Sensor Kompas HMC5883L .....            | 29 |
| Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor Kompas HMC5883L .....                                | 29 |
| Tabel 2.9 Spesifikasi Sensor MPU6050 .....  | 31 |
| Tabel 2.10 Simbol Halaman Utama Arduino IDE .....                                 | 35 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Frame</i> Four <i>Wheel</i> Omni Directional Robot ..... | 38 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Motor DC .....  | 39 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi <i>BaseWheel</i> .....                                      | 39 |
| Tabel 3.4 Spesifikasi <i>FreeWheel</i> .....                                      | 40 |
| Tabel 3.5 Spesifikasi <i>RotaryEncoder</i> .....                                  | 43 |
| Tabel 3.6 Keterangan Sistem Minimum .....   | 45 |
| Tabel 3.7 Keterangan <i>Board Driver Motor</i> .....                              | 46 |
| Tabel 4.1 Pengujian Motor DC .....  | 56 |
| Tabel 4.2 Pengujian <i>Optocoupler</i> sebagai Sensor Kecepatan .....             | 57 |
| Tabel 4.3 Analisa Pengujian <i>Optocoupler</i> sebagai Sensor Kecepatan .....     | 58 |
| Tabel 4.4 Pengujian <i>RotaryEncoder</i> sebagai Koordinat X .....                | 60 |
| Tabel 4.5 Pengujian <i>RotaryEncoder</i> sebagai Koordinat Y .....                | 61 |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.6 Pengujian Motor 1 dengan Beban .....                         | 62 |
| Tabel 4.7 Pengujian Motor 2 dengan Beban .....                         | 64 |
| Tabel 4.8 Pengujian Motor 3 dengan Beban .....                         | 65 |
| Tabel 4.9 Pengujian Motor 4 dengan Beban .....                         | 67 |
| Tabel 4.10 Kestabilan Kecepatan Motor tanpa Kendali PID .....          | 69 |
| Tabel 4.11 Grafik Respon Kendali P pada Motor 1 dan Motor 2 .....      | 70 |
| Tabel 4.12 Grafik Respon Kendali P pada Motor 3 dan Motor 4 .....      | 71 |
| Tabel 4.13 Respon Kendali PID pada Kecepatan Motor 1 dan Motor 2 ..... | 72 |
| Tabel 4.14 Respon Kendali PID pada Kecepatan Motor 3 dan Motor 4 ..... | 72 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian <i>Trajectory</i> Persegi.....              | 74 |
| Tabel 4.16 Hasil Pengujian <i>Trajectory</i> Persegi Panjang .....     | 76 |
| Tabel 4.17 Hasil Pengujian <i>Trajectory</i> Segitiga Sama Kaki.....   | 78 |
| Tabel 4.18 Hasil Pengujian <i>Trajectory</i> Segitiga Sama Sisi .....  | 79 |