



DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LAPORAN PROYEK AKHIR..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| INTISARI | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Proyek Akhir..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Proyek Akhir..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Studi Pustaka..... | 6 |
| 2.1.1 <i>Synchronization of Electrical Drives via EtherCAT Fieldbus Communication Modules</i> | 6 |
| 2.1.2 <i>Multiple Linear Guide Actuator (LGA) Controller Based on Modbus RTU..</i> | 6 |
| 2.1.3 <i>PID Controller Based Multiple (Master/slaves) Permanent Magnet Synchronous Motors Speed Control</i> | 7 |



| | | |
|----------------------------------|---|----|
| 2.1.4 | <i>Sliding-Mode Control-Based Adaptive PID Control with Compensation Controller for Motion Synchronization of Dual Servo System</i> | 7 |
| 2.1.5 | Aplikasi Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> (IMU) Untuk Memperbaiki Gerak Berjalan Lurus Pada Robot <i>Quadruped</i> | 8 |
| 2.2 | Dasar Teori..... | 8 |
| 2.2.1 | <i>Proportional Integral Derivative</i> | 8 |
| 2.2.2 | <i>Inertial Measurement Unit</i> | 12 |
| 2.2.3 | Komunikasi Data..... | 14 |
| 2.2.4 | EtherCAT | 15 |
| 2.2.5 | <i>Programmable Logic Controller</i> | 17 |
| 2.2.6 | <i>Servo drive</i> | 20 |
| 2.2.7 | Stepper Motor | 22 |
| 2.2.8 | <i>Linear Guide Actuator</i> | 23 |
| 2.2.9 | IMU MPU6050..... | 25 |
| 2.2.10 | Perangkat Lunak CODESYS..... | 26 |
| 2.2.11 | Arduino..... | 27 |
| 2.3 | Hipotesis | 28 |
| BAB III METODE PROYEK AKHIR..... | | 29 |
| 3.1 | Bahan | 29 |
| 3.2 | Peralatan..... | 29 |
| 3.2.1 | Stepper Motor | 29 |
| 3.2.2 | Gear Box..... | 30 |
| 3.2.3 | <i>Linear Guide Actuator</i> | 30 |
| 3.2.4 | <i>Power Supply Unit</i> | 31 |
| 3.2.5 | <i>Servo drive</i> | 32 |
| 3.2.7 | Module PLC CPX-E-CEC-M1 | 33 |



| | | |
|----------------------------------|--|----|
| 3.3 | Tahapan Proyek Akhir | 34 |
| 3.3.1 | Studi Lapangan | 34 |
| 3.3.2 | Menentukan Judul | 35 |
| 3.3.3 | Studi Literatur | 35 |
| 3.3.4 | Konsultasi Judul | 35 |
| 3.3.5 | Perancangan Alat dan Bahan | 35 |
| 3.3.6 | Perancangan Perangkat Keras | 35 |
| 3.3.7 | Perancangan Perangkat Lunak | 35 |
| 3.3.8 | Pengujian Sistem | 36 |
| 3.4 | Waktu dan Tempat Penelitian..... | 36 |
| 3.4.1 | Pengambilan Data..... | 36 |
| 3.4.2 | Penyusunan Laporan | 36 |
| 3.5 | Perancangan Alat | 36 |
| 3.5.1 | Rancangan Mekanik | 36 |
| 3.5.2 | Rancangan Elektrik..... | 37 |
| 3.5.3 | Perancangan Perangkat Lunak | 39 |
| 3.6 | Analisis Data..... | 42 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 44 |
| 4.1 | Pengaruh Perubahan Nilai Parameter K_p K_i K_d pada Axis X2..... | 44 |
| 4.1.1 | Analisis Respon Sistem <i>Closed loop</i> | 44 |
| 4.1.2 | Analisis Respon Sistem <i>Open loop</i> | 46 |
| 4.2 | Pengaruh Respon Sistem Saat Alat Dioperasikan dengan Berbagai Nilai Posisi. 47 | |
| 4.2.1 | Analisis Respon Sistem <i>Closed loop</i> | 48 |
| 4.2.2 | Analisis Respon Sistem <i>Open loop</i> | 49 |
| 4.3 | Pengaruh Respon Sistem Saat Alat Dioperasikan dengan Perubahan Kecepatan Axis X2 | 51 |



| | | |
|----------------------|---|----|
| 4.3.1 | Analisis Respon Sistem <i>Closed loop</i> | 51 |
| 4.3.2 | Analisis Respon Sistem <i>Open loop</i> | 52 |
| 4.3.3 | Pembacaan Sensor IMU Pada Saat Alat Dioperasikan | 54 |
| 4.4 | Pengaruh Respon Sistem Saat Dioperasikan dengan Perubahan Percepatan Axis X2 | 55 |
| 4.4.1 | Analisis Respon Sistem <i>Closed loop</i> | 55 |
| 4.4.2 | Analisis Respon Sistem <i>Open loop</i> | 56 |
| 4.4.3 | Pembacaan Sensor IMU Pada Saat Alat Dioperasikan | 58 |
| BAB V PENUTUP | | 60 |
| 5.1 | Kesimpulan | 60 |
| 5.2 | Saran | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 61 |
| LAMPIRAN | | 63 |