

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR SINGKATAN | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 6 |
| 2.2 Dasar Teori | 8 |
| 2.2.1 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) | 8 |
| 2.2.2 Quadrotor | 11 |
| 2.2.3 Frame F450 | 12 |
| 2.2.4 Flight Controller | 13 |
| 2.2.5 Inertial Measurement Unit (IMU) GY88-A | 14 |
| 2.2.6 Electronic Speed Controller (ESC) | 17 |

| | | |
|------------------------------------|--|-----------|
| 2.2.7 | Telemetry 433MHz | 18 |
| 2.2.8 | Propeller | 19 |
| 2.2.9 | Mikrokontroler ATmega328P | 20 |
| 2.2.10 | Kendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID) | 23 |
| 2.2.11 | Attitude Quadrotor | 27 |
| 2.2.12 | Pemodelan kinematika quadrotor | 28 |
| 2.3 | Open Source Flight Control System | 32 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | | 35 |
| 3.1 | Tahapan Penelitian | 35 |
| 3.2 | Bahan dan Perangkat Penelitian | 38 |
| 3.2.1 | Perangkat Keras | 38 |
| 3.2.2 | Perangkat Lunak | 38 |
| 3.2.3 | Bahan | 39 |
| 3.3 | Perancangan Sistem | 39 |
| 3.4 | Perancangan Perangkat Keras | 40 |
| 3.4.1 | Perancangan Desain Elektronik Flight Controller | 40 |
| 3.4.2 | Desain PCB Flight Controller Versi Pertama | 42 |
| 3.4.3 | Desain PCB Flight Controller Versi Kedua | 42 |
| 3.4.4 | Desain PCB Flight Controller Versi Ketiga | 45 |
| 3.4.5 | Sistem Elektronik Quadrotor | 47 |
| 3.4.6 | Perancangan Mekanik | 49 |
| 3.5 | Perancangan Perangkat Lunak | 55 |
| 3.5.1 | Perancangan Fitur Data Logging pada MultiWii | 55 |
| 3.5.2 | Implementasi Fitur Data Logging pada MultiWii | 56 |
| 3.5.3 | Perancangan Kendali PID Attitude Quadrotor | 58 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | | 63 |
| 4.1 | Tahapan Pengujian dan Pengambilan Data | 63 |
| 4.2 | Pengujian Fungsional Desain Elektronik | 64 |
| 4.2.1 | PCB Flight Controller Versi Pertama | 64 |
| 4.2.2 | PCB Flight Controller Versi Kedua | 64 |
| 4.2.3 | PCB Flight Controller Versi Ketiga | 64 |
| 4.2.4 | Pengujian Logging Data IMU | 65 |
| 4.2.5 | Pengujian Akuisisi Data pada Sensor IMU | 66 |
| 4.2.6 | Pengujian Akuisisi Data GPS | 67 |
| 4.2.7 | Pengujian Pembacaan GPS | 68 |
| 4.2.8 | Pengujian Kesetabilan Attitude Satu Sumbu pada Rig Pengujian | 70 |

| | | |
|-----------------------|--|-----------|
| 4.2.9 | Pengujian Kesetabilan Attitude Roll Pitch pada Rig Pengujian . . . | 72 |
| 4.2.10 | Pengujian Terbang Quadrotor | 76 |
| BAB 5 | PENUTUP | 78 |
| 5.1 | Kesimpulan | 78 |
| 5.2 | Saran | 78 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 79 |
| LAMPIRAN | | 82 |
| 0.1 | Kode Konfigurasi MultiWii | 82 |
| 0.2 | Kode Analisis Respon Sistem Pada MATLAB | 87 |
| 0.3 | Desain Elektronik Flight Controller | 94 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | <i>Fixed wing</i> UAV | 9 |
| 2.2 | <i>Rotary wing</i> UAV | 10 |
| 2.3 | Penggerak UAV <i>electric motor</i> | 10 |
| 2.4 | Penggerak UAV <i>combustion engine</i> | 11 |
| 2.5 | Drone dengan konfigurasi quadrotor | 12 |
| 2.6 | Frame quadrotor F450 yang telah dipasang motor <i>brushless</i> dan perangkat elektronik | 12 |
| 2.7 | Dimensi mekanik <i>frame</i> | 13 |
| 2.8 | Ragam <i>flight controller</i> komersial: (a) SpeedyBee V3 F7; (b) Skystars F405; (c) MATEK F450 MiniTE; (d) APM 2.5 | 14 |
| 2.9 | <i>Inertial Measurement Unit (IMU) GY-88</i> | 15 |
| 2.10 | Bagian-bagian <i>gyroscope</i> mekanik | 15 |
| 2.11 | <i>Magnetometer</i> mekanik | 17 |
| 2.12 | Electronic Speed Controller (ESC) | 18 |
| 2.13 | <i>Telemetry</i> 433MHz | 18 |
| 2.14 | <i>Propeller</i> ukuran 1045 | 20 |
| 2.15 | IC ATmega328P-AU | 21 |
| 2.16 | IC ATmega328P-PU | 21 |
| 2.17 | Blok Diagram Kendali Proporsional | 24 |
| 2.18 | Blok Diagram Kendali Integral | 25 |
| 2.19 | Blok Diagram Kendali Derivatif | 26 |
| 2.20 | Ilustrasi manuver <i>attitude</i> quadrotor | 27 |
| 2.21 | Diagram gerak <i>roll</i> | 28 |
| 2.22 | Diagram gerak <i>pitch</i> | 29 |
| 2.23 | Diagram gerak <i>pitch</i> | 30 |
| 2.24 | Antar muka program multiWii | 32 |
| 2.25 | Pengembangan <i>firmware flight controller</i> | 34 |
| 3.1 | Diagram alir tahapan penelitian | 37 |
| 3.2 | Diagram blok sistem | 40 |
| 3.3 | Diagram konsep elektronik <i>flight controller</i> | 41 |
| 3.4 | Desain PCB versi pertama: (a) desain <i>layout</i> PCB; (b) 3D <i>model</i> PCB | 43 |
| 3.5 | Desain PCB versi kedua: (a) desain <i>layout</i> PCB; (b) 3D <i>model</i> PCB | 44 |
| 3.6 | Desain PCB versi ketiga: (a) desain <i>layout</i> PCB; (b) 3D <i>model</i> PCB | 46 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.7 | Diagram koneksi sistem <i>flight controller</i> pada perangkat elektronik <i>telemetry</i> , <i>GPS module</i> , <i>ESC</i> , dan <i>RC receiver</i> | 48 |
| 3.8 | Hasil perakitan <i>flight controller</i> ke <i>frame F450 quadrotor</i> | 49 |
| 3.9 | Diagram perancangan mekanik sistem <i>quadrotor</i> | 51 |
| 3.10 | Penampilan keseluruhan <i>rig</i> pengujian | 52 |
| 3.11 | Dimensi bagian penyangga <i>rig</i> pengujian | 53 |
| 3.12 | Dimensi <i>rig</i> pengujian ditinjau dari bagian atas, samping, dan bawah | 54 |
| 3.13 | Diagram alir program <i>logging data</i> sensor IMU dan GPS | 55 |
| 3.14 | Hasil implementasi fitur <i>logging</i> pada GUI MultiWii: (a) sebelum implemetansi fitur <i>logging</i> (b) sesudah implementasi fitur <i>logging</i> | 57 |
| 3.15 | Hasil <i>file text logging data</i> IMU dan GPS | 57 |
| 3.16 | Kendali PID gerakan <i>quadcopter</i> pada sumbu <i>roll</i> | 58 |
| 3.17 | Kendali PID gerakan <i>quadcopter</i> pada sumbu <i>pitch</i> | 59 |
| 3.18 | Kendali PID gerakan <i>quadcopter</i> pada sumbu <i>yaw</i> | 60 |
| 3.19 | Diagram blok kendali PID untuk manipulasi <i>attitude quadrotor</i> | 62 |
| 4.1 | Pengujian data sumbu <i>roll</i> | 66 |
| 4.2 | Pembacaan data sumbu <i>pitch</i> | 67 |
| 4.3 | Pembacaan data sumbu <i>yaw</i> sistem | 67 |
| 4.4 | Tangkapan layar perangkat lunak MultiWii pada pengujian GPS | 69 |
| 4.5 | Tangkapan layar google maps dengan data koordinat GPS dari MultiWii | 69 |
| 4.6 | Hasil respons sistem pada penalaan PID sumbu <i>roll</i> | 70 |
| 4.7 | Hasil respons sistem pada penalaan PID sumbu <i>pitch</i> | 71 |
| 4.8 | Respons sistem dari pengujian <i>tuning</i> pertama | 72 |
| 4.9 | Respons sistem dari pengujian <i>tuning</i> kedua | 73 |
| 4.10 | Respons sistem dari pengujian <i>tuning</i> ketiga | 74 |
| 4.11 | Respons sistem dari pengujian <i>tuning</i> keempat | 75 |
| 4.12 | Respons sistem dari pengujian <i>tuning</i> kelima | 76 |
| 4.13 | Hasil respons <i>quadrotor</i> pada pengujian terbang | 77 |
| .1 | Skematik <i>flight controller</i> pada PCB <i>flight controller</i> versi pertama | 95 |
| .2 | Skematik <i>flight controller</i> pada PCB <i>flight controller</i> desain versi kedua | 96 |
| .3 | Skematik GPS module pada PCB <i>flight controller</i> desain versi kedua | 97 |
| .4 | Skematik <i>flight controller</i> module pada PCB <i>flight controller</i> desain versi ketiga | 98 |
| .5 | Skematik GPS module pada PCB <i>flight controller</i> desain versi ketiga | 99 |
| .6 | Model tiga dimensi dari PCB <i>flight controller</i> desain versi pertama | 100 |
| .7 | Model tiga dimensi dari PCB <i>flight controller</i> desain versi kedua | 101 |
| .8 | Model tiga dimensi dari PCB <i>flight controller</i> desain versi ketiga | 102 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Spesifikasi <i>Telemetry</i> 433MHz | 19 |
| 2.2 | Port IC ATmega328P dan Fungsi <i>port</i> | 22 |
| 2.3 | Pengaruh <i>tuning</i> PID terhadap sistem | 26 |
| 3.1 | Daftar perangkat keras yang digunakan dalam penelitian | 38 |
| 3.2 | Daftar perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian | 38 |
| 3.3 | Port IC ATmega328P dan fungsi port | 39 |
| 3.4 | Koneksi <i>chip flight controller</i> versi pertama dengan perangkat elektronik <i>quadrotor</i> | 42 |
| 3.5 | Koneksi <i>chip flight controller</i> versi kedua dengan perangkat elektronik <i>quadrotor</i> | 45 |
| 3.6 | Koneksi <i>chip flight controller</i> versi ketiga dengan perangkat elektronik <i>quadrotor</i> | 47 |
| 4.1 | Pengujian fungsional desain PCB | 65 |
| 4.2 | Hasil <i>data logging</i> sensor IMU | 65 |
| 4.3 | Hasil <i>data logging</i> GPS | 68 |
| 4.4 | Parameter PID dan performansi sistem pada sumbu <i>roll</i> | 70 |
| 4.5 | Parameter PID dan performansi sistem pada sumbu <i>pitch</i> | 71 |
| 4.6 | Parameter PID <i>roll,pitch</i> dan <i>yaw</i> untuk pengujian pertama | 72 |
| 4.7 | Parameter PID <i>roll,pitch</i> dan <i>yaw</i> untuk pengujian kedua | 73 |
| 4.8 | Parameter PID <i>roll,pitch</i> dan <i>yaw</i> untuk pengujian ketiga | 74 |
| 4.9 | Parameter PID <i>roll,pitch</i> dan <i>yaw</i> untuk pengujian keempat | 74 |
| 4.10 | Parameter PID <i>roll,pitch</i> dan <i>yaw</i> untuk pengujian kelima | 75 |
| 4.11 | Parameter PID dan Performa penalaan quadcopter untuk uji terbang | 76 |