



## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN   | ii   |
| PERNYATAAN   | iii  |
| HALAMAN MOTTO  | iv   |
| KATA PENGANTAR   | v    |
| DAFTAR ISI   | vii  |
| DAFTAR GAMBAR  | ix   |
| DAFTAR TABEL   | xi   |
| INTISARI   | xii  |
| ABSTRACT   | xiii |
| <br>   |      |
| BAB I PENDAHULUAN  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang   | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah  | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah  | 2    |
| 1.4 Tujuan Penelitian  | 3    |
| 1.5 Manfaat Penelitian   | 3    |
| 1.6 Metodologi Penelitian  | 3    |
| 1.7 Sistematika Penulisan  | 4    |
| <br>   |      |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA  | 6    |
| <br>   |      |
| BAB III LANDASAN TEORI   | 9    |
| 3.1 Sistem Gerak Pesawat   | 9    |
| 3.1.1 Kecepatan terbang relatif terhadap udara ( <i>Airspeed</i> )       | 10   |
| 3.2 Pesawat Tanpa Awak   | 11   |
| 3.3 ADAHRS ( <i>Air Data, Attitude, and Heading Reference System</i> )   | 11   |
| 3.4 Sensor Perbedaan Tekanan Udara MPXV5004DP dengan <i>Pitot Tube</i>   | 12   |
| 3.5 <i>PID Controller</i>  | 13   |
| 3.6 Kriteria Kestabilan <i>Routh-Hurwitz</i>                             | 14   |
| 3.7 Metode Penalaan <i>Ziegler-Nichols</i>                               | 15   |
| <br>   |      |
| BAB IV PERANCANGAN SISTEM  | 17   |
| 4.1 Analisis Sistem  | 17   |
| 4.2 Perancangan Simulasi Sistem  | 22   |
| 4.3 Rancangan Sistem Kendali   | 24   |
| 4.4 <i>PID Controller</i>  | 25   |
| 4.5 Kriteria Kestabilan <i>Routh-Hurwitz</i>                             | 26   |
| 4.6 Rancangan Arsitektur Sistem  | 28   |
| 4.7 Rancangan Perangkat Keras  | 29   |
| 4.7.1 Pesawat model  | 29   |
| 4.7.2 Pengendali jarak jauh ( <i>Remote Control</i> )                    | 30   |
| 4.7.3 ADAHRS ( <i>Air Data, Attitude, and Heading Reference System</i> ) | 31   |
| 4.7.4 Aktuator   | 33   |
| 4.8 Rancangan Perangkat Lunak  | 33   |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.8.1 Simulasi menggunakan MATLAB   | 33        |
| 4.8.2 Rancangan perangkat lunak sistem secara keseluruhan   | 34        |
| 4.8.3 Pengukuran kecepatan aliran udara ( <i>Airspeed</i> )   | 36        |
| 4.8.4 Sistem kendali PID  | 36        |
| 4.9 Rencana Pengujian   | 37        |
| 4.9.1 Pengujian rancangan PID menggunakan MATLAB  | 38        |
| 4.9.2 Pengujian sistem kendali kecepatan terbang ( <i>Airspeed</i> )                                  | 38        |
| 4.9.3 Pengujian variasi <i>setpoint</i> pada sistem kendali kecepatan terbang ( <i>Airspeed</i> )     | 38        |
| <b>BAB V IMPLEMENTASI SISTEM</b>  | <b>40</b> |
| 5.1 Simulasi menggunakan MATLAB   | 40        |
| 5.2 Implementasi Perangkat Keras  | 41        |
| 5.2.1 Implementasi pesawat model  | 41        |
| 5.2.2 Implementasi modul ADAHRS, <i>Pitot tube</i> , dan modul <i>Radio Telemetry</i>                 | 41        |
| 5.2.3 Implementasi motor <i>brushless</i>   | 43        |
| 5.3 Implementasi dan Pengujian Sistem Kendali Kecepatan Terbang ( <i>Airspeed</i> )                   | 44        |
| 5.3.1 Implementasi sistem kendali kecepatan terbang ( <i>Airspeed</i> )                               | 50        |
| 5.3.2 Pengujian variasi <i>setpoint</i> pada sistem kendali kecepatan terbang ( <i>Airspeed</i> )     | 52        |
| <b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN</b>  | <b>53</b> |
| 6.1 Hasil Pengujian Sistem Kendali PID Menggunakan MATLAB   | 53        |
| 6.2 Hasil Pengujian Sistem Kendali Kecepatan Terbang ( <i>Airspeed</i> )                              | 54        |
| 6.3 Hasil Pengujian Variasi <i>Setpoint</i> pada Sistem Kendali Kecepatan Terbang ( <i>Airspeed</i> ) | 57        |
| <b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>   | <b>58</b> |
| 7.1 Kesimpulan  | 58        |
| 7.2 Saran   | 58        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   | <b>60</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>   | <b>62</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.1  | Sistem gerak pesawat (Yuliyanto, 2012)   | 9  |
| Gambar 3.2  | Blok diagram arsitektur ADAHRS (Pratama, 2013)   | 12 |
| Gambar 3.3  | Sensor perbedaan tekanan udara MPXV5004DP<br>(Anonim,2009)   | 13 |
| Gambar 3.4  | Pemasangan <i>Pitot tube</i> pada MPXV5004DP (Anonim, 2015)  | 13 |
| Gambar 3.5  | Penalaan <i>Ziegler Nichols First Method</i> (Ogata, 2010)   | 15 |
| Gambar 3.6  | Penalaan <i>Ziegler Nichols</i> metode osilasi (Ogata, 2010)   | 16 |
| Gambar 4.1  | Diagram proses penelitian  | 19 |
| Gambar 4.2  | Grafik variasi nilai PWM sebagai <i>input</i> ( $u_1$ ) dan <i>airspeed</i><br>sebagai <i>output</i> ( $y_1$ ) | 20 |
| Gambar 4.3  | Grafik variasi <i>airspeed</i> dan ketinggian terbang pesawat UAV  | 21 |
| Gambar 4.4  | Grafik variasi <i>airspeed</i> dan ketinggian terbang pesawat UAV  | 21 |
| Gambar 4.5  | Diagram blok sistem kendali kecepatan terbang ( <i>airspeed</i> )  | 22 |
| Gambar 4.6  | Diagram blok sistem kendali kecepatan terbang ( <i>airspeed</i> )  | 23 |
| Gambar 4.7  | Diagram blok sistem kendali <i>airspeed</i>  | 25 |
| Gambar 4.8  | <i>Unity feedback</i> (Dorf dan Bishop, 2010)  | 25 |
| Gambar 4.9  | Diagram blok sistem kendali <i>airspeed</i> dengan PID <i>controller</i>                                       | 25 |
| Gambar 4.10 | Diagram blok arsitektur sistem   | 28 |
| Gambar 4.11 | Pesawat RC <i>Bixler</i> (Anonim, 2011)  | 30 |
| Gambar 4.12 | <i>Transmitter</i> JR XG8 dan <i>receiver</i> 8 <i>channel</i> yang digunakan                                  | 30 |
| Gambar 4.13 | Skema koneksi <i>channel</i> pada <i>receiver</i> dengan mikrokontroler<br>Arduino Due                         | 31 |
| Gambar 4.14 | Modul ADAHRS (Pratama, 2013)   | 31 |
| Gambar 4.15 | Diagram alir simulasi menggunakan MATLAB   | 34 |
| Gambar 4.16 | Diagram alir sistem secara keseluruhan   | 35 |
| Gambar 4.17 | Diagram alir pembacaan sensor MPXV5004DP dan<br><i>Smoothing</i> data ADC (Pratama, 2013)                      | 36 |
| Gambar 4.18 | Diagram alir sistem kendali PID  | 37 |
| Gambar 5.1  | Kode program simulasi menggunakan MATLAB   | 40 |
| Gambar 5.2  | Implementasi pesawat model <i>Bixler</i>   | 41 |
| Gambar 5.3  | Implementasi modul ADAHRS pada pesawat   | 42 |
| Gambar 5.4  | Implementasi <i>Pitot tube</i> dan sensor MPXV5004DP   | 42 |
| Gambar 5.5  | Implementasi modul <i>Radio Telemetry</i>  | 43 |
| Gambar 5.6  | Implementasi Motor <i>Brushless</i> pada pesawat   | 43 |
| Gambar 5.7  | Kode program penggunaan <i>library</i>   | 44 |
| Gambar 5.8  | Deklarasi variabel sensor MPXV5004DP (Pratama, 2013)   | 46 |
| Gambar 5.9  | Kode subprogram sensor MPXV5004DP (Pratama, 2013)  | 47 |
| Gambar 5.10 | Kode program fungsi hitung <i>AirSpd</i> (Pratama, 2013)   | 50 |
| Gambar 5.11 | Kode program sistem kendali PID untuk kecepatan terbang<br>( <i>airspeed</i> )                                 | 50 |
| Gambar 5.12 | Kode program aktuator  | 51 |
| Gambar 5.13 | Kode program inisiasi sistem kendali PID   | 52 |
| Gambar 6.1  | Hasil simulasi sistem kendali <i>airspeed</i> dengan nilai $K_u$ 2,876   | 53 |



|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gambar 6.2 | Hasil validasi nilai $K_p$ 25,376 pada sistem kendali <i>airspeed</i>                                     | 55 |
| Gambar 6.3 | Hasil pengujian PID <i>Ziegler-Nichols</i> pada sistem kendali <i>airspeed</i> pada <i>setpoint</i> 8 m/s | 56 |



## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya | 7  |
| Tabel 2.1 (lanjutan)   | 8  |
| Tabel 3.1 PID Ziegler Nichols First Method (Ogata, 2010)           | 16 |
| Tabel 3.2 PID <i>Ziegler Nichols Second Method</i> (Ogata, 2010)   | 16 |
| Tabel 4.1 Spesifikasi ADAHRS (Pratama, 2013)                       | 32 |
| Tabel 4.2 Spesifikasi ADAHRS (Pratama, 2013) (lanjutan)            | 33 |
| Tabel 4.3 Rencana pengujian  | 39 |
| Tabel 6.1 PID <i>Ziegler Nichols</i> metode kedua (Ogata, 2010)    | 55 |
| Tabel 6.2 Hasil pengujian variasi <i>setpoint airspeed</i>         | 57 |