

SISTEM KONTROL *DIRECTIONAL MAINTAINING STABILITY* PADA UAV *GLIDER*

Septian Dimas Rochmanda¹, Indrazno Sirajuddin², Agus Pracoyo³

Teknik Elektronika, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
JL. Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141, Indonesia

¹septian.dimas.r@gmail.com, ²indrazno@polinema.ac.id, ³coyo_k5aya@yahoo.co.id

Abstrak

Teknologi pesawat terbang model terus berkembang dengan menerapkan kontrol manual maupun kontrol otomatis seperti pada *quadcopter* yang berfungsi sebagai alat *monitoring area* dari udara. *Quadcopter* di satu sisi memiliki kelemahan ketahanan daya (maks. 20-30 menit). Untuk mengatasi hal tersebut alternatif yang tepat adalah dengan prinsip *gliding* menggunakan Pesawat UAV Glider. Pesawat ini dapat diperintahkan untuk melakukan stabilitas terbang sesuai *set point* yang diberikan berdasarkan titik sudut *pitch*, *roll*, dan *yaw*. Untuk melakukan penyesuaian arah hadap berdasarkan sudut *yaw*, maka pesawat bergerak menggunakan aktuator pada *rudder*. Akurasi kemiringan arah hadap pesawat terhadap sudut *yaw* juga dipengaruhi oleh kecepatan angin dan kecepatan pesawat. Kontrol yang diterapkan adalah Kontrol Proporsional pada metode PID dan algoritma kontrol dibebankan pada kontroler Arduino Mega dengan *feedback* berupa data sensor kompas. Sedangkan untuk *safety control*, maka pesawat ini juga memiliki fasilitas pergantian mode kontrol dari manual ke semi otomatis.

Kata Kunci: UAV Glider, Kestabilan Arah Hadap, Kontrol Proporsional

1. Pendahuluan

Terjadinya suatu bencana alam akan menimbulkan banyak korban jika penanggulangannya dilakukan dengan lamban. Oleh sebab itu, badan penanggulangan terkait harus memiliki respon yang cepat untuk meminimalisir jatuhnya korban dengan melakukan *monitoring disaster area* menggunakan pesawat.

Teknologi telekomunikasi dan dirgantara telah menghasilkan teknologi yang menggabungkan antara informasi suatu keadaan lokasi tertentu dengan tingkat jelajah tinggi melalui udara dengan wahana terbang tanpa awak. Teknologi ini disebut *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Ada beberapa jenis UAV, yaitu *fixed wing*, *glider*, dan *rotary wing*. UAV *fixed wing* memiliki kecepatan dan efisiensi energi yang besar, namun manuverabilitasnya kecil. Nurmajid Setyasaputra, (2014).

Saat terbang, UAV dapat berputar melalui 3 axis (x, y, z) terhadap titik pusat massa pesawat (M_{cg}). Sistem pengaturan posisi pada UAV biasanya direpresentasikan melalui pengaturan posisi angular UAV yaitu posisi sudut roll (ϕ), pitch (θ) dan yaw (ψ). Beberapa macam kontrol masukan pada pesawat fixed-wing antara lain Aileron (δA) digunakan untuk mengatur sudut roll, Rudder (δR) digunakan untuk mengatur sudut yaw (kanan dan kiri). Elevator (δE) digunakan untuk mengatur sudut pitch (naik dan turun). Throttle (δTh) untuk

mengatur kecepatan motor. Mochamad Nurdiansyah, (2014).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sensor Kompas GY-273

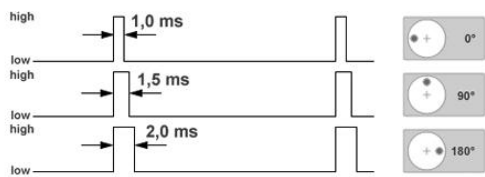
Sensor kompas digital merupakan modul sensor magnetometer dengan keluaran berupa derajat. Sensor ini memiliki konstruksi perpotongan sumbu (*cross-axis*) untuk mendeteksi arah dan besaran medan magnet pada skala mili-Gauss hingga 8 Gauss. Sedangkan komunikasi pada sensor ini menggunakan I²C dan ADC 12-bit.



Gambar 2.1 Sensor Kompas Digital GY-273

2.2 Motor Servo

Motor servo merupakan motor DC yang dapat dikontrol kecepatan putar, sudut, dan arah putarannya dengan PWM (*Pulse Wide Modulation*). PWM yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo.



Gambar 2.2 PWM Pada Motor Servo

Saat PWM diberikan, poros motor servo akan berputar dan akan tetap bertahan pada posisi telah diperintahkan dengan torsi yang dimiliki. Namun hal itu tidak akan bertahan dalam *interval* waktu yang lama, PWM yang diberikan harus diulang setiap 20 ms untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap pada posisinya. Asep Saefullah, *et al* (2015).

2.3 Modul Voltage Regulator

Modul Voltage Regulator DC-DC Step Down adalah modul yang digunakan untuk menurunkan tegangan 5v-32v DC ke 0,8v-30v, mikrokontroller yang dipakai adalah IC XL4005. Sesuai Datasheet, kemampuan yang dimiliki oleh modul ini dapat menurunkan tegangan ke nilai yang diinginkan dengan cara mengatur Rmultiturn (variabel resistor) dengan cara diputar.



Gambar 2.3 Modul Voltage Regulator XL4005

Perhitungan mencari nilai tegangan keluaran dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$V_{out} = 0,8v (1 + R_{multiturn}) \tag{1}$$

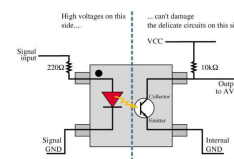
Dimana:

- V_{out} = Tegangan Keluaran (Volt)
- $R_{multiturn}$ = Variabel Resistor (ohm)
- 0,8v = Konstanta (Volt)

2.4 Optocoupler

Optocoupler adalah komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu :

1. *Transmitter* terdiri dari sebuah LED infra merah yang memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak dibandingkan LED biasa.
2. *Receiver* terdiri dari komponen *Photodiode* yang merupakan transistor yang peka terhadap cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah, karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka Photodiode lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Indhana Sudiharto, ().



Gambar 2.4 Rangkaian Optocoupler

2.5 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri dari sebuah bahan tipe p dan diapit oleh dua bahan tipe n (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe n dan diapit oleh dua bahan tipe p (transistor PNP). Sehingga transistor mempunyai tiga terminal yang berasal dari masing-masing bahan tersebut yakni Emitor (E), Basis (B) dan Kolektor (C). Berikut adalah persamaan yang berlaku pada transistor. Herman Dwi Surjono, (2007).

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} \tag{2}$$

Dimana:

- I_b = Arus Basis Transistor (Ampere)
- I_c = Arus Kolektor Transistor (Ampere)
- β = Nilai Beta Transistor Bernilai 100

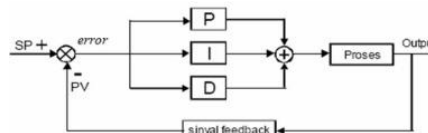
$$R_5 = \frac{V_{inLoad} - V_{be}}{I_b} \tag{3}$$

Dimana:

- V_{inLoad} = Tegangan Input Relay (Volt)
- V_{be} = Tegangan Basis-Emitor (Volt)
- I_b = Arus Basis (Ampere)

2.6 Kontrol PID

Sistem kontrol PID merupakan sistem kontrol loop tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti *Fuzzy Logic Control*, *Adaptif Control* dan *Robust Control*.



Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem Kontrol PID

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga cara pengaturan yang memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*), dan I (*Integral*). Masing-masing dapat bekerja sendiri maupun secara kombinasi. Dalam perancangan sistem kontrol PID maka perlu mengatur parameter proporsional (P), integral (I) atau derivatif (D) agar respon sinyal *output* sistem terhadap *input* sesuai yang diinginkan. Muhammad Ali, (2004).

Tabel 1. Tanggapan Sistem Kontrol PID

Kontrol	Rise Time	Overshoot	Settling Time	Error Steady State
Proporsional (Kp)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

2.7 Embedded System

Embedded system adalah suatu sistem yang ditanamkan ke dalam sistem lain dan biasa digunakan untuk mengatur kerja dari sistem lain yang menjadi satu bagian utuh. Embedded system dibagi dua jenis, yakni platform dan non-platform, embedded system platform adalah embedded system yang menggunakan hardware dan software yang sudah tersedia. Sedangkan embedded system non-platform adalah embedded system yang hardware dan softwarenya dirancang mulai dari awal.

Salah satu contoh dari embedded system jenis platform adalah Arduino Mega yang merupakan platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open source hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino Mega menggunakan mikrokontroler Atmega2560 yang memiliki 54 pin digital (6 pin output PWM), 16 pin analog input, clock speed 16 MHz, koneksi USB, konektor sumber tegangan, header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Mega terdiri dari segala yang dibutuhkan untuk mendukung kerja dari sebuah mikrokontroler. M. Gabe Simanjuntak, (2012).

3. Perancangan dan Implementasi

3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan desain merupakan jenis pesawat glider yang digambarkan menggunakan aplikasi Google Sketchup. Perancangan ukuran sayap mulai dari luas, panjang, lebar, derajat hedral sayap disesuaikan dengan Aspect Ratio, All Up Weight, dan spesifikasi Thrust motor.



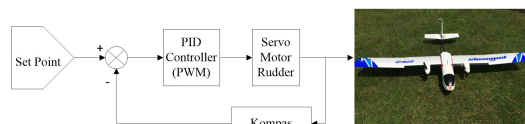
Gambar 3.1 Pesawat UAV Glider Tampak Atas

Spesifikasi Mekanik Pesawat UAV Glider:

- Tipe Pesawat : Glider
- Airfoil Sayap : Flat Bottom
- Bahan : Depronfoam
- Lebar Sayap : 2,50 m
- Panjang Body : 1,50 m
- Berat : 4,9 kg

- Propeller : 12x8 inch
- BLDC Motor : 650 kv

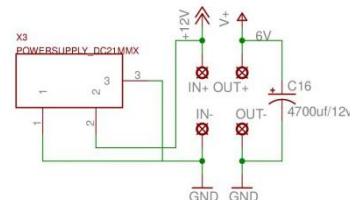
3.2 Perancangan Elektrik



Gambar 3.2 Blok Diagram Kontrol Kestabilan Arah Hadap

a) Modul Voltage Regulator

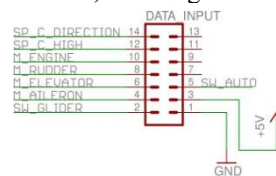
Modul Voltage Regulator yang digunakan adalah tipe XL4005 DC-DC Step Down 5A. Input tegangan menggunakan Baterai Lippo 12v 5,2A yang akan dikonversi dari 12v menjadi 6v.



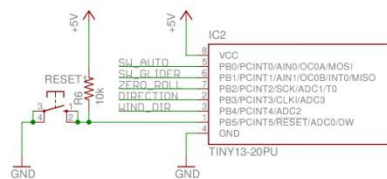
Gambar 3.3 Modul Voltage Regulator

b) Selektor Module

Untuk mengubah mode dari fully manual mode menjadi mode semi otomatis adalah menggunakan sebuah rangkaian selektor. Konfigurasi komponen rangkaian selektor ini terdiri dari remote control, receiver remote control, IC ATtiny13, Arduino ProMini, dan rangkaian driver Relay.



Gambar 3.4 Receiver Remote Control



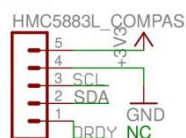
Gambar 3.5 Konfigurasi IC ATtiny13

Dapat dilihat pada Gambar 3.4, channel yang berfungsi untuk menerima sinyal switching dari remote control adalah SW_AUTO. Saat channel tersebut aktif maka

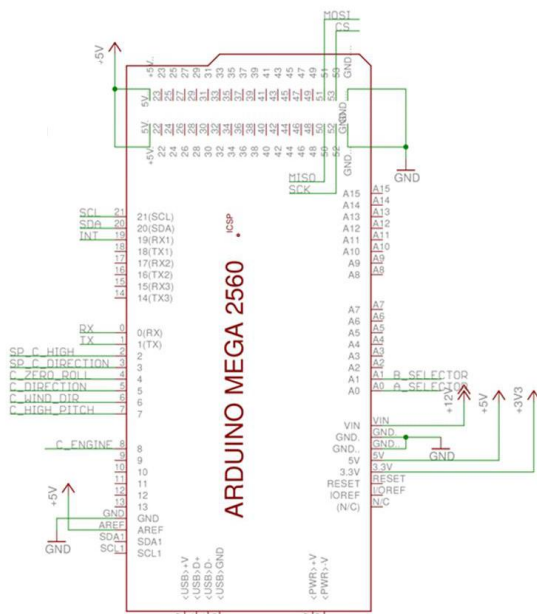
akan mengirimkan sinyal PWM yang akan masuk ke Arduino ProMini untuk dikonversi menjadi data *logic* (0v atau 5v) untuk diproses di dalam IC ATtiny13.

c) Sensor Kompas dan Arduino Mega2560

Sensor kompas GY-273 pada sistem ini menggunakan *supply* tegangan dari port *output* tegangan 3,3v Arduino Mega2560. Data pembacaan yang dihasilkan oleh sensor akan masuk ke port SDA dan SCL pada Arduino Mega 2560 berupa derajat kemiringan sudut *yaw*. Data pembacaan sensor akan masuk ke port *input* Arduino Mega dan akan tersimpan berupa *file .txt* di dalam MicroSD Card dengan menggunakan modul MicroSD Card Writer and Reader.



Gambar 3.6 Konfigurasi Sensor Kompas GY-273



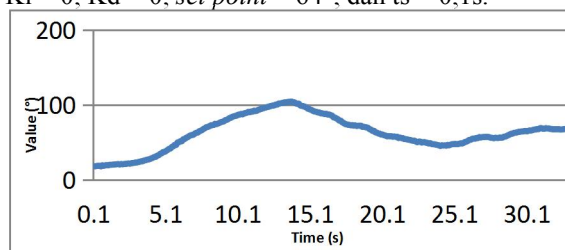
Gambar 3.7 Rangkaian Arduino Mega dan MicroSD Data Logger

Arduino Mega2560 digunakan sebagai Mikrokontroler utama yang berfungsi menjalankan algoritma PID sistem. Untuk melakukan pengontrolan terhadap arah hadap pesawat maka Arduino Mega akan memberikan sinyal PWM ke Motor Servo sehingga Motor Servo akan aktif, dengan demikian badan pesawat akan bergerak sampai pada derajat yang ditentukan oleh *set*

point dengan referensi data dari sensor kompas

3.3 Perancangan Kontrol PID

Pertama sistem akan diberikan nilai $K_p = 1$, karena respon sistem belum diketahui. Sistem diuji dengan cara *wind blowing* sehingga simulasi terbang bisa didapatkan dan data yang tersimpan dalam *data logger* bisa dianalisa untuk melakukan *tunning*. Berikut adalah Gambar 3.8 yang merupakan hasil respon sistem saat nilai $K_p = 1$; $K_i = 0$; $K_d = 0$; *set point* = 64° ; dan $t_s = 0,1s$.



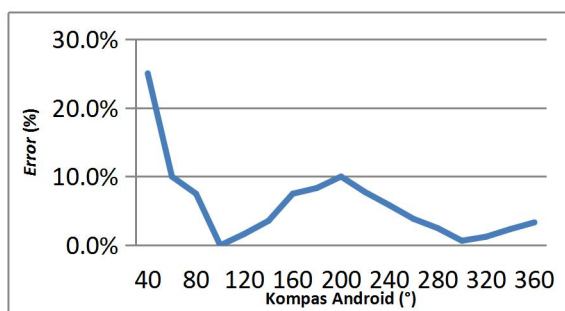
Gambar 3.8 Respon Sistem

Berdasarkan Gambar 3.8 di atas maka nilai K_p harus ditambah sampai didapatkan grafik respon yang ideal. Pengujian penambahan nilai K_p akan dibahas pada bab pengujian dan analisa.

4. Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian Sensor Kompas GY-273

Pengujian sensor kompas GY-273 dilakukan untuk menganalisa apakah sensor kompas yang digunakan sudah sesuai dengan konsep pendeteksian perubahan sudut berdasarkan sudut *yaw*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor kompas GY-273 dengan aplikasi sensor kompas digital pada Android sehingga nilai *error* pada sensor kompas GY-273 bisa diketahui.



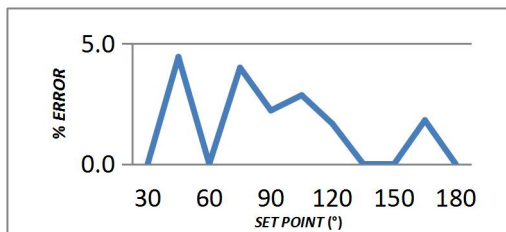
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sensor Kompas

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa pembacaan sensor kompas GY-273 memiliki rata-rata *error* sebesar 5,9%. Dapat dianalisa bahwa nilai *error* tersebut muncul akibat adanya perbedaan tingkat keakurasian dan sensitifitas pendeteksian magnet bumi antara sensor kompas GY-273 dengan

aplikasi kompas digital pada Android. Setiap sensor modul elektronik pasti memiliki perbedaan satu dengan yang lain walaupun dengan jenis dan tipe yang sama. Nilai *error* tersebut juga bisa diakibatkan karena pengaruh keberadaan logam di sekitar area pengukuran karena prinsip pengukuran Magnetometer sangat sensitif terhadap benda logam dan magnet. Namun nilai prosentase *error* tersebut merupakan nilai prosentase yang masih aman sehingga penggunaan sensor kompas GY-273 sebagai sensor pendeteksi sudut kemiringan arah hadap pesawat UAV Glider masih terbilang tepat.

4.2 Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo TowerPro MG90S dilakukan untuk menganalisa apakah motor servo yang digunakan sudah bergerak sesuai perubahan arah yang diberikan oleh *set point*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan sudut hasil pergerakan motor servo dengan sudut yang diperintahkan dan diukur menggunakan busur sehingga nilai *error* pada motor servo TowerPro MG90S bisa diketahui.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Motor Servo

Setelah melakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa perbandingan sudut pergerakan motor servo dengan *set point* memiliki rata-rata *error* sebesar 1,5%. Nilai *error* muncul diakibatkan karena adanya kemiringan sudut poros penggerak pada servo yang menyesuaikan gigi *coupling* pada *shaft* motor servo. Terlebih lagi dari sisi program, dimana *library* yang tersedia merupakan *library* motor servo secara universal. Jadi penggunaan *library* tersebut akan mengakibatkan perbedaan perilaku pada motor servo yang beraneka ragam jenis dan tipenya. Namun nilai prosentase *error* tersebut merupakan prosentase yang masih aman sehingga penggunaan motor servo TowerPro MG90S sebagai aktuator penggerak *rudder* pesawat UAV Glider masih terbilang tepat.

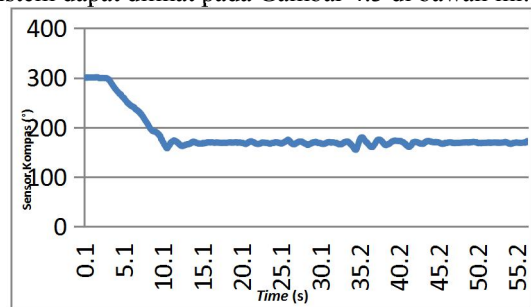
Pergerakan derajat yang dihasilkan motor servo tidak sama dengan derajat pergerakan *rudder* dimana hal tersebut disebabkan karena menyesuaikan dengan konstruksi mekanik pada *rudder*. Dengan demikian maka perlu adanya data pengukuran derajat pergerakan *rudder* seperti terlihat pada Tabel 2. di bawah ini:

Tabel 2. Pengukuran Derajat Gerak Rudder

DERAJAT SERVO (°)	GERAK RUDDER (°)	
	ARAH KIRI	ARAH KANAN
30	45	13
45	35	23
60	26	28
75	49	36

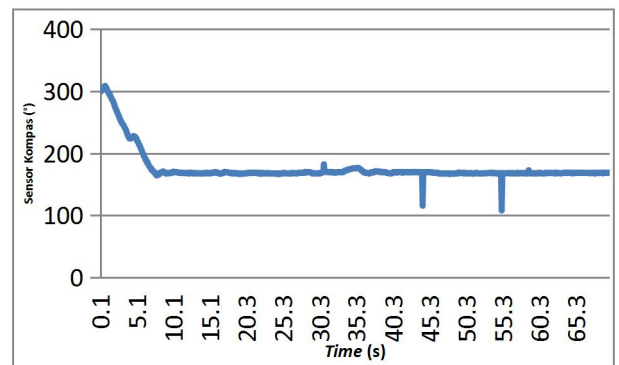
4.3 Pengujian Respon Sistem

Pengujian sistem kontrol kestabilan arah hadap ini dilakukan untuk menganalisa apakah kontrol yang diberikan sudah sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian ini yakni melakukan kestabilan arah hadap pesawat sesuai dengan *set point* (arah mata angin) yang diberikan oleh pilot. Pengujian respon sistem ini dilakukan dengan menerbangkan pesawat dan kemudian untuk analisis data respon sistem dilakukan dengan cara mengakses dan menganalisis *data logger* saat pesawat tersebut sudah mendarat sesuai dengan nilai kontrol yang sudah diberikan. Pengujian respon sistem dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini:



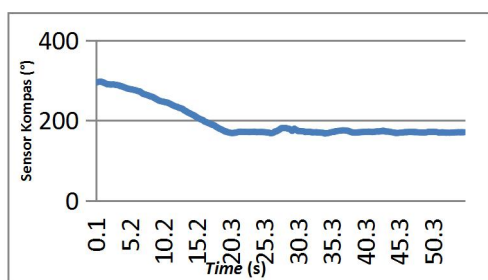
Gambar 4.3 Pengujian Respon Sistem Kp = 50

Gambar 4.3 merupakan grafik respon sistem dengan nilai $K_p = 50$; $K_i = 0$; $K_d = 0$; *set point* = 169°; dan $t_s = 0,1$ s. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa masih terjadi osilasi saat sistem sudah mencapai *settling time*. Dengan demikian perlu adanya penurunan nilai K_p agar osilasi dapat berkurang.



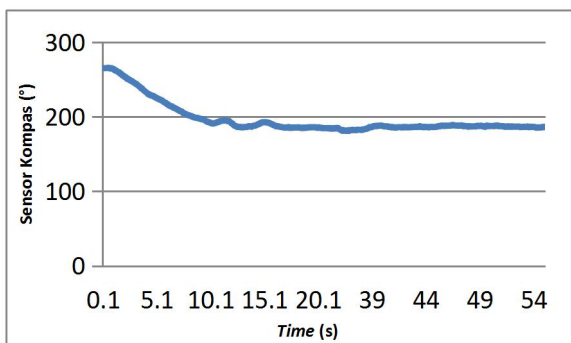
Gambar 4.4 Pengujian Respon Sistem Kp = 10

Gambar 4.4 merupakan grafik respon sistem dengan nilai $K_p = 10$; $K_i = 0$; $K_d = 0$; $set\ point = 169^\circ$; dan $t_s = 0,1\ s$. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa masih terjadi sedikit osilasi saat sistem sudah mencapai *settling time*. Sementara dapat dilihat pada $time = 35,2$ terjadi *disturbance* namun respon sistem untuk mengatasi *disturbance* itu sudah sangat baik mengembalikan posisi arah hadap ke sudut *set point*. Dengan demikian perlu adanya penurunan nilai K_p agar osilasi dapat terus berkurang.



Gambar 4.5 Pengujian Respon Sistem $K_p = 5$

Gambar 4.5 merupakan grafik respon sistem dengan nilai $K_p = 5$; $K_i = 0$; $K_d = 0$; $set\ point = 169^\circ$; $t_s = 0,1\ s$. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa masih terjadi osilasi saat sistem sudah mencapai *settling time*. Maka masih perlu adanya penurunan nilai K_p agar osilasi dapat berkurang.



Gambar 4.6 Pengujian Respon Sistem $K_p = 1,2$

Gambar 4.6 merupakan grafik respon sistem dengan nilai $K_p = 1,2$; $K_i = 0$; $K_d = 0$; $set\ point = 169^\circ$; $t_s = 0,1\ s$. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa osilasi sudah berkurang saat sistem sudah mencapai *settling time*. Maka nilai $K_p = 1,2$ merupakan nilai yang paling ideal untuk melakukan kestabilan arah hadap pesawat UAV Glider dalam penelitian ini.

Tentunya kestabilan arah hadap pesawat UAV Glider dalam penelitian ini juga dipengaruhi faktor kecepatan angin dan kecepatan pesawat itu sendiri, sehingga penerapan kontrol PID yang digunakan hanya kontrol proporsional (K_p) saja.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pendeteksian derajat arah hadap pesawat UAV Glider terhadap sudut *yaw* dapat dilakukan dengan menggunakan sensor kompas GY-273 dengan catatan lokasi penempatan sensor yang jauh dari logam maupun area yang mengandung elektromagnetik.
- Sudut hasil pergerakan *rudder* pesawat tidak berbanding lurus dengan sudut pergerakan aktuator motor servo penggerak *rudder*.
- Pergerakan belok kanan pesawat lebih cepat daripada pergerakan belok kiri pesawat dikarenakan faktor mekanik.
- Pergerakan belok pesawat dengan menggunakan *rudder* akan lebih lambat sehingga diperlukan penambahan pergerakan *elevator* dan *aileron*.
- Pergerakan belok pesawat untuk mencapai arah hadap yang ditentukan juga dipengaruhi oleh kecepatan angin dan kecepatan pesawat.
- Kontrol Proporsional (K_p) dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol kestabilan arah hadap pesawat berdasarkan *set point* arah mata angin yang diberikan.

5.2 Saran

Sebaiknya untuk mempercepat pergerakan belok pesawat harus juga ditambahkan adanya kontrol pergerakan dari *aileron* dan *elevator*. Untuk meningkatkan akurasi maka diperlukan adanya penambahan GPS sebagai *feedback* kontrol untuk meningkatkan akurasi arah hadap pesawat.

Daftar Pustaka:

- Setyasaputra, Nurmajid dkk. 2014. *Platform Unmanned Aerial Vehicle Untuk Aerial Photography Aeromodelling And Payload Telemetry Research Group (Aptrg)*. Jurnal Seminar Nasional Penginderaan Jauh. Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh. LAPAN.
- Nurdiansyah, Mochamad. 2011. *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Tracking Waypoint pada Sistem Navigasi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Berbasis GPS (Global Positioning System)*. Proceeding Seminar Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Saefullah, Asep dkk. 2014. *Prototype Weather Station Berbasis Arduino Yun*. ISSN ; 1978 – 8282. Perguruan Tinggi Raharja.
- Sudiharto, Indhana dkk. _____. *Rancang Bangun Sistem Efisiensi Energi Listrik Di Lab Rangkaian Listrik D3*. Jurnal. Jurusan Teknik Elektro Industri. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

- Surjono, Herman Dwi. 2007. *Elektronika : Teori dan Penerapan*. Jember: Penerbit Cerdas Ulet Kreatif.
- Ali, Muhammad. 2004. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID Dengan Software Matlab*. Jurnal Edukasi 1 (1) : 1-8. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Simanjuntak, M. Gabe. 2012. *Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino Uno*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Sumatera Utara.