

Stabilisasi Kendaraan Tanpa Awak Menggunakan 4 Propeller Dengan Metode Pengontrol Derivatif Integral

1st Imam Ruanagara
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
imamruanagara@student.telkom
university.ac.id

2nd Agung Surya Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
agungsw@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Achmad Rizal
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
achmadrizal@telkomuniversity.
ac.id

Abstrak

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat udara tanpa awak yang mempunyai banyak fungsi salah satunya dapat digunakan untuk memfoto, merekam, memantau dan meliput suatu objek dari udara menggunakan kamera yang terpasang pada pesawat. Kontroler yang dirancang menggunakan PID yang terdiri dari tiga jenis cara pengaturan yang dikombinasikan, yaitu kontrol P (Proportional), kontrol I (Integral) dan kontrol D (Derivatif). *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* jenis propeller dengan menggunakan metode *Proportional Integral Derivative (PID) Controller*. Pada penelitian ini metode kontrol PID ditemukan belum berhasil menstabilkan propeller pada UAV, dikarenakan mekanik yang dibuat pada alat tugas akhir yang telah dibuat terdapat perbedaan ukuran. Adapun sistem kendali PID yang diterapkan pada kendaraan tanpa awak jenis propeller

Kata Kunci : UAV, propeller, proportional integral derivative

Abstract

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an unmanned aerial vehicle that has many functions, one of which can be used to photograph, record, monitor and cover an object from the air using a camera mounted on the aircraft. The controller designed using PID consists of three types of combined settings, namely P control (Proportional), I control (Integral) and D control (Derivative). *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* propeller type using the *Proportional Integral Derivative (PID) Controller* method. In this study, the PID control method was found to have not succeeded in stabilizing the propeller on the UAV, because the mechanics made on the final project tool that had been made contained differences in size.

The PID control system is applied to propeller-type unmanned vehicles

Keywords UAV, propeller, proportional integral derivative

I. PENDAHULUAN

UAV banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan pada saat ini, karena dapat menggantikan peranan pilot manusia sebagai sistem kendalinya. Pesawat tanpa awak atau UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan pengendalian jarak jauh merupakan elektromekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram. Proses kontrol pesawat sepenuhnya dilakukan oleh sistem autopilot dengan mengacu pada parameter-parameter yang telah ditentukan oleh pengguna sebelum terbang. Dari ketiga fase terbang tersebut, kontrol hover merupakan prioritas utama dalam pengendalian propeller.

Hal ini dikarenakan pada fase hover dibutuhkan keseimbangan pada propeller agar dapat terbang dengan baik. Kecepatan angin pada ketinggian tertentu menyebabkan posisi propeller pada saat melayang menjadi tidak stabil, sehingga sulit untuk dikendalikan [5]. Kontrol pesawat UAV ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu dikontrol melalui perangkat dengan kemampuan kendali arak auh seperti remote atau juga dapat terbang secara mandiri berdasarkan program yang sudah ditanamkan sebelumnya, dengan menggunakan sensor dan flight control yang diperlukan maka wahana dapat bergerak sesuai dengan rencana berdasarkan kondisi kondisi yang ada dilingkungan sekitar. Twinrotor yaitu sebuah alat dimana sistem tersebut dirancang memiliki dua buah motor brushless dengan propeller sebagai penggeraknya [6].

Wahana tanpa awak yang dibuat sudah dapat terbang di udara dengan stabil, saat pesawat terbang dari satu level ketinggian ke level yang lain, penggunaan ardupilot lebih mempermudah untuk mengontrol kestabilan pesawat saat di udara, juga angin sangat mempengaruhi kestabilan pesawat saat di udara karena bisa mengubah point-to-point pesawat yang sudah ditentukan dan pada pengujian pesawat lebih stabil saat mode otomatis dibandingkan mode manual. Propeller mampu terbang dan mendarat secara otomatis dari satu titik ke titik lainnya dan deteksi kemiringan sudut Propeller dilakukan dengan

menggunakan sensor gyroscope, accelerometer dan magnetometer serta terdapat 4 buah pengontrol PID yakni pengontrol PID roll, pengontrol PID pitch, pengontrol PID yaw dan pengontrol PID ketinggian [7]. Perancangan frame dari pesawat tanpa awak (Unmanned Aerial Vehicle) khususnya yang memiliki 2 buah rotor (twinrotor) adalah salah satu hal yang penting untuk menunjang fungsi twinrotor sebagai wahana terbang. Dalam pekerjaan saat ini, prototipe propeller dirancang dan dikembangkan menggunakan pengontrol PID.

Dalam pekerjaan ini, pemodelan matematis propeller dilakukan dengan menggunakan model MATLAB Simulink menggunakan pengontrol PID untuk operasi stabil dari propeller. Berdasarkan hal tersebut penelitian dan pengembangan kali ini bertujuan agar menstabilkan UAV lebih tepatnya pada bagian Frame dengan menggunakan PID, Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilakukan dilakukanlah sebuah penelitian mengenai penstabilan Stabilisasi Kendaraan Tanpa Awak Menggunakan Metode Pengontrol Derivative Integral (PID) Controller. Penelitian ini diharapkan dapat membuat sebuah sistem stabilitassecara otomatis pada frame dan dapat stabil saat digunakan.

. UAV banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan pada saat ini, karena dapat menggantikan peranan pilot manusia sebagai sistem kendalinya. Pesawat tanpa awak atau UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan pengendalian jarak jauh merupakan elektromekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram. Proses kontrol pesawat sepenuhnya dilakukan oleh sistem autopilot dengan mengacu pada parameter-parameter yang telah ditentukan oleh pengguna sebelum terbang. Dari ketiga fase terbang tersebut, kontrol hover merupakan prioritas utama dalam pengendalian propeller.

Hal ini dikarenakan pada fase hover dibutuhkan keseimbangan pada propeller agar dapat terbang dengan baik. Kecepatan angin pada ketinggian tertentu menyebabkan posisi propeller pada saat melayang menjadi tidak stabil, sehingga sulit untuk dikendalikan [5]. Kontrol pesawat UAV ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu dikontrol melalui perangkat dengan kemampuan kendali arak auh seperti remote atau juga dapat terbang secara mandiri berdasarkan program yang sudah ditanamkan sebelumnya, dengan menggunakan sensor dan flight control yang diperlukan maka wahana dapat bergerak sesuai dengan rencana berdasarkan kondisi kondisi yang ada dilingkungan sekitar. Twinrotor yaitu sebuah alat dimana sistem tersebut dirancang memiliki dua buah motor brushless dengan propeller sebagai penggerakannya [6].

Wahana tanpa awak yang dibuat sudah dapat terbang di udara dengan stabil, saat pesawat terbang dari satu level ketinggian ke level yang lain, penggunaan ardupilot lebih mempermudah untuk mengontrol kestabilan pesawat saat di udara, juga angin sangat mempengaruhi kestabilan pesawat saat di udara karena bisa mengubah point-to-point pesawat yang sudah ditentukan dan pada pengujian pesawat lebih stabil saat mode otomatis dibandingkan mode manual. Propeller mampu terbang dan mendarat secara otomatis dari satu titik ke titik lainnya dan deteksi kemiringan sudut Propeller dilakukan dengan menggunakan sensor gyroscope, accelerometer dan magnetometer serta terdapat 4 buah pengontrol PID yakni pengontrol PID roll, pengontrol PID pitch, pengontrol PID

yaw dan pengontrol PID ketinggian [7]. Perancangan frame dari pesawat tanpa awak (Unmanned Aerial Vehicle) khususnya yang memiliki 2 buah rotor (twinrotor) adalah salah satu hal yang penting untuk menunjang fungsi twinrotor sebagai wahana terbang. Dalam pekerjaan saat ini, prototipe propeller dirancang dan dikembangkan menggunakan pengontrol PID.

Dalam pekerjaan ini, pemodelan matematis propeller dilakukan dengan menggunakan model MATLAB Simulink menggunakan pengontrol PID untuk operasi stabil dari propeller. Berdasarkan hal tersebut penelitian dan pengembangan kali ini bertujuan agar menstabilkan UAV lebih tepatnya pada bagian Frame dengan menggunakan PID, Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilakukan dilakukanlah sebuah penelitian mengenai penstabilan Stabilisasi Kendaraan Tanpa Awak Menggunakan Metode Pengontrol Derivative Integral (PID) Controller. Penelitian ini diharapkan dapat membuat sebuah sistem stabilitassecara otomatis pada frame dan dapat stabil saat digunakan.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Propeller

Merupakan pesawat tanpa awak yang memiliki dua buah baling – baling sebagai penggeraknya Propeller memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan panjang, serta bergerak secara 3 sumbu derajat kebebasan. Beberapa orang menggunakan Propeller sendiri ditunjukkan untuk berbagai fungsi misalnya fotografi udara, pantau video dari atas yang biasa digunakan saat pengevakasian bencana alam, dan juga pemantauan [7].

2.2 Sistem Gerak Propeller pada Quadcopter

2.3.1 Thorttle

Putaran yang merah menandakan propeller berputar dengan cepat , sedangkan putaran yang hijau menandakan propeller berputar dengan lambat. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2a maka keempat propeller akan berputar dengan cepat sehingga quadcopter akan bergerak keatas (dalam posisi take-off) dan pada gambar 2.2b propeller akan berputar dengan lambat sehingga quadcopter dalam posisi landing.

2.3.2 Kendali Pitch

Kendali pitch adalah kendali yang diberikan agar quadcopter bergerak maju dan bergerak mundur. Berikut gambar yang menampilkan ilustrasi kecepatan putar propeller untuk pengaturan pitch.

2.3 Kendali YAW

Kendali yaw control bertujuan agar quadcopter bergerak berputar kekiri dan bergerak ke kanan.

2.4 Kendali ROLL

Kendali roll diberikan agar quadcopter bergerak kekiri dan kekanan. Ilustrasi pengaturan roll propeller

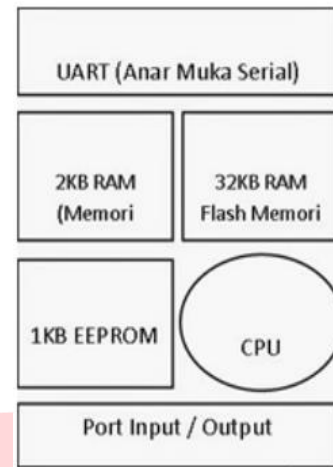
III. METODE

3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Didalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer) [11].

3.2 Arduiono NANO

Arduino Nano merupakan suatu papan pengembang mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P, Arduino Nano bekerja pada masukan tegangan 5-7 Volt. Terdapat memori flash sebesar 32 KB dan mampu bekerja pada clock 16 Mhz seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Arduino nano dapat diprogram dengan menggunakan Arduino Integrated Development Environment (IDE) dan dihubungkan dengan kabel USB type B. Pada arduino nano terdapat 14 buah pin masukan dan keluaran, dimana 6 buah pin diantaranya dapat digunakan untuk keluaran pulse width modulation (PWM). Terdapat 8 buah pin analog yakni A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 dan A8, keseluruhan pin analog ini terhubung dengan Analog to Digital Converter (ADC) pada internal mikrokontoler [12]. Pada arduino nano juga tersedia dua buah pin SDA dan SCL (masingmasing pada A4 dan A5) yang dapat digunakan untuk komunikasi I2C seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 dan 2.7.



Gambar 1. Blok Diagram Arduino Nano

3.3 Sensor IMU MPU-6050 (Gyroscope-Accelerometer)

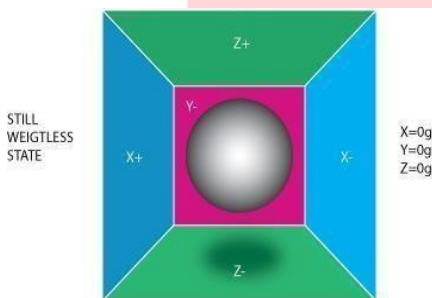
Gyroscope adalah peranti yang dapat mengindera objek yang berputar, sedangkan *accelerometer* adalah peranti yang mengukur gerakan objek. Pada *accelerometer* menghasilkan percepatan pada tiga sumbu, sedangkan *gyroscope* menghasilkan kecepatan putar pada tiga sumbu (dengan satuan derajat perdetik). IC MPU-6050 mengombinasikan fungsi *gyroscope* dan *accelerometer*. Oleh karena itu, IC ini mampu mendeteksi putaran maupun gerakan dalam tiga sumbu (yaitu Y, P, dan R) [14].

IMU (Inertial Measurement Unit) merupakan sebuah perangkat elektronika yang mampu mengukur dan melaporkan kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi menggunakan kombinasi dari *accelerometer* dan *gyroscope*. GY-521 MPU-6050 adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis Motion Processing Unit dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan supply sebesar 3- 5V DC. Modul ini memiliki interface I2C yang dapat disambungkan langsung ke Mikrokontroler yang memiliki fasilitas I2C. Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS Accelerometer dan sebuah MEMS *Gyro* yang saling terintegrasi. Sensor ini sangat akurat dengan fasilitas hardware internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan menangkap nilai kanal axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu [14].

3.3.1 Accelerometer

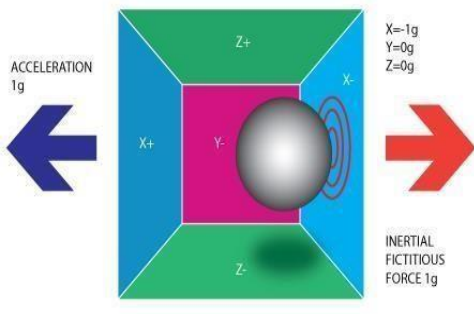
Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. Accelerometer juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi. Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya

kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut percepatan (acceleration). Namun jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (deceleration). Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula. Untuk memperoleh data jarak dari sensor accelerometer, diperlukan proses integral ganda terhadap keluaran sensor [1]. Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur akselerasi yang terjadi. Akselerasi tersebut diukur berdasarkan atau relatif pada gaya jatuh dari suatu benda. Penggambaran suatu sensor akselerometer adalah suatu kubus dengan bola di dalamnya. Pada keadaan diam tanpa gravitasi bidang maka bola akan berada di tengah-tengah ruang kubus seperti melayang [15].

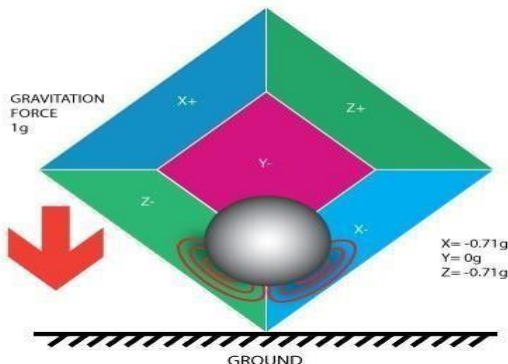


Gambar 2. Akselerometer Saat Kondisi Normal

Jika kita memindahkan kotak ke kiri dengan kecepatan 1g, maka bola akan menabrak dinding -X seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Akselerometer Saat ke +X



Gambar 4. Akselerometer Saat Jatuh Berotasi di

Sumbu Y

3.3.2 Flight Controller

Otak dari quadcopter merupakan komponen penting quadcopter dan menentukan apa saja fitur dari quadcopter tersebut. Flight Controller adalah pusat saraf dari drone . Sistem kontrol penerbangan pesawat tak berawak ini banyak dan beragam . Dari GPS diaktifkan sistem autopilot dan diterbangkan melalui cara link telemetri untuk sistem stabilisasi dasar menggunakan hardware kelas radio kontrol, dan ada sebuah program open source. Flight controller juga terkoneksi dengan, modul radio, GPS, gyroscope, ditambah dengan accelerometer, modul radio receiver, baterai, electronic speed controller dan gimbal [16].

Sesuai namanya, accelerometer sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek. Accelometer mengukur percepatan dynamic dan static. Pengukuran dynamic adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran static adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt). Di situlah gyroscope sebagai tingkat ukuran giroskop adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Giroskop sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya [17].

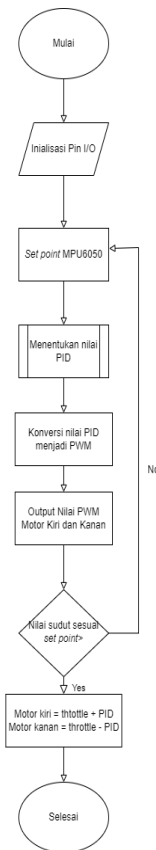
3.3.3 PID Control

Kontroler PID (Proporsional Integral Derivative) merupakan suatu metode kontrol yang digunakan untuk mencapai sebuah kesetimbangan. Penerapan kontroler PID juga digunakan untuk mengatur suhu suatu sistem, juga dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor pada suatu quadcopter. Kontrol proporsional berfungsi untuk memperkuat sinyal kesalahan penggerak (sinyal error), sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik referensi [18].

Kontrol integral pada prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan kesalahan keadaan tunak (offset) yang biasanya dihasilkan oleh kontrol proporsional. Lalu, kontrol derivative dapat disebut pengendali laju, karena keluaran kontroler sebanding dengan laju perubahan sinyal galat. Kontrol derivatif tidak akan pernah digunakan sendirian, karena kontroler ini hanya akan aktif pada periode peralihan. Pada periode peralihan, kontrol derivatif menyebabkan adanya redaman pada sistem sehingga lebih memperkecil lonjakan. Seperti pada kontrol proporsional, kontrol derivatif juga tidak dapat menghilangkan offset [13]

PID Control ini telah digunakan untuk menstabilkan sikap quadrotor di sekitar posisi hover. Kontroler dirancang dengan model linierisasi dari quadrotor pada titik hover trim. Pengontrol dikembangkan dengan menggunakan model Simulink nonlinier dan diverifikasi pada sistem fisik. Pengontrol yang dihasilkan mampu menstabilkan sistem fisik dalam waktu tiga detik. Linearitas pengontrol membatasi penggunaannya hanya di sekitar titik keseimbangan hover. Gangguan yang kuat dari posisi ini menyebabkan hilangnya kendali. Kontrol PID digunakan untuk mengontrol sikap, ketinggian dan

posisi.



Gambar 5 Diagram Alir Sistem

Perancangan perangkat lunak dari sistem kendaraan tanpa awak berjenis propeller dirancang menggunakan aplikasi Arduino IDE. Arduino IDE merupakan aplikasi untuk membuat program pada mikrokontroler Arduino dengan menggunakan bahasa pemrograman bahasa C dan library Arduino IDE. Pada Gambar 5 Menjelaskan flowchart algoritma program pada alat ini.

Alur dari flowchart dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem diawali dengan inialisasi pin untuk menentukan pin input dan pin output
2. Pembacaan sudut MPU6050 dan menentukan sudut set point yang sudah ditentukan
3. Menentukan nilai Kp, Kd dan Ki
4. Hasil perhitungan PID dikonversi menjadi nilai PWM untuk menjadi output pada pergerakan motor brushless
5. Ketika sudut sesuai dengan set point maka PWM motor kiri dan PWM motor kanan akan seimbang
6. Ketika sudut tidak sesuai akan looping dan kembali pada sudut set point
7. Selesai

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Percobaan

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil pengujian serta analisis dari alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk melihat keberhasilan dari alat yang telah dibuat dan

3.3.4 Diagram Alir

melihat seberapa baik alat tersebut memenuhi tujuan. Adapun beberapa parameter parameter pengujian alat adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Sensor IMU MPU6050
- b. Pengujian Motor

1.2 Pengujian Sensor IMU MPU6050 dalam Penstabilan UAV

Pengujian IMU MPU6050 dilakukan dengan cara mengukur tingkat keberhasilan sensor dalam mengirimkan hasil pengukuran percepatan/akselerasi sensor dan kecepatan sudut dari sensor IMU MPU6050 ke mikrokontroler ESP32 menggunakan komunikasi serial I2C.

Tabel 1 Sampel dan Pengujian Sensor MPU6050

Physic App		Nilai Sensor MPU		Error		Persentase Error	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0,4 63°	0,3 76°	0,4 70°	0,8 10°	0,0 07°	0,4 34°	1,48 94°	0,53 58°
10, 884°	- 10, 202°	10, 290°	- 10, 900°	0,5 94°	0,6 98°	5,77 26°	- 6,40 37°
30, 490°	- 30, 728°	30, 230°	- 30, 210°	0,2 60°	0,5 18°	0,86 01°	- 1,71 47°
45, 455°	- 45, 603°	45, 410°	- 45, 830°	0,0 45°	0,2 27°	0,09 91°	- 0,49 53°
- 10, 384°	10, 684°	- 10, 700°	10, 590°	0,3 16°	0,0 94°	- 2,95 33°	0,88 76°
- 30, 605°	30, 678°	- 30, 200°	30, 860°	0,4 05°	0,1 82°	- 1,34 11°	0,58 98°
- 45, 681°	45, 348°	- 45, 940°	45, 370°	0,2 59°	0,0 22°	- 0,56 38°	0,04 85°
						3,36 30°	- 6,55 20°

Data dari Tabel 4.1 menunjukkan tingkat keberhasilan pembacaan data asli dari sensor MPU6050 yang selanjutnya akan diolah. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan sistem dalam membaca data dari

sensor MPU6050 adalah:

$$Keberhasilan = \frac{Terbaca\ normal}{Banyaknya\ sampel\ percobaan} \times 100\%$$

$$Keberhasilan = \frac{7}{7} \times 100\% = 100\%$$

1.3 Pengujian Motor

Pengujian motor yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai PWM yang diberikan terhadap motor pada saat alat setimbang untuk menentukan batasan minimum PWM , dan pada saat alat posisi sedang dibawah untuk mementukan nilai maksimum PWM.

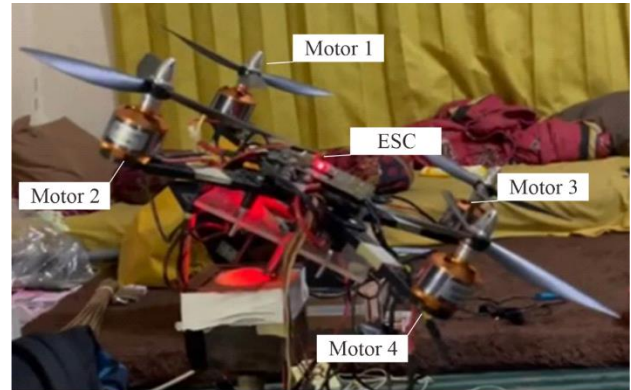
a. Alat dan Bahan Pengujian:

1. Arduino Nano + Kabel USB
2. Laptop
3. buah Motor brushless
4. Electronic speed control (ESC)
5. Baterai
6. Mekanik alat Tugas Akhir

PWM Maksimum Motor DEPAN (Microsecond)				
Percobaan	PWM_L F	PWM_ RF	PWM_ LB	PWM_ RB
1	1180	1165	0	0
2	1190	1160	0	0
3	1191	1152	0	0

b. Langkah – Langkah Pengujian Motor:

1. Persiapkan komponen Arduino Nano sebagai mikrokontroler dan aplikasi Arduino IDE.
2. Hubungkan Arduino Nano dengan ESC, 4 buah motor, dan baterai pastikan wiring terhubung dengan benar.
3. Posisikan mekanik alat saat setimbang dan berikan nilai PWM pada masing masing motor.
4. Tentukan nilai PWM ketika alat setimbang hingga mekanik alat tidak jatuh.
5. Kemudian amati nilai untuk PWM minimum.
6. Posisikan mekanik alat 30 derajat kedepan dan berikan nilai PWM pada 2 motor depan.
7. Tentukan nilai PWM 2 motor hingga mekanik alat dapat berubah posisi menjadi - 30 derajat.
8. Kemudian amati nilai untuk PWM maksimum dari depan dan belakang untuk sebaliknya
9. Kemudian amati nilai untuk PWM maksimum depan dan belakang



Proses pengambilan PWM Maksimum dari bawah ke atas dari depan

Gambar 6. Pengujian motor untuk PWM Maksimum

Gambar 6. Merupakan kondisi saat alat posisi 30 derajat kedepan dan kebelakang, dilakukan beberapa percobaan untuk menentukan nilai PWM maksimum depan dan belakang untuk digunakan batasan PWM pada PID. Pada saat pengujian dan menentukan nilai PWM maksimum pada alat mengalami beberapa kendala, dikarenakan dengan nilai yang konstan dan sama tetapi motor yang digunakan tidak bisa secara pasti membalikan alat. Nilai PWM maksimum depan dan belakang yang telah ditentukan tidak bisa digunakan karena saat waktu yang berbeda dengan nilai yang sama dengan hasil yang berbeda – beda. Adapun hasil dari penentuan nilai maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dengan LF adalah kiri depan, RF adalah kanan depan, LB adalah kiri belakang, dan RB adalah kanan belakang.

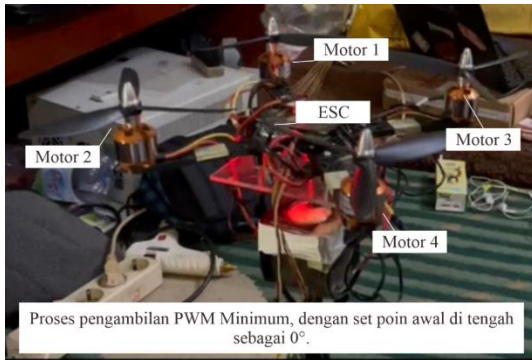
Tabel 2. Pengujian PWM Motor Maksimum Depan

Tabel 3. Pengujian PWM Motor Maksimum Belakang

PWM Maksimum Motor BELAKANG (Microsecond)				
Percobaan	PWM_LF	PWM_ RF	PWM_ LB	PWM_ RB
1	0	0	1173	1140
2	0	0	1160	1140
3	0	0	1173	1129

Dari hasil Tabel 4.2 dan 4.3 terdapat nilai PWM yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor, dilakukan percobaan untuk menentukan kecepatan motor yang digunakan pada alat perancangan. Kecepatan motor pada saat maksimum digunakan untuk batas maksimum pada implementasi PID agar pada saat nilai digunakan motor tidak berlebihan saat membalas respon ketika nilai error pada sensor saat maksimal. Namun hasil dari penentuan nilai PWM maksimum tidak berjalan dengan baik, dikarenakan mekanik yang dibuat tidak presisi sehingga saat percobaan pertama

hingga akhir terdapat perbedaan posisi pada saat awal dilakukan penentuan nilai PWM maksimum



Gambar 7 Pengujian Motor untuk PWM Minimum

Gambar 4.2 merupakan kondisi saat alat posisi setimbang, dilakukan beberapa percobaan untuk menentukan nilai PWM minimum depan dan belakang untuk digunakan batasan PWM pada PID. Pada saat pengujian dan menentukan nilai PWM minimum pada alat mengalami beberapa kendala, dikarenakan dengan nilai yang konstan dan sama tetapi motor yang digunakan tidak bisa secara pasti untuk mempertahankan posisi. Nilai PWM minium yang telah ditentukan tidak bisa digunakan karena saat waktu yang berbeda dengan nilai yang sama dengan hasil yang berbeda – beda. Adapun hasil dari penentuan nilai maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.3 dengan LF adalah kiri depan, RF adalah kanan depan, LB adalah kiri belakang, dan RB adalah kanan belakang.

Tabel 4. Pengujian PWM motor Minimum

PWM Minimum (Microsecond)				
Percobaan	PWM _RB	PWM _RF	PWM _LB	PWM _LF
1	1082	1080	1085	1080
2	1084	1081	1085	1082
3	1075	1070	1075	1070

1.4 Implementasi PID

Nilai konstanta Kp, Ki, Kd menjadi penentu utama untuk menemukan nilai kecepatan motor yang tepat, dengan melakukan inisialisasi awal untuk digunakan pada keseluruhan perhitungan program, termasuk pada saat kalkulasi PID. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat nilai Kp, Ki, Kd diinisialisasi sebanyak aksinya yaitu (pitch dan roll) dengan nilai set point masing masing dari pitch dan roll = 0. Program juga memiliki nilai yang menjadi acuan untuk memulai ataupun menghentikan

proses yang ditentukan dengan nilai variabel awal, pada saat program mulai berjalan dengan nilai awal = 0 yang menandakan program belum melakukan pemrosesan.

```

//////////////////////////////////PID FOR ROLL//////////////////////////////////
float roll_PID, pwm_L_F, pwm_L_B, pwm_R_F, pwm_R_B, roll_error, roll_previous_error;
float roll_pid_p=0;
float roll_pid_i=0;
float roll_pid_d=0;
//////////////////////////////////ROLL PID CONSTANTS//////////////////////////////////
double roll_kp=10 ;//3.55,0.7
double roll_ki=0;//0.003,0.006
double roll_kd=0;//2.05,1.2
float roll_desired_angle = 0;

//////////////////////////////////PID FOR PITCH//////////////////////////////////
float pitch_PID, pitch_error, pitch_previous_error;
float pitch_pid_p=0;
float pitch_pid_i=0;
float pitch_pid_d=0;
//////////////////////////////////PITCH PID CONSTANTS//////////////////////////////////
double pitch_kp=10 ;//0//3.55,0.7
double pitch_ki=0;//0.003,0.006
double pitch_kd=0;//2.05,1.2
float pitch_desired_angle = 0;
    
```

Gambar 7. Inisialisasi Nilai Kp, Ki,Kd

Program pada implementasi PID dilakukan kalkulasi dengan tahapan perhitungan yang mirip untuk tiap aksinya, karena berasal dari satu rumus yang sama, perhitungan PID juga dilakukan untuk tiap aksinya (pitch dan roll) agar memberikan kontrol yang tidak saling mengganggu untuk tiap pergerakan yang terjadi pada quadcopter. Berdasarkan persamaan 3.1 dirancang rumus PID yang digunakan pada pengembangan pada penelitian kali ini dan nilai error yang didapat dari nilai sensor MPU. Rumus perhitungan pada pengatur Kp, Ki, dan Kd adalah,

$$Kp = kp * error \quad 4.1$$

$$Ki = ki + (ki * error) \quad 4.2$$

$$Kd = kd * ((error - error\ sebelumnya) / waktu) \quad 4.3$$

Keterangan :

Kp= Nilai Kd untuk total PID

kp = Nilai proportional yang ditentukan pada saat awal program

error = nilai sensor MPU – set point

Ki= Nilai Ki untuk total PID

ki = Nilai Integral yang ditentukan pada saat awal program

Kd= Nilai Kd untuk total PID

kd = Nilai Derivative yang ditentukan pada saat awal program

```

//////////////////////////////////// P I D////////////////////////////////////
roll_error = Total_angle_y - roll_desired_angle;
pitch_error = Total_angle_x - pitch_desired_angle;

roll_pid_p = roll_kp*roll_error;
pitch_pid_p = pitch_kp*pitch_error;

if(-3 < roll_error <3)
{
    roll_pid_i = roll_pid_i+(roll_ki*roll_error);
}
if(-3 < pitch_error <3)
{
    pitch_pid_i = pitch_pid_i+(pitch_ki*pitch_error);
}

roll_pid_d = roll_kd*(roll_error - roll_previous_error)/elapsedTime);
pitch_pid_d = pitch_kd*((pitch_error - pitch_previous_error)/elapsedTime);

roll_PID = roll_pid_p + roll_pid_i + roll_pid_d;
pitch_PID = pitch_pid_p + pitch_pid_i + pitch_pid_d;
    
```

Gambar 8 Implementasi Perhitungan PID

Gambar 8 merupakan implementasi dari perhitungan PID, masing masing dari Kp, Kp, Kd dilakukan perhitungan untuk menentukan PID roll dan PID pitch dimana hasil dari PID akan menentukan putaran motor untuk menjaga respon motor agar nilai set point menjadi 0 dan quadcopter menjadi setimbang.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian serta analisis dari system yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode kontrol PID belum berhasil menstabilkan propeller pada UAV, dikarenakan mekanik yang dibuat pada alat Tugas Akhir yang telah dibuat terdapat perbedaan ukuran. Dengan nilai P=10, I=0, dan D=0 adalah nilai pid yang mendekati UAV menjadi osilasi tetapi masih belum berhasil.
2. Penerapan metode kontrol PID pada UAV dapat digunakan. Adapun sistem kendali PID yang diterapkan pada kendaraan tanpa awak jenis propeller belum bekerja dengan baik dikarenakan sensor yang mendeteksi kemiringan selalu memberikan nilai yang berbeda dengan nilai persentase error pada sensor dengan nilai 6% pada sumbu Y dan 3% pada sumbu X.

2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat kekurangan dalam alat yang telah dirancang, maka diharapkan adanya saran untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Peningkatan yang dapat dilakukan ialah:

1. Mekanik yang akan dibuat untuk alat yang akan dirancang memerlukan pengukuran yang presisi dan akurat, dan membutuhkan biaya

- yang lumayan untuk membeli part part dari UAV itu sendiri.
2. Menentukan komponen ESC, Baterai, Sensor Gyro, dan motor harus dilakukan perhitungan untuk mempertimbangkan mekanik yang akan digunakan.
3. Pada sensor MPU disarankan menggunakan sensor yang berbeda dari penelitian yang dilakukan guna perbandingan pada nilai yang dihasilkan.

REFERENSI

P. Fidiatoro, “Pengaplikasian Sensor Akselerometer Dan Giroskop Dalam Stabilisasi Robot Terbang 4 Baling – Baling (Quadcopter) Laporan,” Politeknik Negeri Sriwijaya, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.

[2] A. Dharmawan and I. N. Firdaus, “Purwarupa Sistem Otomasi Terbang Landas dan Mendarat Quadcopter,” IJEIS - Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems, vol. 2, no. 1, pp. 87–96, 2012, doi: 10.22146/ijeis.2343.

[3] S. K. Indrawan, F. Hadary, and A. Hartoyo, “Rancang Bangun Robot Terbang Penghindar Halangan Dalam Ruang Bersekat,” ELKHA: Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 2, pp. 82–87.

[4] M. S. Hudha and M. S. Zuhrie, “Rancang bangun sistem pengendalian self balancing pada dual motor proppeler menggunakan kontroler PID,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 8, no. 3, 2019.

[5] F. A. Permadi, R. E. A. Kadier, and A. Fatoni, “Perancangan dan Implementasi Autonomous Landing Menggunakan Behavior-Based dan Fuzzy Controller pada Quadcopter,” Jurnal Teknik ITS, vol. 1, no. 1, pp. A90–A95, 2012.

[6] E. Haerani, “Analisa Kendali Logika Fuzzy Dengan Metode Defuzzifikasi COA (Center of Area), Bisektor , MOM (mean of Maximum), LOM (Largest of Maximum), DAN SOM (Smallest of Maximum),” Jurnal Sains dan Teknologi Industri, 2015.

[7] F. Baskoro, P. A. Guntoro, M. S. Zuhrie, B. Suprianto, and I. G. P. A. Buditjahjanto, “Sistem Kendali Dual Motor Propeller Pada Alat Self Balancing Menggunakan Kontroler Pid Dengan Tuning CHR,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 1, pp. 19–27, 2021.

[8] B. J. Utomo and S. Siregar, “Rancang Bangun UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Model Quadcopter dengan Menggunakan Algoritma Proportional Integral Derivative,” eProceedings of Applied Science, vol. 1, no. 1, 2015.

[9] E. B. Purwanto, S. Lie, and S. H. Nasution, “Pemodelan Dan Simulasi Sistem Kendali Proportional Integral Derivative Untuk Kestabilan Dinamika Terbang Unmanned Aerial Vehicle (Modeling And Simulation Of PID Control For Flight Dynamic Stability of UAV),” Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, vol. 8, no. 2, 2013.

[10] E. Kuantama, D. Craciun, I. Tarca, and R. Tarca,

- “Quadcopter propeller design and performance analysis,” in *New Advances in Mechanisms, Mechanical Transmissions and Robotics*, Springer, 2017, pp. 269–277.
- [11] A. Arnizam, “Rancang Bangun Sistem Penyemprotan Pestisida dan Pupuk pada Tanaman Padi Menggunakan Mikrokontroler,” 2018, [Online]. Available: <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/16066/>
- [12] S. A. Alamsyah and M. Rivai, “Implementasi Lidar sebagai Kontrol Ketinggian Quadcopter,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, pp. A109–A114, 2020.
- [13] A. H. Kurniawan and M. Rivai, “Sistem Stabilisasi Nampun Menggunakan IMU Sensor Dan Arduino Nano,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, pp. A270–A275, 2018.
- [14] I. InvenSense, “MPU-6000 and MPU 6050 Product Specification Revision 3.4,” United States, 2013.
- [15] A. Nari, “Analisis Perbandingan Pengendali SMC dan Hybrid SMC-Fuzzy Untuk Mengendalikan Posisi Hover Quadcopter Pada Sudut Yaw,” *Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2010.
- [16] B. Novridityo and A. Nurcahyo, “Pengaplikasian Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04 Pada Drone Quadcopter F330,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 7, no. 2, pp. 216–225, 2021.
- [17] A. Sugih, M. Huda, T. A. Zuraiyah, and F. L. Hakim, “Prototype Alat Pengukur Jarak Dan Sudut Kemiringan Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Accelerometer Berbasis Arduino Nano,” *Bina Insani ICT Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 185–194, 2019.
- [18] V. Praveen and S. Pillai, “Modeling and simulation of quadcopter using PID controller,” *International Journal of Control Theory and Applications*, vol. 9, no. 15, pp. 7151–7158, 2016.