

Implementasi Waypoint Menggunakan GPS pada UAV untuk Mendapatkan Akurasi Terbaik dengan Pengontrol PID

Ade Firli Ansyori, Anton Yudhana

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 22 September 2021

Direvisi 26 November 2021

Diterima 14 Desember 2021

Kata Kunci:

UAV;
Waypoint;
GPS;
PID;
Fixed Wings

Penulis Korespondensi:

Anton Yudhana, Program Studi
Teknik Elektro, Universitas
Ahmad Dahlan Kampus 4
UAD, Jln. Ring Road Selatan,
Tamanan, Banguntapan,
Bantul, Yogyakarta, Indonesia.

ABSTRAK

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) is an unmanned aerial vehicle from a technical point of view, a UAV can be defined as an aircraft equipped with the necessary data processing units, sensors, automatic control, and communication systems, and capable of performing autonomous flight missions without manual intervention. This research is a research development and testing of the capabilities of fixed-wing aircraft, on flight missions, fixed-wing aircraft are often less precise so the accuracy of UAV flights is very influential in the intended coordinate mission in determining flight accuracy by following the coordinate point data provided obtained via GPS (Global Positioning System) can be minimized by setting the value of the PID manually on the Mission Planner so that the fixed-wing aircraft vehicle can go to its destination with precision at a predetermined coordination point. tracking can follow the desired coordinate point. With a PID value of P:0.65 I:0.3, D:6. The error distance generated by the fixed-wing aircraft from each coordinate point destination that has been given to the mission planner gets an error distance value of ± 3 m, with a level of precision in the Good category or the medium category.

*Unmanned Aerial Vehicles (UAV) merupakan salah satu wahana tanpa awak di udara dari sudut pandang teknis, UAV dapat didefinisikan sebagai pesawat yang dilengkapi dengan unit pengolah data yang diperlukan, sensor, sistem kontrol dan komunikasi otomatis, dan mampu melakukan misi penerbangan otonomus tanpa intervensi manual. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dan menguji kemampuan wahana pesawat *fixed-wings*, pada misi penerbangan wahana pesawat *fixed-wing* sering kali kurang presisi sehingga keakuratan pada penerbangan UAV sangat berpengaruh dalam suatu misi koordinat yang dituju, sehingga dalam menentukan keakurasian penerbangan dengan mengikuti data titik koordinasi yang di dapatkan melalui GPS (*Global Positioning System*) dapat diminimalisi dengan mengatur nilai dari PID-nya secara manual pada *Mission Planner*, sehingga wahana pesawat *fixed-wing* dapat menuju lokasi tujuannya dengan presisi pada titik koordinasi yang telah di tentukan., Dari simulasi penelitian diperoleh proses *tracking* dapat mengikuti titik koordinat yang diinginkan. Dengan nilai PID sebesar P:0.65 I:0.3, D:6. Jarak *error* yang dihasilkan dari wahana pesawat *fixed-wings* dari setiap tujuan titik koordinat yang telah diberikan pada *mission planner* mendapatkan nilai jarak *error* ± 3 m, dengan tingkatan presisi pada katagori *Good* atau katagori yang sedang.*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Sitasi Dokumen ini:

A. F. Ansyori and A. Yudhana, "Implementasi Waypoint Menggunakan GPS Pada UAV Untuk Mendapatkan Akurasi Terbaik dengan Pengontrol PID," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 210-220, 2021. DOI: [10.12928/biste.v3i3.4851](https://doi.org/10.12928/biste.v3i3.4851)

1. PENDAHULUAN

Unmanned Aerial Vehicles [1] merupakan salah satu wahana tanpa awak di udara dari sudut pandang teknis, UAV dapat didefinisikan sebagai pesawat yang dilengkapi dengan unit pengolah data yang diperlukan, sensor, sistem kontrol dan komunikasi otomatis, dan mampu melakukan misi penerbangan otonom tanpa intervensi manual. Dengan menggunakan prinsip gaya aerodinamik untuk menghasilkan suatu gaya angkat [2].

Pada mode *autopilot* pesawat akan dikendalikan oleh *mikrokontroler* yang mengolah data-data sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) [3] yang di dalamnya terdapat *gyroscope* [4] dan *accelerometer* [5], GPS dan barometric altimeter sehingga dapat terbang secara otomatis sesuai dengan *waypoint* GPS yang dimasukkan. *Mikrokontroler* akan menerima dan mengolah data dari sensor dan menghasilkan keluaran untuk menggerakkan *servo elevon*. Pengolahan data dari sensor menggunakan kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) untuk mengirimkan data penerbangan ke darat [6].

Salah satu permasalahan dalam implementasi *waypoint* menggunakan GPS pada UAV untuk mendapatkan akurasi terbaik dengan pengontrol PID yaitu pada penentuan *waypoint* pada wahana *fixed-wing* [7] sering kali kurang presisi Sehingga keakuratan pada penerbangan UAV sangat berpengaruh dalam suatu misi koordinat yang dituju. Dengan menggunakan sistem *autopilot* yang menggunakan *mikrokontroler* berupa *pixhawk flight controller* [8] dengan bantuan perangkat lunak mission planner [9] dan bermacam sensor, seperti *gyroscope*, *accelerometer*, magnetometer, barometer dan *Global Positioning System* (GPS). Agar sistem dapat bekerja dengan maksimal sesuai kebutuhan pengguna, maka dibutuhkan suatu konfigurasi yang sesuai dengan prosedur. Proses ini dimulai dengan pembuatan wahana yang akan digunakan kemudian pemasangan *autopilot* dan GPS yang dilanjutkan dengan proses konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak. Konfigurasi perangkat keras yaitu pemasangan komponen elektronik penunjang pada wahana. Sedangkan konfigurasi perangkat lunak yaitu meliputi pemasangan *firmware*, kalibrasi sensor, dan pengaturan nilai PID.

Cara agar wahana UAV tetap dalam jalur koordinat yang diberikan dan jarak *error* yang di hasilkan bisa diminimalisasi sesuai dengan nilai referensi. Maka permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan cara menggunakan metode pengendali PID dengan mengetahui jarak *error* pada wahana UAV melalui data titik koordinat dari GPS.

Pada penelitian ini akan membuat *fixed-wing* (UAV) mendapatkan akurasi tinggi dengan mengembangkan GPS serta dengan pengendali PID. Pesawat *fixed-wing* harus melalui proses penyesuaian sebelum pemetaan agar pesawat dapat menjaga keseimbangan di udara dan melawan angin. "Penyesuaian PID dilakukan secara manual dan otomatis. Nilai PID untuk penyesuaian manual diperoleh melalui *trial* dan *error*, dan nilai PID untuk *tuning* otomatis diperoleh dengan cara *autotune* [8].

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Kholis, Pada penelitian ini *fixed-wing* dilengkapi dengan perangkat GPS (*Global Positioning System*) dimanfaatkan sebagai alat pencarian target berdasarkan koordinat yang telah ditentukan secara otomatis. Perlu dilakukan integrasi antara pergerakan pesawat dengan sistem perhitungan koordinat GPS, sehingga pesawat dapat bergerak secara otomatis menuju koordinat yang dituju. *Mission Planner* sebagai aplikasi pendukung otomatis terbang ke tujuan. *Error* titik koordinat tujuan dalam penelitian adalah 1,5 meter [10].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kadier, simulasi kontrol *tracking* menggunakan kontroler PID dapat memberikan respons posisi pesawat yang mampu mengikuti sinyal referensi dengan mempertahankan posisi pesawat pada lintasan *waypoint* yang telah ditentukan. Pada nilai parameter kontroler yang didapatkan dari penelitian memperoleh gain kontroler yang mampu memberikan respons yang lebih baik, sehingga didapatkan nilai keadaan tunak pada gerak roll sebesar 0,03 % dan 0,14 % pada gerak yaw [11].

2. METODE

UAV dapat didefinisikan sebagai pesawat yang dilengkapi dengan unit pengolah data yang diperlukan, sensor, sistem kontrol dan komunikasi otomatis, dan mampu melakukan misi penerbangan otonom tanpa intervensi manual. Dengan menggunakan prinsip gaya aerodinamik untuk menghasilkan suatu gaya angkat [2]

Pada prinsip Konsep Aerodinamika Pesawat [12], terdapat gaya yang menyebabkan pesawat dapat terbang. Sebagaimana kita ketahui, di permukaan bumi ini setiap benda yang beratnya lebih berat dari udara pasti akan jatuh ke permukaan bumi. Untuk mempertahankan agar benda tetap berada pada tempatnya dan tidak jatuh ke bumi, maka dibutuhkan Gaya (*Force*) sebesar Gaya Gravitasi (*G-Force*) yang timbul terhadap benda itu, yang dalam sehari-hari disebut Berat (*Weight*) [3].

Pada bagian PC yang terhubung dengan Radio *Telemetry* yang digunakan sebagai pendukung untuk mengirimkan data koordinat tujuan (*waypoint*) pada *software* yang kemudian akan dikirim melalui bantuan radio telemetri. Saat data dikirimkan dari PC maka akan diterima oleh radio telemetri dimana data tersebut akan diteruskan ke bagian *Pixhawk* yang merupakan otak dari *fixed-wing* (*Flight Control Board*) yang berfungsi sebagai pengontrol semua sistem pada *fixed-wing* serta menerima data-data yang dikirimkan oleh perangkat pendukungnya. Sensor *Gyro*, *Accelerometer* yang terintegrasi pada *Pixhawk* sebagai sensor

pendukung untuk dapat menjaga kestabilan UAV, Kemudian modul GPS yang terintegrasi dengan sensor kompas merupakan salah satu bagian terpenting, karena GPS dapat membantunya menemukan koordinat *fixed-wing* dan memperoleh koordinat tujuan (*waypoint*). Koordinat yang diterima modul GPS akan membantu otak *fixed-wing* tetap terbang secara stabil pada ketinggian yang dibutuhkan. Sensor kompas yang terintegrasi dalam modul GPS merupakan alat untuk menentukan arah mata angin dari *fixed-wing*, karena sensor magnetometer akan mengacu pada sensor kompas tersebut membantu *fixed-wing* mengetahui arah posisinya. Transmitter RC adalah komponen yang digunakan untuk melakukan beberapa proses manual pada *Fixed-wing*, di antaranya melakukan proses *arming*, proses *disarming*, *takeoff* manual, *landing* manual. Instruksi ini akan diterima oleh *receiver* RC yang terpasang *Flight Control Board*. Selama proses *arming*, software pada PC juga akan menerima inisialisasi dari data *arming* yang dieksekusi, kemudian instruksi terakhir adalah melengkapi *Flight Control Board* penerbangan untuk mengeksekusi atau memerintahkan ESC untuk menggerakkan motor agar berputar sesuai dengan data yang diterima [10].

Inertial Measurement Unit (IMU) [13] adalah sebuah unit yang terdapat pada modul elektronik yang digunakan untuk mengolah data kecepatan sudut dan akselerasi linear pada wahana pesawat, yang akan diteruskan menuju unit pemroses utama. Sistem IMU memiliki kombinasi dari beberapa sensor di antaranya yaitu *accelerometer* (sensor percepatan), *gyroscope* (sensor angular), dan Magnetometer [14] (sensor arah) untuk mengetahui keberadaan, pergerakan, dan arah dari wahana. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan wahana, *gyroscope* berfungsi untuk mengukur rotasi dari wahana, dan Magnetometer berfungsi untuk mengetahui kekuatan atau arah dari medan gaya dari wahana tersebut [4].

System instrumentasi IMU memerlukan kalibrasi terlebih dahulu untuk melakukan verifikasi kesalahan-kesalahan *hardware* yang mungkin terjadi pada rangkaian IMU seperti pada sambungan solder, kabel, hingga interferensi antar komponen. sehingga memerlukan platform untuk melakukan kalibrasi pada IMU dengan empat derajat kebebasan yang di antaranya pitch, yaw, roll, dan sumbu Z [15]. kalibrasi bertujuan untuk menangkap data parameter-parameter sinyal yang perlukan dalam sistem navigasi [16].

Pada penelitian ini akan menggunakan GPS [17]. Sensor ini bekerja dengan menerima data yang berisi waktu dan posisi satelit ketika data dikirimkan, melalui sinyal yang dipancarkan oleh satelit GPS. Dengan menerima data dari tiga satelit dengan posisi yang berbeda, data navigasi dapat dihitung secara *realtime*. Data navigasi dapat berupa posisi, arah, dan kecepatan pergerakan yang sedang terjadi [6].

Dalam melakukan misi *fixed-wing* harus melalui proses penyesuaian agar pesawat dapat menjaga keseimbangan di udara dan melawan angin. Penyesuaian PID dilakukan secara manual dan otomatis. Nilai PID untuk penyesuaian manual diperoleh melalui *trial* dan *error*, dan nilai PID untuk *tuning* otomatis diperoleh dengan cara *autotune* sehingga wahana dapat distabilkan dalam misi menuju titik koordinat yang telah ditentukan pada *Mission planner*.

2.1. Global Positioning System (GPS)

Pada dasarnya, penerima GPS membandingkan waktu sinyal yang dikirim oleh satelit (Gambar 1) dengan waktu yang diterima. Perbedaan waktu memberitahu penerima GPS seberapa jauh jarak satelit tersebut. Sekarang, dengan menggunakan jarak terukur dari beberapa satelit, penerima dapat menentukan posisinya Pengguna dan Tampilan di peta elektronik [18].

Tabel 1. Tingkat kepresisian GPS

Nilai Dop	Nilai Kepresisian	Keterangan
<1	<i>Ideal</i>	Nilai yang kurang dari 1 meter merupakan nilai tertinggi dari tingkat kepresisian pada GPS yang dipakai dalam sistem performa keakuratan tinggi.
1-2	<i>Excellent</i>	Pada Level tingkat keakuratan yang didapatkan 1 sampai 2 meter di kategorikan dengan <i>Excellent</i> yang merupakan tingkatan sistem aplikasi yang sensitif.
2-5	<i>Good</i>	Level kepresisian yang didapatkan pada nilai 2 sampai 5 meter ini termasuk katagori sedang.
5-10	<i>Moderate</i>	Pada Level kepresisian melebihi 5 sampai 10 meter termasuk kurang baik tetapi masih dapat digunakan sebagai perhitungan.
10-20	<i>Fair</i>	Pada Level kepresisian yang telah mendekati 10 sampai 20 meter termasuk yang rendah, hanya digunakan untuk perkiraan posisi.
>20	<i>Poor</i>	Pada ketidakakuratan posisi bisa mencapai 300 m.

Dengan fungsinya GPS sebagai penentuan titik koordinat yang dibantu oleh kompas sebagai penunjuk arah mata anginnya. Koordinat yang didapatkan akan langsung di kirim ke *mikrokontroler*. Dengan menggunakan *mikrokontroler* untuk memproses dan mengolah *input* data dari *receiver* dan sensor-sensor untuk menghasilkan *output* penggerak *elevon*.



Gambar 1. Sistem Navigasi UAV

2.2. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Sistem *electrical* pada UAV menggunakan *mikrokontroller* pixhawk sebagai otak dari wahana yang akan di hubungkan dengan Gps, Esc, Motor DC *Brushless*, *Reciver*, *Switch*, *Servo*, *Telemetry*, *Buzzer* dan Baterai yang terhubung dengan *Power module* sebagai daya untuk mengaktifkan wahana agar dapat beroperasi. Seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Eletrical pada UAV

Pesawat *fixed-wing* harus melalui proses penyesuaian sebelum melakukan misi penerbangan agar pesawat dapat menjaga keseimbangan di udara dan melawan angin. Penyesuaian PID dilakukan secara manual dan otomatis. Nilai PID untuk penyesuaian manual diperoleh melalui *trial* dan *error*, dan nilai PID untuk *tuning* otomatis diperoleh dengan cara *autotune* [8].

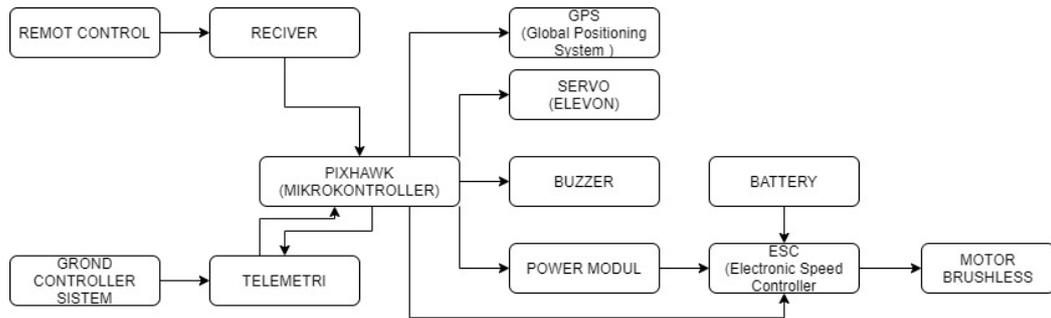
GPS atau yang sering di sebut dengan *Global Positioning System* sistem navigasi berbasis radio yang menggunakan satelit yang dirancang untuk memberikan informasi posisi, kecepatan, ketinggian dan informasi tambahan lainnya kepada pengguna [19] berdasarkan garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*), hampir setiap saat dan dalam kondisi cuaca apa pun. Alat untuk menerima sinyal satelit yang dapat digunakan pengguna adalah pelacak GPS, dengan alat ini pengguna dapat melacak lokasi kendaraan, armada atau mobil secara *real-time* [20].

Pada dasarnya, penerima GPS membandingkan waktu sinyal yang dikirim oleh satelit dengan waktu yang diterima. Perbedaan waktu memberitahu penerima GPS seberapa jauh jarak satelit tersebut. Sekarang, dengan

menggunakan jarak terukur dari beberapa satelit, penerima dapat menentukan posisinya Pengguna dan Tampilan di peta elektronik [18]. Tujuan mengembangkan GPS dan pengontrol PID pada *Elevons* adalah untuk menurunkan error titik koordinat tujuan dan meningkatkan keakurasian titik koordinat tujuan dari *fixed-wing* (UAV) tersebut.

2.3. Desain Sistem

Perancangan sistem pada Implementasi *waypoint* menggunakan GPS pada UAV untuk mendapatkan akurasi terbaik dengan Pengontrol PID. pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen penunjang di antaranya bagian Eletrical, Gps, *Software Mission Planer*, dan bagian *mikrokontroller* serta mengatur PID pada *Unmanned Aerial Vehicles* agar mendapatkan nilai akurasi yang tinggi, seperti yang tersusun di dalam Diagram pada Gambar 3.

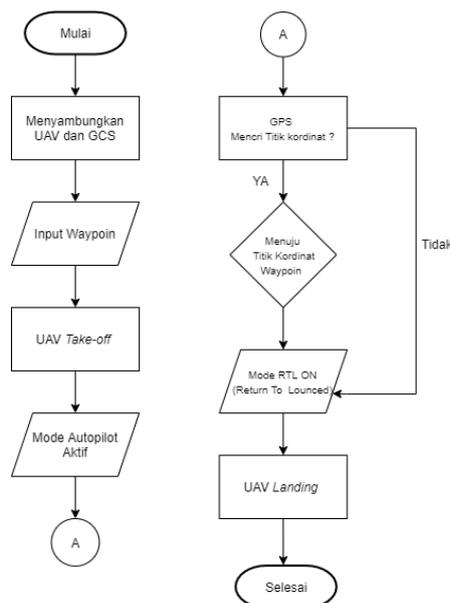


Gambar 3. Diagram Block Hardware

Dari diagram *block hardware* tersebut dapat dilihat Pixhawk merupakan sebagai *Mikrokontroller* dari wahana *Fixed-wing* yang terhubung dengan beberapa komponen yang berupa, GPS, *Servo Elevon*, *Buzzer*, Power modul, ESC yang terhubung dengan Motor *Brushless*, serta *Batteray* yang memberi daya terhadap wahana *fixed-wing* melalui jalur nirkabel, dan ada receiver dan juga telemetri yang menghubungkan *mikrokontroller* terhadap *Ground Controller Sistem* serta remot yang terhubung dengan radio sebagai pengendali jarak jauh wahana *fixed-wing*.

2.4. Algoritma

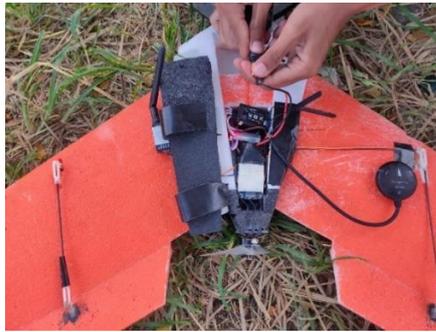
Pada perancangan penelitian implementasi *waypoint* menggunakan GPS pada UAV untuk mendapatkan akurasi terbaik dengan pengontrol PID ini memiliki skema proses penerbangan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Alur Terbang UAV

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian implementasi waypoint menggunakan GPS pada UAV untuk mendapatkan akurasi terbaik dengan pengontrol PID ini dilakukan pengujian kesiapan terlebih dahulu terhadap perangkat keras serta perangkat lunak pada wahana fixed-Wing terlebih dahulu, agar mengurangi terjadinya error ketika melakukan misi penerbangan. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan konfigurasi perangkat keras yaitu pemasangan komponen elektronik penunjang pada wahana Gambar 5, yang dapat dilihat pada Tabel 2 Sedangkan konfigurasi perangkat lunak yaitu meliputi pemasangan firmware, kalibrasi sensor, dan pengaturan nilai PID. Setelah konfigurasi selesai, untuk mengetahui kinerja autopilot diperlukan pengujian terbang wahana dengan berbagai macam mode terbang.



Gambar 5. Wahana Fixed-wings

Tabel 2. Hasil pengujian perangkat Keras

Komponen	Keterangan
GPS	Terhubung
MOTOR	Terhubung
SERVO	Terhubung
SIK RADIO V1	Terhubung
POWER MODUL	Terhubung

Setelah memastikan seluruh perangkat keras serta perangkat lunak sudah terpasang dan terhubung dengan baik maka selanjutnya melakukan simulasi pengujian wahana dengan melakukan misi penerbangan sesuai dengan perintah yang telah di masukkan pada bagian *Mission Planner*.

Pada pengujian kali ini dilakukan dengan cara melihat hasil dari data penerbangan wahana yang dapat diketahui dari sensor ketinggian, kecepatan, dan jarak tempuh dari posisi awal wahana atau home position, dari data misi penerbangan wahana didapatkan data yang ditampilkan pada Tabel 3.

Dalam penelitian ini telah melakukan beberapa kali uji coba dengan percobaan terbang yang di mana nilai PID yang di berikan pada percobaan pertama yaitu nilai bawaan pada wahana pesawat Fixed-wings dengan nilai P:0,8, I:0,2, D:0,035. sedangkan pada penerbangan kedua nilai PID yang diberikan yaitu dengan nilai P:0,65, I:0,3, D:0,06 dapat menyesuaikan dengan titik koordinat yang didapatkan dari data GPS. Dari simulasi misi penerbangan ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Dari hasil data uji coba misi penerbangan yang dilakukan didapatkan hasil yang berbeda dimana nilai dari PID yang di berikan sangat berpengaruh pada misi penerbangan yang dilakukan oleh wahana Fixed wing UAV ini, dimana nilai PID percobaan pertama masih memiliki jarak error yang lumayan jauh dari titik koordinat yang diinginkan yang telah di berikan pada Mission Planner sedangkan pada percobaan misi penerbangan kedua lebih akurasi di bandingkan percobaan pertama, dapat dilihat wahana fixed-wing ini sudah dapat mengikuti garis titik koordinat yang di kirimkan GPS pada wahana sehingga dapat menyelesaikan misi dengan hasil yang hampir sempurna.

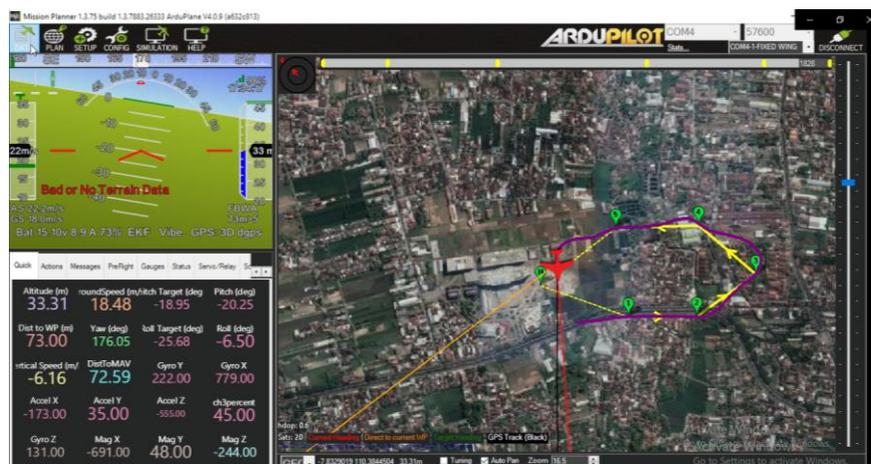
Dari percobaan yang telah dilakukan pada penelitian ini, didapatkan beberapa kali pengujian dengan memberikan nilai PID yang berbeda sehingga didapatkan data yang maksimal sehingga dalam proses misi penerbangan pada wahana fixed-wings sudah dapat mendekati implementasi kepada titik koordinat yang sudah diberikan, dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, maka didapatkan data pengujian seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Data pengujian Ketinggian, kecepatan, dan jarak tempuh

Time (s)	Ketinggian (m)	Kecepatan (m/s)	Jarak dari Home (m)
0	0,54	0,12	9,11
5	22,47	14,65	47,73
10	62,75	14,24	114,14
15	82,24	15,99	151,47
20	65,61	19,02	121,03
25	65,21	16,77	115,61
30	67,38	16,26	172,84
35	67,32	16,56	243,12
40	86,79	14,75	315,08
45	79,09	16,98	401,22
50	79,50	19,43	465,61
55	77,62	18,86	535,33
60	73,48	21,0	588,66
65	80,15	25,63	510,81
70	80,29	19,91	434,19
75	77,97	21,86	339,07
80	78,87	19,47	250,86

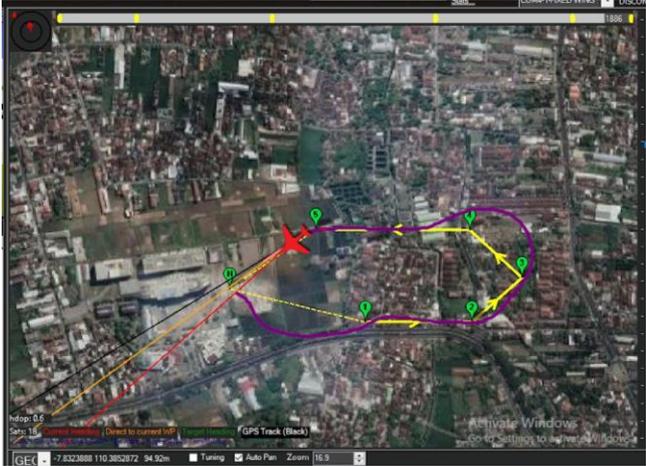
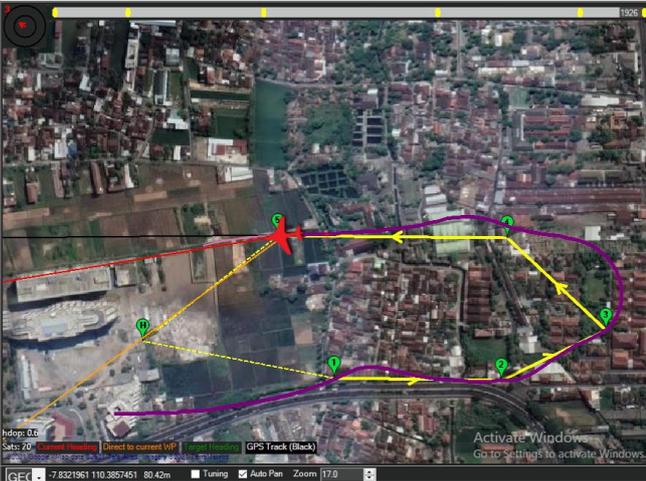
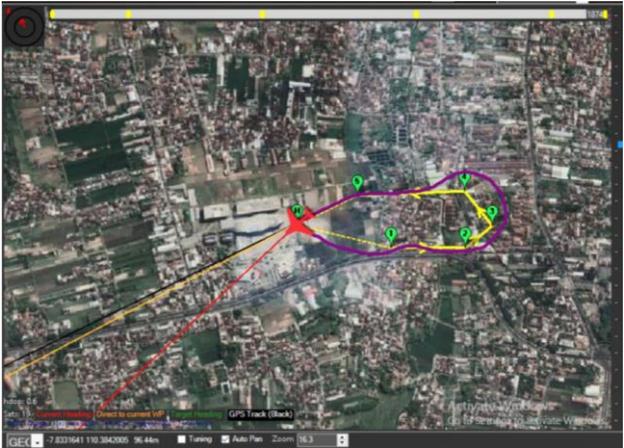


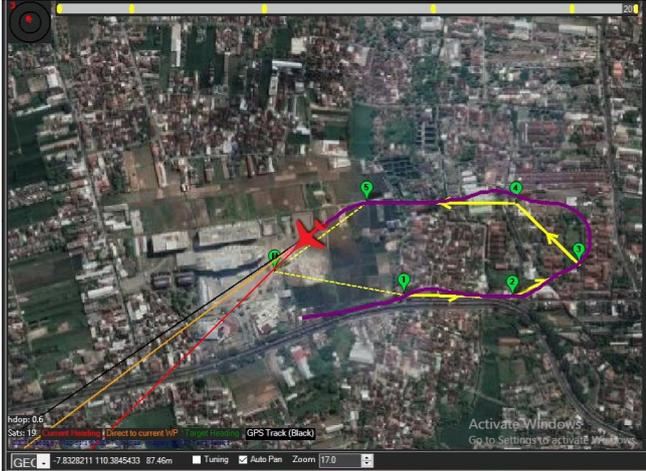
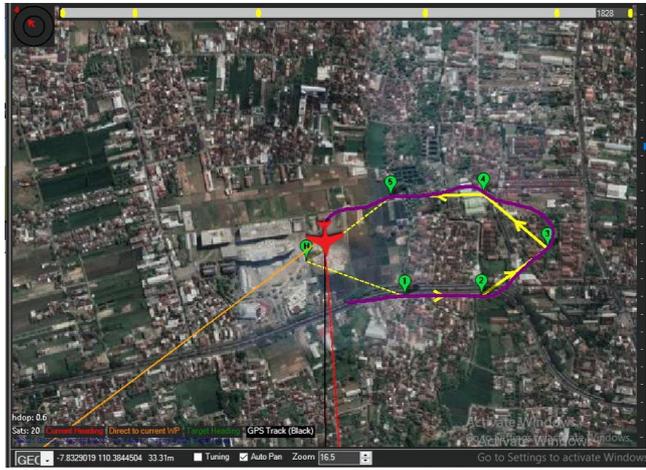
Gambar 5. Misi penerbangan pertama



Gambar 6. Misi penerbangan kedua

Tabel 4. Hasil Uji Misi Penerbangan

Data	Nilai PID			Hasil Misi Penerbangan
	P	I	D	
Data 1	0,8	0,2	0,035	
Data 2	0,9	0,2	0,35	
Data 3	0,7	0,15	0,05	

Data 4	0,65	0,1	0,035	
Data5	0,65	0,3	0,06	

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa dalam implementasi keakurasian wahana dalam melakukan misi sangat di pengaruhi oleh GPS dan nilai PID, dimana dengan tingginya keakurasian data dari GPS yang didapatkan akan memudahkan untuk mengetahui untuk dapat memberikan nilai dari PID yang akan diberikan, dari percobaan ini nilai PID yang di berikan yaitu dengan nilai P:0.65, I:0.3, D:0.06 dapat menyesuaikan dengan titik koordinat yang didapatkan dari data GPS. Jarak *error* yang dihasilkan dari wahana pesawat *fixed-wings* dari setiap tujuan titik koordinat yang telah diberikan pada *mission planner* mendapatkan nilai jarak *error* ± 3 m, dengan tingkatan presisi pada katagori *Good* atau katagori yang sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pembuatan naskah artikel ini saya sangat berterima kasih kepada dosen pembimbing skripsi yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan sebuah artikel ini, dan tak lupa juga rasa terima kasih saya kepada orang tua dan teman – teman saya yang sudah mendukung serta membantu dalam menyelesaikan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- [1] S. A. Akbar and A. Yudhana, "Wahana quadcopter bagi lahan tanaman padi," *J. Ecotipe*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016, <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v3i2.22>
- [2] N. S. Widodo, A. Yudhana, and Sunardi, "Low cost open source based uav for aerial photography," *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 1, no. 10, pp. 416–424, 2014.
- [3] H. S. Saroinsong, V. C. Poekoel, and P. D. Manembu, "Rancang bangun wahana pesawat tanpa awak (Fixed Wing) berbasis ardupilot," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–84, 2018, <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/19195>.

- [4] A. U. Darajat, M. Komarudin, and S. R. Sulistyanti, "Sistem Telemetri Unmanned Aerial Vehicle (UAV) BERBASIS Inertial Measurement Unit (IMU)," *Electr. J. Rekayasa dan Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 169–177, 2012, <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/87>.
- [5] M. R. Radhelan, E. Syafrianti, and L. O. Sari, "Pemanfaatan UAV Jenis Quadcopter Dengan Terbang Otomatis Untuk Perbandingan Titik Koordinat Google Map Dengan Glonass," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 7, pp. 1–8, 2020, <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/28339>.
- [6] R. Hidayat and R. Mardiyanto, "Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning System) Waypoint," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16342>.
- [7] S. Wang, Z. Zhen, J. Jiang, and X. Wang, "Flight tests of autopilot integrated with fault-tolerant control of a small fixed-wing UAV," vol. 2016, 2016, <https://doi.org/10.1155/2016/2141482>.
- [8] A. Hermawan and M. Muliady, "Realisasi dan Tuning Pengontrolan PID drone fixed wing untuk pemetaan udara," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 6, no. 2, 2019, <https://doi.org/10.21107/triac.v6i2.5846>.
- [9] I. P. H. Prayogo, F. J. Manoppo, and L. I. R. Lefrandt, "Pemanfaatan teknologi unmanned aerial vehicle (uav) quadcopter dalam pemetaan digital (fotogrametri) menggunakan kerangka ground control point (GCP)," *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 10, no. 1, 2020, <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/29422>.
- [10] W. Styorini, I. Renaldo, and W. Khabzli, "Quadcopter (UAV) akurasi tinggi dengan metode penggabungan GPS dan GLONASS," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI 2019)*, pp. 542–548, 2019, <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/SNTIKI/article/view/8025>.
- [11] H. S. Widodo, R. E. A. Kadier, and J. Susila, "Perancangan dan implementasi kontroler pid untuk pengaturan heading dan pengaturan arah pada fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV)," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. A174–A178, 2012, <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/273>.
- [12] H. S. Widodo, R. E. A. Kadier, and J. Susila, "Perancangan dan implementasi kontroler pid untuk pengaturan heading dan pengaturan arah pada fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV)," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. A174–A178, 2012, <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/273>.
- [13] D. B. Widyantara, R. Sumiharto, and S. B. Wibowo, "Purwarupa sistem kendali kestabilan pesawat tanpa awak sayap tetap menggunakan robust PID," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 6, no. 2, p. 139, 2016, <https://doi.org/10.22146/ijeis.15260>.
- [14] A. Yudhana, N. S. Widodo, and Sunardi, "Implementation of Quadcopter for Capturing Panoramic Image at Sedayu Bantul," *Int. Conf. Comput. Sci. Eng.*, pp. 37–39, 2014, <https://seminar.ilkom.unsri.ac.id/index.php/iconcse/article/view/8>.
- [15] J. D. Setiawan, A. Widodo, and D. B. Nugroho, "Perancangan dan Pembuatan Platform Validasi Inertial Measurement Unit (IMU)," *Rotasi*, vol. 13, no. 1, pp. 1–7, 2013, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/4416>.
- [16] M. D. Dzulfiqar and N. S. Widodo, "Implementasi PID navigasi pelacakan titik api dengan sensor flame array pada robot hexapod KRPAL," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 131–143, 2019, <https://doi.org/10.12928/biste.v1i3.1126>.
- [17] C. A. Rokhmana, and D. Atunggal, "Kajian penggunaan gps modul pada penentuan posisi exposure dalam misi UAV," *FIT-ISI dan CGISE*, 2016, <https://www.researchgate.net/profile/Dedi-Atunggal/publication/332012445>.
- [18] A. K. Rahman, H. Supriyanto, and T. Meizinta, "Rancang bangun dan implementasi sistem kendali quadcopter melalui jaringan internet berbasis lokasi menggunakan smartphone android," *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi*, 2018, <https://doi.org/10.5614/sniko.2018.35>.
- [19] S. Sugeng, R. A. Putra, R. F. Muslim, and Y. Septianto, "Unmanned aerial vehicle (UAV) for mapping plantation Area," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 79–89, 2019, <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1642>.
- [20] Q. Dermawan, M. Sadli, and A. Bintoro, "Penggunaan motor dc brushless sunny sky x2212-13 kv: 980 ii pada perancangan quadcopter," *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 7, no. 2, p. 39, 2018, <https://doi.org/10.29103/jee.v7i2.1060>.

BIOGRAFI PENULIS



Ade Firli Ansyori adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta



Anton Yudhana adalah Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta