

Sistem Otomasi Landing Dan Waypoint Pada Drone Pemantauan Kualitas Air Sungai Citarum

1st Muhamad Rizal A
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
muhamadrizal@telkomuniversity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Ridho R
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mridhorosa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam rangka pembersihan sungai yang tercemar dibutuhkan data berkala agar progres dan evaluasi program pembersihan dapat dilakukan dengan baik. Sampai saat ini pengambilan data berkala mengenai kualitas air sungai dan pencarian titik pencemaran dilakukan secara manual oleh relawan turun ke lapangan dan mengambil sampel untuk nantinya diteliti lebih lanjut. Pada tugas akhir ini penulis akan merancang *drone* yang dapat mendeteksi kualitas air sungai dan mengirimkan ke stasiun pemantauan. Dengan mengandalkan sistem otomasi *landing* dan *waypoint* pada *drone*, pengambilan data akan dapat dilakukan lebih mudah. Harapannya dengan kemudahan yang diberikan ketika menggunakan alat ini pengambilan data akan dilakukan lebih sering sehingga perkembangan program pembersihan air sungai dapat terevaluasi dengan baik. Selain itu dengan adanya alat ini diharapkan titik pencemaran sungai akan lebih mudah ditemukan, sehingga dapat langsung ditindak lanjuti. *Drone* dapat membawa maksimal 800 gram payload untuk membawa perangkat sensor. Pada pengujian yang dilakukan dengan ketinggian 3 meter dan kecepatan 0,2 m/s *drone* mengalami penyimpangan rata-rata 0,0000227% pada derajat latitude dan 0,0000033% pada derajat longitude dan pada pengujian yang lain mengalami penyimpangan rata-rata 0,0000448% pada derajat latitude dan 0,0000341% pada derajat longitude. Simpangan terbesar yang terjadi jika

dikonversikan kedalam satuan meter, mencapai 4,5 meter.

Kata Kunci : UAV, drone, waypoint, landing, pemantauan kualitas air sungai

Abstract

To make the polluted river clean again, the data that conduct periodically need to be done so the progress and evaluation of the program went well. Until now data collecting is done manually by volunteers that go to the field and take the sample for further investigation. On this final task, writers design a drone that can collect the quality of river water data and send it directly to the observation station. Using an automatic landing and waypoint system on the drone, data collecting will be done much easier than before. The hope is the location where the river got polluted will be easier to find, so that it can be followed up immediately and data collection will be carried out more frequently. The drone can carry a maximum of 800 grams of payload for carrying the sensor devices. In tests that were carried out with a height of 3 meters and a velocity of 0,2 m/s the drone experienced an average deviation of 0,0000227% in degrees of latitude and 0,0000033% in degrees of longitude. In other tests, drones experienced an average deviation of 0,0000448% in degrees of latitude and 0,0000341% in degrees of longitude. The biggest deviation if we convert the number into meters, it exceeds 4,5 meters.

Keywords: UAV, drone, waypoint, landing, river water quality monitoring

I. PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air untuk kehidupan bagi manusia terutama bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Sungai sangat berperan dalam men-*supply* air untuk berbagai keperluan seperti sumber air untuk irigasi pertanian dan kebutuhan air lainnya. Tercatat kurang lebih 361.380 Ha atau 37% luas lahan sawah di Jawa Barat mendapatkan airnya dari irigasi teknis yang bersumber dari Sungai Citarum [1]. Selain itu, pada tahun 2012 sebanyak 15.950.299 jiwa atau 35,8% dari seluruh penduduk Jawa Barat tinggal di Wilayah Sungai Citarum yang menggantungkan kebutuhan airnya pada sungai citarum [2].

Namun pada tahun 2013 *Green Cross Switzerland* dan *Blacksmith Institute* menyatakan bahwa Sungai Citarum merupakan sungai yang paling tercemar di dunia [3]. Maka dari itu pemerintah daerah maupun pusat melakukan beberapa upaya untuk menjadikan sungai citarum menjadi sungai yang bersih kembali. Bahkan targetnya sungai citarum akan menjadi sungai dengan air yang layak minum. Beberapa program yang telah dicanangkan oleh pemerintah masih saja belum dapat merubah kondisi sungai citarum secara signifikan, seperti program “Citarum Bestari (Berisih, Sehat, lentari)” pada tahun 2013 dan yang terbaru yaitu program “Citarum Harum” yang sudah bergulir sejak tahun 2018 [4].

Berdasarkan masalah tersebut, dalam melaksanakan tugas akhir ini penulis akan membuat *automatic landing and waypoint system river water quality monitoring drone*. Melalui sistem ini *drone* dapat melakukan pengambilan data secara otomatis. *Drone* dapat terbang dari *base station* menuju titik yang sudah ditentukan dan data akan langsung diperoleh seketika *drone* telah mencapai titik yang ditentukan, kemudian *drone* akan secara otomatis bergerak menuju titik pemantauan berikutnya dan Kembali ke *base station*.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat memudahkan dalam pencarian data kualitas air sungai citarum. Sehingga semakin banyak data yang diperoleh dan dapat mempercepat tindakan Ketika terjadi pencemaran.

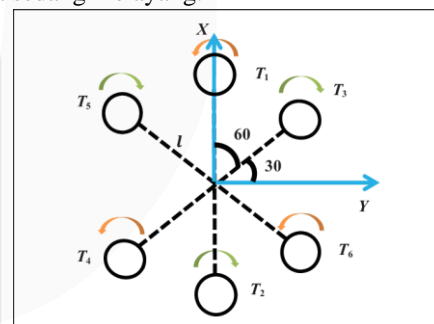
II. KAJIAN TEORI

a. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) / Drone

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) atau pesawat tanpa awak merupakan kendaraan yang dapat dikendalikan dari luar kendaraan tersebut atau mengendalikan dirinya untuk menjalankan misi yang sudah terprogram dalam sistem komputernya. UAV merupakan perpaduan antara sistem elektronik, komunikasi, dan mekanik sehingga dapat menghasilkan sebuah kendaraan yang mampu dikendalikan dari jarak jauh menggunakan gelombang radio atau secara otomatis dengan mengolah data sensor[10]. Disamping UAV banyak terminologi yang mengisyaratkan kendaraan tanpa awak seperti istilah yang digunakan oleh ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan BCAA (*British Civil Aviation Authority*) yaitu RPV (*Remotely Piloted Aerial Vehicle*) kemudian ada juga yang menyebutnya dengan RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). Pada dasarnya semua istilah diatas mengacu pada *drone*[11].

b. Hexacopter

Hexacopter merupakan salah satu layout dari UAV *multirotor*. *Hexacopter* menggunakan enam motor yang terhubung dengan *propeller* disusun secara melingkar disetiap 60 derajat. Ditengah rangka lengan motor akan ditempatkan beberapa komponen pendukung UAV seperti *flight controller*, GPS, baterai dan lain-lain. Hal ini dilakukan agar *drone* tetap stabil ketika sedang melayang.



Gambar 1 (Konfigurasi Rangka Drone Hexacopter)

Manuver pada *drone* dapat terjadi akibat dari perilaku putaran *propeller*. *Propeller* yang berputar akan menghasilkan dorongan keatas bagi *drone* sambil berputar searah jarum jam dan tiga *propeller* lainnya berputar berlawanan putaran jarum jam sehingga nilai total torsi yang dihasilkan adalah nol jika semua rotor berputar dengan kecepatan yang sama. Hal ini akan menghasilkan *drone* yang dapat melayang secara

stabil tanpa perubahan arah. Perbedaan besar dorongan keatas yang disebabkan oleh perbedaan kecepatan rotor dapat mengakibatkan *drone* berubah posisi atau bahkan berputar. Pada dasarnya terdapat empat pergerakan dalam sebuah *drone*, yaitu: *throttle*, *yaw*, *roll*, dan *pitch*[11].

c. Flight Controller Pixhawk

Flight Controller merupakan pusat sistem kontrol bagi pesawat tanpa awak atau UAV. *Flight controller* berperan untuk memadukan data dari berbagai sensor seperti GPS, barometer, magnetometer, *gyroscope*, dan *accelerometer* untuk diolah dan menghasilkan penerbangan yang stabil bagi *drone*[10]. Selain itu *flight controller* juga menyimpan informasi tugas yang akan dijalaninya yang diunggah dari *mission planner* oleh pengguna.

d. Motor BLDC

Motor BLDC merupakan motor listrik yang memanfaatkan prinsip gaya tarik pada magnet yang memiliki dua kutub magnet yang berbeda dan gaya tolak pada dua kutub magnet yang sama. Rotor BLDC tersusun dari beberapa magnet tetap yang tidak dapat mengubah kutub magnetnya, sedangkan stator dari BLDC tersusun dari belitan yang dapat mengubah kutub magnetnya sesuai polaritas arus belitan yang diberikan. Untuk memutar, motor BLDC harus mengetahui posisi rotornya agar dapat memberikan polaritas yang tepat untuk statornya. Motor BLDC memanfaatkan *hall effect* sensor yang dipasang pada stator, sensor inilah yang bertugas untuk mendeteksi posisi dari rotor sebuah BLDC tersebut[15].

e. ESC (Electronic Speed Controller)

ESC (*Electronic Speed Controller*) merupakan modul rangkaian elektronik yang memiliki fungsi mengatur putaran motor listrik dengan cara mengatur arus yang dibutuhkan oleh motor itu sendiri. Penggunaan ESC tidak bisa sembarang pilih, harus disesuaikan dengan kebutuhan motor listrik yang digunakan. Besar kuat arus ESC harus lebih besar atau minimal sama dengan arus yang dibutuhkan oleh motor yang digunakan dalam sistem. Hal ini untuk menghindari kurang optimalnya sistem bekerja jika, ESC memiliki kuat arus yang lebih kecil dari motor yang digunakan ESC akan mengalami *overheating* atau lebih parahnya lagi ESC dapat terbakar[13].

f. GPS (Global Positioning System)

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem navigasi yang memanfaatkan satelit yang saling berhubungan satu dengan lainnya. GPS pertamakali

dimanfaatkan untuk keperluan militer oleh *Department of Defense of United State* pada tahun 1978 dan mulai terbuka untuk umum pada tahun 1980. Satelit GPS pada saat ini sudah berjumlah 24 yang semuanya memancarkan

g. GCS (Ground Control Station)

GCS (*Ground Control Station*) merupakan sebuah perangkat lunak yang dapat berkomunikasi dengan UAV yang kita miliki melalui sebuah *wireless telemetry*. GCS akan menayangkan secara langsung data mengenai performa dan lokasi UAV yang terkoneksi dengan GCS tersebut, bahkan GCS dapat juga disebut sebagai *cockpit* virtual karena GCS dapat menampilkan instrumen-instrumen yang dimiliki oleh sebuah pesawat terbang. Selain menampilkan data GCS juga dapat mengendalikan terbangnya sebuah UAV seperti mengunggah perintah misi dan mengubah parameter-parameter. Jenis-jenis GCS yang tersedia sudah lebih dari cukup untuk saat ini salah satu contohnya yaitu "*Mission Planner*" [17].



Gambar 2 (Tampilan Aplikasi Mission Planner)

Pada software *mission planner* pengguna dapat mengendalikan berbagai jenis UAV mulai dari fixed wings UAV, multirotor *drone*, dan lain-lain. Pada tugas akhir ini penulis akan mempergunakan *mission planner* untuk Mengendalikan sebuah hexacopter. ketika mengoprasikan software *mission planner* pertama-tama kita akan dipertemukan dengan tampilan seperti pada Gambar 2. dalam tampilan terdapat beberapa window diantaranya yaitu: *window* peta, *window virtual attitude indicator*, dan beberapa *indicator gauge* lainnya yang menampilkan informasi mengenai UAV yang kita gunakan. Untuk dapat mengendalikan sebuah UAV pertama, pengguna harus mengkoneksikan *software* dengan UAV itu sendiri melalui perangkat *telemetry* dengan menekan tombol "connect" yang berada di pojok kanan atas pada gambar 2. Setelah software terkoneksi dengan UAV, pengguna

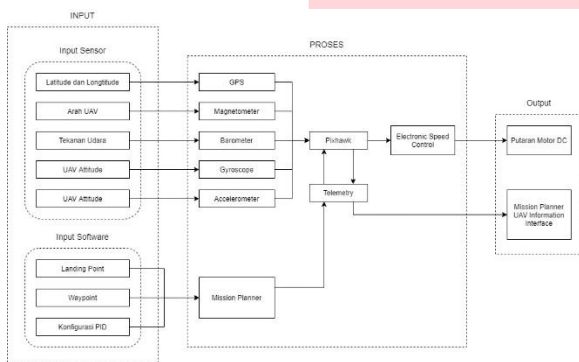
h. MAVLink

MAVLink (*Micro Air Vehicle Link*) merupakan protokol komunikasi kendaraan tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). MAVLink umumnya digunakan untuk mengatur komunikasi antara GCS (*Ground Control Station*) dan UAV. MAVLink pertama kali diaplikasikan pada tahun 2009 oleh Lorenz Meier. Tujuan awal dari pengaplikasian MAVLink yaitu untuk menstandarisasi *protocol* komunikasi UAV agar pengembangan kedepannya dapat mengikuti ketentuan universal tersebut tanpa mengembangkan protokol baru[18].



Gambar 4 (*Drone Pemantauan Kualitas Air Sungai*)

III. METODE



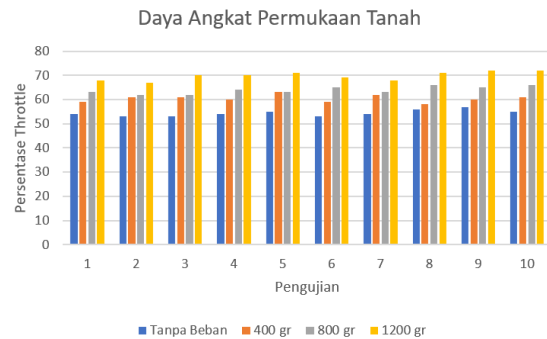
Gambar 3 (*Diagram Blok Alur Kerja Sistem*)

Pada gambar 3 terdapat diagram blok sistem secara keseluruhan mengenai otomasi sistem *landing* dan *waypoint* pada sebuah UAV yang akan dikerjakan oleh penulis. Informasi yang didapat untuk menjalankan sistem otomasi *landing* dan *waypoint* diantaranya yaitu informasi yang berasal dari software *mission planner*, *accelerometer*, *gyroscope*, *barometer*, *magnetometer*, dan *GPS*. Informasi tersebut akan diolah dan dipadukan oleh *flight controller* sehingga dapat memiliki output PWM yang sesuai untuk dihantarkan kepada ESC (*Electronic Speed Controller*) yang kemudian juga akan menggerakkan motor BLDC.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Daya Angkat Permukaan Tanah

Pengujian ini akan melihat kemampuan maksimal dari *hexacopter* dalam melakukan *take-off* diatas permukaan tanah dengan membawa beban. *Drone* akan *take-off* hingga ketinggian tiga meter. Pengujian ini diharapkan dapat menggambarkan apakah *hexacopter* yang didesain dapat membawa beban sensor untuk mendeteksi kualitas air sungai dan menjadi dasar bagi perancang alat pendeteksi berat maksimal yang dapat dibawa oleh *hexacopter* jika akan menambahkan komponen lainnya.

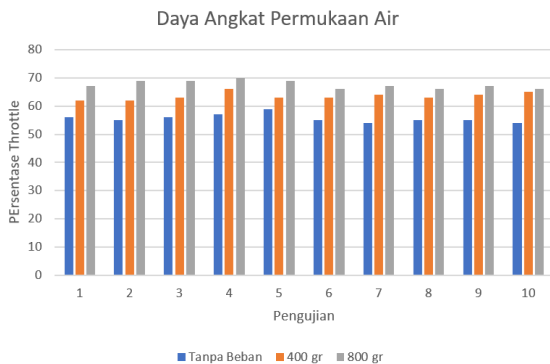


Gambar 5 (*Grafik Hasil Pengujian Daya Angkat Permukaan Tanah*)

Pada pengujian ini menunjukkan apakah *drone* dapat lepas landas diatas permukaan tanah dengan membawa beban dengan pengujian yang dilakukan sebanyak sepuluh (10) kali. Hasil dari pengujian menunjukkan *drone* dapat lepas landas diatas permukaan tanah hingga berat beban mencapai 1200 gram. Pada gambar 5 dapat dilihat perubahan persentase throttle dari pengujian ke pengujian. Perubahan juga dapat dilihat seiring bertambahnya payload yang dibawa. Pertambahan beban menyebabkan drone membutuhkan bukaan throttle lebih besar untuk dapat lepas landas.

b. Pengujian Daya Angkat Permukaan Air

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan hexacopter terhadap beban diatas permukaan air khususnya pada saat *Take-off*. Seperti pengujian sebelumnya diharapkan dari hasil pengujian ini dapat mengetahui apakah hexacopter dapat melakukan *take-off* dengan membawa beban sensor pemantauan kualitas air sungai. Dalam pengujian ini *drone* akan *take-off* hingga ketinggian tiga meter.

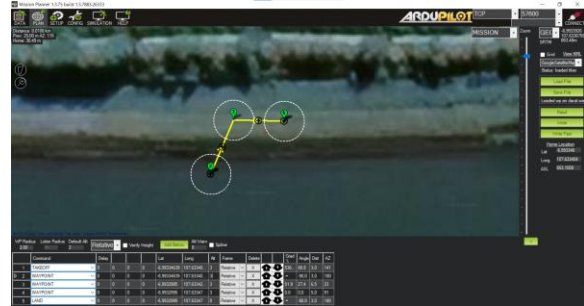


Gambar 6 (Grafik Hasil Pengujian Daya Angkat Permukaan Air)

Pada gambar 6 merupakan hasil dari pengujian dimana drone melakukan daya angkat pada permukaan air. Pada grafik dapat diamati perubahan persentase throttle seiring bertambahnya beban yang dibawa oleh drone. Penulis tidak melakukan pengujian untuk beban 1200 gram hal ini dikarenakan daya apung dari drone itu sendiri tidak memungkinkan untuk membawa beban sebesar 1200 gram.

c. Pengujian Waypoint dan Pendaratan Permukaan Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk memperlihatkan seberapa tepat hexacopter dapat mengikuti *waypoint* yang dimulai dengan *take off* diatas permukaan air dan mendarat diatas permukaan tanah. Pengujian ini mensimulasikan *hexacopter* pada saat kembali dari pengambilan data di atas permukaan air dan mengikuti *waypoint* menuju stasiun pengamatan kemudian melakukan pendaratan diatas permukaan tanah. Pengujian akan membandingkan latitude dan longitude yang sudah ditentukan pada *mission planner* dengan latitude dan longitude yang terbaca saat pendaratan. Dari data yang diambil dapat dilihat seberapa besar simpangan yang terjadi pada hexacopter pada saat menjalani tugas.



Gambar 7 (Tampilan Waypoint Pendaratan Permukaan Tanah Citarum pada Software Mission Planner)

Titik Waypoint	Target Waypoint		Waypoint Dilalui		Persentase Penyimpangan	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude (%)	Longitude (%)
Take-off	-	107,633	-	107,633	0,00001	0,0000
1	6,99334	107,633	6,9933	107,633	0,00002	0,0000
2	6,99329	107,633	6,9932	107,633	0,00001	0,0000
3	6,99329	107,633	6,9932	107,633	0,00000	0,0000
Landing	6,99329	107,633	6,9933	107,633	0,00001	0,0000
Rata – rata persentase penyimpangan					0,00001	0,0000
					23	035

Pada gambar 7 menunjukkan tampilan software mission planner pada saat pengujian menentukan waypoint dan titik pendaratan.

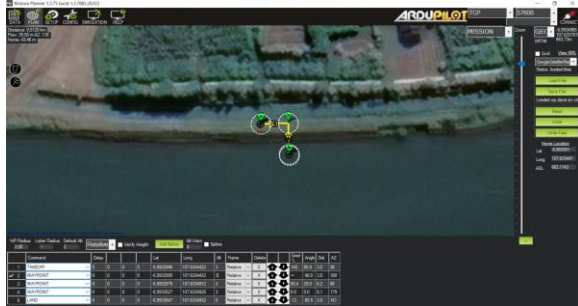
Tabel 1 (Perbandingan Latitude dan Longitude Harapan dan Pengujian Waypoint dan Pendaratan Permukaan Tanah Citarum)

Dari table 4.5 dapat diamati bahwasannya rata-rata penyimpangan yang terjadi pada pengujian *drone* yaitu 0,0000123% pada latitude dan 0,0000035% pada

longitude. Penyimpangan paling besar terdapat pada titik pertama setelah *take-off*. Jika dikonfersikan kedalam satuan meter, penyimpangan yang terjadi adalah sebesar 0,3m atau 30cm.

d. Pengujian Waypoint dan Pendaratan Permukaan Air

Pengujian ini bertujuan untuk memperlihatkan seberapa tepat *hexacopter* dapat mengikuti *waypoint* yang dimulai dengan *take off* diatas permukaan tanah dan mendarat diatas permukaan air. Pengujian ini mensimulasikan *hexacopter* yang akan berangkat dari stasiun pengamatan menuju titik pengambilan data kualitas air sungai yang berada di permukaan air. Penguji akan membandingkan latitude dan longitude yang sudah ditentukan pada *mission planner* dengan latitude dan longitude yang terbaca saat pendaratan. Dari data yang diambil dapat dilihat seberapa besar simpangan yang terjadi pada *hexacopter* pada saat menjalani tugas. Berikut merupakan skenario pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 8 (Tampilan Waypoint Pendaratan Permukaan Air Citarum pada Software Mission Planner)

Pada gambar 4.7 menunjukkan tampilan software mission planner pada saat pengujian menentukan waypoint dan titik pendaratan.

Titik Waypoint	Target Waypoint		Waypoint Dilalui		Persentase Penyimpangan	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude (%)	Longitude (%)
Take-off	-6,9932995	107,6334422	-6,9932997	107,6334426	0,0000028	0,0000003
1	-6,9932995	107,6334422	-6,9932978	107,6334312	0,0000243	0,0000102

2	-6,9932975	107,6334912	-6,9932798	107,6334896	0,0002531	0,0000014
3	-6,9933055	107,633493	-6,993358	107,6334821	0,0000428	0,0000101
La	-6,9933055	107,633493	-6,9933606	107,6334831	0,0000008	0,0000091
Rata – rata persentase penyimpangan					0,0000303	0,0000031

Tabel 2 (Perbandingan Latitude dan Longitude Harapan dan Pengujian Waypoint dan Pendaratan Permukaan Air Citarum)

Dapat kita amati pada table 2 merupakan perbandingan antara target *waypoint* yang diharapkan dan titik yang sebenarnya dilalui oleh *drone*. Pada pengujian *waypoint* dan pendaratan pada permukaan air *drone* secara garis besar mengikuti titik yang sudah ditentukan namun, masih terdapat pergeseran atau penyimpangan yang masih dapat ditoleransi selama pengujian berjalan. Pergeseran terbesar terjadi pada saat *drone* melakukan pendaratan, jika dikonfersi kedalam satuan meter pergeseran yang terjadi dari titik semestinya yaitu sebesar 1,4 meter atau 140cm hal ini disebabkan *drone* tidak dapat mempertahankan posisinya pada saat mengambang dipermukaan air.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa *drone hexacopter* dengan konfigurasi X dapat diaplikasikan dalam melakukan pengamatan kualitas air sungai dengan perancangan seperti penulis lakukan. Berat total payload maksimum yang dapat dibawa oleh *drone* seberat 800gr. Setelah dilakukan pengujian pengujian *Waypoint* dan pendaratan diatas permukaan air mengalami penyimpangan rata-rata 0,0000227% pada derajat latitude dan 0,0000033% pada derajat longitude. Sedangkan penyimpangan rata-rata dalam meter adalah 1,37 meter. Kemudian pada pengujian *Waypoint* dan pendaratan diatas permukaan tanah *drone* mengalami penyimpangan rata-rata 0,00000448% pada derajat latitude dan 0,00000341% pada derajat longitude. Sedangkan penyimpangan

rata-rata dalam meter adalah 0,58 meter. Selain itu penulis melakukan pengujian dengan memperbesar nilai P pada pengaturan PID tanpa merubah nilai lainnya menyebabkan hasilnya menunjukkan bahwasannya drone menjadi lebih agresive dan sensitive pada saat dioperasikan. Sebaliknya, menurunkan nilai P akan membuat drone lebih resistan untuk dikendalikan.

REFERENSI

- [1] Anonim. 2014. Kondisi Prasarana [Internet]. (diakses 09 Oktober 2020)
- [2] Anonim. 2014. Kondisi Sosial Ekonomi [Internet]. <http://citarum.org/tentang-kami/sekilas-citarum/kondisi-sosial-ekonomi.html>. (diakses 09 Oktober 2020)
- [3] Rio Tuasika. 2019. Upaya Indonesia Bersihkan Sungai Terkotor di Dunia [Internet]. [https://www.voaindonesia.com/a/upaya-indonesia-bersihkan-sungai-terkotor-di-dunia-\(1\)/4745640.html](https://www.voaindonesia.com/a/upaya-indonesia-bersihkan-sungai-terkotor-di-dunia-(1)/4745640.html). (diakses 09 Oktober 2020)
- [4] Iqbal, Donny .2018. Citarum Harum, Langkah Optimis Pemerintah Pulihkan Kejayaan Sungai Citarum (Bagian 3) [Internet]. <https://www.mongabay.co.id/2018/02/28/citarum-harum-langkah-optimis-pemerintah-pulihkan-kejayaan-sungai-citarum-bagian-3/>. (diakses 28 November 2020).
- [5] Jamie Bartram (Ed.), Richard Balance (Ed.). 1996. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. United Nation Environment Programme dan World Health Organization*.
- [6] 2001. Parameters of Water Quality – Interpretation and Standards. Environmental Protection Agency.
- [7] Karl E. Wenzel dan Andreas Zell. *Automatic Take-off, Hovering and Landing Control for Miniature Helicopters with Low-Cost Onboard Hardware*. University of Tubingen, Department of Computer Science, Sand 1, 72076 Tubingen
- [8] Arsyad Cahya Subrata. 2016. Automatic Landing and Waypoint System Berbasis Kombinasi GPS dan Mesin Visi untuk Multirotor pada Kontes Robot Terbang Indonesia Divisi Vertical Take Off Landing. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI) 2(2): 110-122*.
- [9] S. Bhandari, dkk. Design and Development of Hexa-copter for Environmental Research. School of Engineering, Kathmandu University, Dhulikel.
- [10] Hardy Samuel Saroinsong, Vecky C Poekoel, Pinrolinvic D.K Manembu. 2018. “Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (*Fixed Wing*) Berbasis Ardupilot”. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol. 7 no. 1: 76-77.
- [11] Darussalam. 2016. *Drone* Sebagai Pemantau Korban Bencana Menggunakan Sensor PIR (Passive Infrared Receiver) [skripsi]. Palembang (ID). Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [12] Barometer (def). 2020. Dalam Ensiklopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/barometer>. (diakses 23 Desember 2020)
- [13] Magnetometer (def). 2020. Dalam Ensiklopedia Britannica. <https://www.britannica.com/search?query=magnetometer>. (diakses 23 Desember 2020)
- [14] Christopher McFadden. 2020. What Gyroscope Are, How They Work, and Their Importance. <https://interestingengineering.com/what-gyroscopes-are-how-they-work-and-their-importance>. (diakses 23 Desember 2020)
- [15] Danu Akbar, Slamet Riyadi. 2018. Pengaturan Kecepatan pada Motor Brushless DC (BLDC) Menggunakan PWM (Pulse Width Modulation). Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO). Bandung, Indonesia.
- [16] Nur Rahmi Hidayati. 2017. *GPS Tracker* Guna Melacak Posisi Pengguna Dan Merekam Rute yang Ditempuh Terhadap Sumber Pencari GPS [skripsi]. Palembang (ID). Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [17] ArduPilot Dev Team. 2020. Choosing a Ground Station. <https://ardupilot.org/rover/docs/common-choosing-a-ground-station.html#common-choosing-a-ground-station> (diakses 09 November 2020)
- [18] Adam Aji Nugroho, Burhanuddin, Sarwoko. 2015. “Perancangan dan Realisasi Sistem Kendali dan Komunikasi *Multi Client Ground Station* Untuk Edf Roket”. *e-Proceeding of Engineering*. 2(2885).
- [19] Blake Fuller dkk. Hardware Design and Implementation of a MAVLink Interface for an FPGA-Based Autonomous UAV Flight Control System. Queensland University of Technology, Australia

[20] Miftah Ilham. 2015. Rancang Bangun Pesawat UAV Hexacopter dengan Kendali PID [skripsi]. Surabaya (ID). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

