

Rancang Bangun Sistem Kendali Pesawat Tanpa Awak Jenis *Fixed Wing* Dengan Misi Terbang *Mapping*

Liani Nurkarimah¹, Teguh Wibowo², Tria Mariz Arief³

Politeknik Negeri Bandung

liani.nurkarimah.aer18@polban.ac.id, teguh.wibowo@polban.ac.id, tria@polban.ac.id

Abstract

UAV has various functions that can be applied according to the flying mission. Mapping using UAV is one of the uses of the right technology to be applied. This project discusses the control system on a fixed wing UAV with a V-tail configuration that is capable of autonomus mapping. The method used to mapping is photogrammetry. To achieve this, it is necessary to determine the design of the control system and the required specifications. The components need to be arranged to achieve the planned flight mission and also made to take aerial photography at a predetermined distance. Flight controller setup is done with the Mission Planner software. The mission is to mapping with 12m/s velocity at 100 m altitude. Tests are carried out to ensure the function of components and get the appropriate response. Mapping with fixed-wing UAVs has not been able to be carried out due to Covid-19 Pandemic, so that image data collection is carried out using the DJI Spark Drone in the Tanimulya Village area, West Bandung that flies manually at an altitude of 100 m. The area mapped is 109,590.6 m². The image is processed in the Agisoft Metashape image processing software into a two-dimensional map.

Keywords : UAV, Fixed Wing, Control System, Mapping

1. PENDAHULUAN

UAV telah mengalami banyak sekali perkembangan. Bukan hanya dimanfaatkan dalam bidang militer saja, tetapi dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan manusia yang tepat guna. Pemetaan menggunakan UAV menjadi salah satu pemanfaatan yang tepat untuk diaplikasikan. Area perkebunan yang sangat luas mendorong teknologi seperti pemetaan menggunakan wahana tanpa awak untuk menggantikan cara lama yang dilakukan secara manual. Dalam melakukan sebuah pemetaan, yang dibutuhkan adalah keefektifan biaya dan waktu yang dilakukan. Ketersediaan data citra resolusi tinggi pada suatu area masih sangat terbatas. Oleh karena itu pemetaan dengan UAV merupakan strategi atau cara untuk memetakan suatu wilayah yang luas dengan waktu yang lebih cepat, tepat dan efisien dibandingkan dengan metode survei konvensional. Data gambar yang diperoleh saat pemetaan perlu diolah menjadi peta dua dimensi. Oleh karena itu, perlu membuat rancangan sistem kendali pesawat tanpa awak jenis *fixed wing* dengan konfigurasi *V-Tail* yang dapat melakukan proses pemetaan secara otomatis dan melakukan pengolahan data berupa gambar untuk diproses menjadi peta dalam bentuk dua dimensi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

UAV adalah atau pesawat tanpa awak adalah pesawat yang tidak membutuhkan pilot untuk mengendalikan yang berada di dalamnya. UAV dapat terbang secara otomatis atau dioperasikan secara manual dengan radio kontrol. Kesatuan sistem pada UAV terdiri dari komponen pesawat, sensor, dan *ground control station* (Narayanan dan Ibe, 2015). Penggunaan UAV jenis *fixed wing* untuk melakukan pemetaan udara dan survei topografi untuk area yang

luas sangat ideal, karena memiliki kestabilan yang bagus dan dapat terbang dengan jarak yang lebih jauh jika dibandingkan dengan *rotary wing* dengan misi terbang yang sama.

Teknik pemetaan melalui foto disebut fotogrametri. Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi mengenai suatu objek yang nyata dan lingkungan melalui proses pengambilan data, pengukuran, dan hasil pengolahan data seperti peta dua dimensi (Zuharneni, 2004). Dewasa ini, banyak kalangan yang menggunakan media UAV untuk melakukan proses fotogrametri karena dapat menghemat waktu maupun biaya. Hasil yang baik akan tercapai jika UAV mampu terbang sesuai dengan perencanaan terbang dan dapat melakukan pemotretan udara (Octory dan Cahyono, 2015)

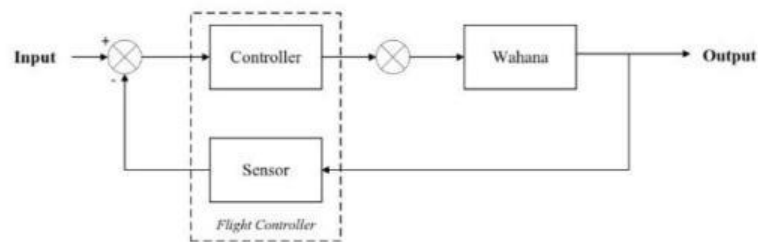
Penelitian mengenai sistem pemetaan udara menggunakan pesawat *fixed wing* sudah pernah dilakukan. Pemetaan menggunakan UAV menjadi salah satu alternatif yang paling efektif karena waktu persiapan yang lebih singkat, biaya relatif lebih murah, dan pesawat tidak memerlukan pilot untuk menerbangkannya (Muliady dan Subagya, 2019). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketinggian mempengaruhi hasil foto yang diperoleh.

Pada penelitian yang lain mengenai foto udara menggunakan wahana UAV jenis *fixed wing*, terdapat perbedaan jumlah hasil foto yang didapatkan saat penelitian dengan jumlah yang diperkirakan saat perencanaan. Hal tersebut terjadi karena autopilot belum bekerja dengan baik sehingga menyebabkan ketinggian dan jalur terbang wahana tidak sesuai dengan perencanaan (Octory dan Cahyono, 2015).

3. METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem Kendali

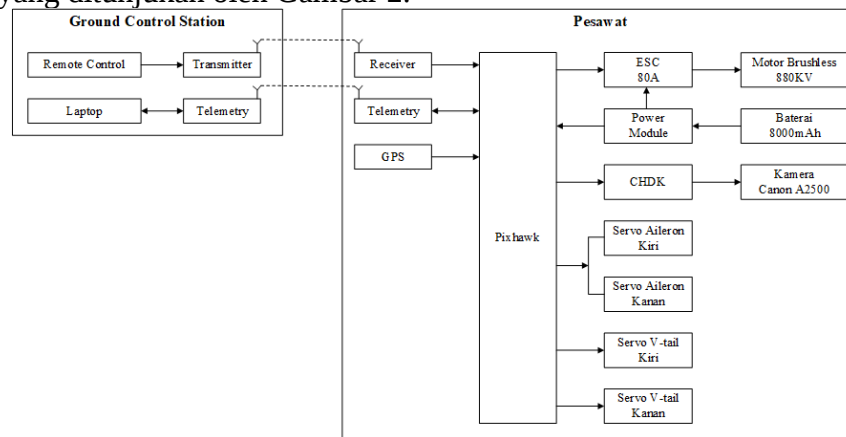
Penelitian ini dimulai dengan menentukan spesifikasi dan konfigurasi sistem untuk menunjang proses pemetaan yang akan dilakukan. Kemampuan sistem kendali untuk terbang secara *autonomus* dan kemampuan pengambilan gambar secara otomatis dengan melakukan *trigger* pada kamera. Rancangan sistem kendali yang akan digunakan adalah sistem kendali tertutup atau *close-loop*. Sistem tersebut dipilih karena adanya umpan balik dari *output* menuju sensor untuk mempertahankan kondisi sesuai dengan *input* yang telah ditentukan. Gambar 1 memperlihatkan diagram blok sistem kendali tertutup yang akan dibangun.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali Tertutup

Jenis UAV yang digunakan adalah *fixed wing* dengan konfigurasi *vtail*, maka sistem kendali dirancang menggunakan 4 buah servo untuk bidang kendali. UAV ini menggunakan 1 buah motor dan propeller sebagai penghasil daya propulsi dengan konfigurasi *pusher*. Sebuah *flight controller* dibutuhkan untuk melakukan pengendalian sistem dengan membaca sinyal. Dalam *flight controller* sudah terdapat sensor utama yaitu accelerometer, gyroscope, dan barometer. Sinyal perintah yang diberikan oleh *radio transmitter* akan diterima oleh *radio receiver* lalu diteruskan. Kamera diperlukan untuk melakukan pengambilan gambar yang diatur melalui skrip menggunakan CHDK (*Canon Hack Development Kit*). GPS akan dipasang pada sistem untuk mengetahui posisi UAV. Selain itu, sistem terhubung dengan *ground control system* melalui telemetri yang terpasang pada sistem dan GCS. Dengan mengetahui komponen

yang diperlukan pada sistem, maka terbentuk rancangan sistem yang akan diterapkan pada UAV seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Pengaturan Sistem Kendali

Pengaturan sistem kendali dilakukan agar seluruh kendali pada saat terbang berjalan sesuai dengan perintah yang diberikan. Pengaturan sistem kendali dilakukan menggunakan perangkat lunak *Mission Planner*. Pada tahap ini dilakukan kalibrasi komponen, pengaturan bidang kendali dan melakukan pengaturan pada kamera.

Konfigurasi yang digunakan pada wahana terbang adalah *V-tail* yang menggunakan bidang kendali *aileron* dan *ruddervator*. Oleh karena itu perlu dilakukan perubahan parameter bidang kendali pada *main servo output*. Pengaturan kamera dilakukan agar kamera dapat melakukan pemotretan secara otomatis dalam jarak dan waktu tertentu. Pengaturan ini dilakukan menggunakan fitur CHDK (*Canon Hack Development Kit*), unduh *firmware* sesuai dengan jenis kamera pada website CHDK Wiki. Agar kamera dapat diatur untuk melakukan trigger otomatis pada kamera gunakan skrip yang dapat diakses melalui website ardupilot.org.

Sistem kendali perlu diatur agar sesuai dengan konfigurasi diinginkan dengan mengubah parameter pada *mission planner*. Perubahan dilakukan dengan memilih menu *config* dan sub menu *full parameter list*. Perubahan parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan Nilai Parameter

Parameter	Nilai	Fungsi
SERVO1_FUNCTION	4	Mengaktifkan fungsi <i>main servo output</i> 1 sebagai aileron
SERVO2_FUNCTION	79	Mengaktifkan fungsi <i>main servo output</i> 2 sebagai <i>vtail left</i>
SERVO3_FUNCTION	70	Mengaktifkan fungsi <i>main servo output</i> 3 sebagai <i>throttle</i>
SERVO4_FUNCTION	80	Mengaktifkan fungsi <i>main servo output</i> 4 sebagai <i>vtail right</i>
CAM_TRIGG_TYPE	1	Mengaktifkan metode relay untuk melakukan <i>triggering</i>
CAM_TRIGG_DIST	3	Mengaktifkan pemotretan otomatis setiap jarak 3 m
RELAY_PIN	54	Mengaktifkan fungsi <i>auxiliary servo output</i> 5 sebagai <i>relay pin</i>

Pengintegrasian Sistem Kendali dengan UAV

Jika pengaturan pada sistem kendali telah dilakukan dengan baik, maka dapat dilakukan pengintegrasian sistem kendali dengan pesawat yang akan digunakan. Pengintegrasian dilakukan kepada sebuah wahana yang akan digunakan untuk melakukan kegiatan pemetaan, yaitu UAV *fixed wing* Talon dengan konfigurasi *v-tail*. Pengintegrasian ini dilakukan setelah

sistem kendali yang telah dirancang sedemikian rupa dan dapat melakukan fungsinya dengan baik dan benar. UAV *fixed wing* Talon ini terbuat dari EPO foam yang memiliki *wing span* sepanjang 1.718 m. Pada proses ini dilakukan pengujian terhadap komponen sistem untuk melihat kesesuaian respon yang diberikan dari *radio transmitter*. Integrasi sistem kendali dengan model UAV dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Integrasi Sistem Kendali dengan UAV

Simulasi Kegiatan Pemetaan

Kegiatan pemetaan dan pengujian terbang secara langsung belum dapat dilakukan karena tidak adanya landasan pacu yang cukup untuk menerbangkan UAV. Hal lainnya yaitu karena adanya Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) yang diberlakukan pemerintah karena adanya lonjakan kasus Covid-19. Maka simulasi dilakukan untuk memprediksi awal dinamik sistem kendali secara langsung tanpa menggunakan *hardware*. Simulasi pemetaan dilakukan menggunakan *Mission Planner* dan SITL. Perencanaan misi dilakukan agar simulasi beroperasi dengan pengaturan sesuai kondisi dan wahana sebenarnya, yaitu terbang pada ketinggian 100 meter, kecepatan terbang 12 m/s, dan adanya angin yang bertiup ke arah Timur Laut sebesar 7 m/s. Membuat waypoint atau jalur terbang dan menentukan metode pengambilan gambar yang digunakan seperti pada Gambar 4. Simulasi kemudian dilakukan dan hasil simulasi pemetaan dengan kesesuaian misi terbang.



Gambar 4. Pembuatan Waypoint dan Misi Terbang

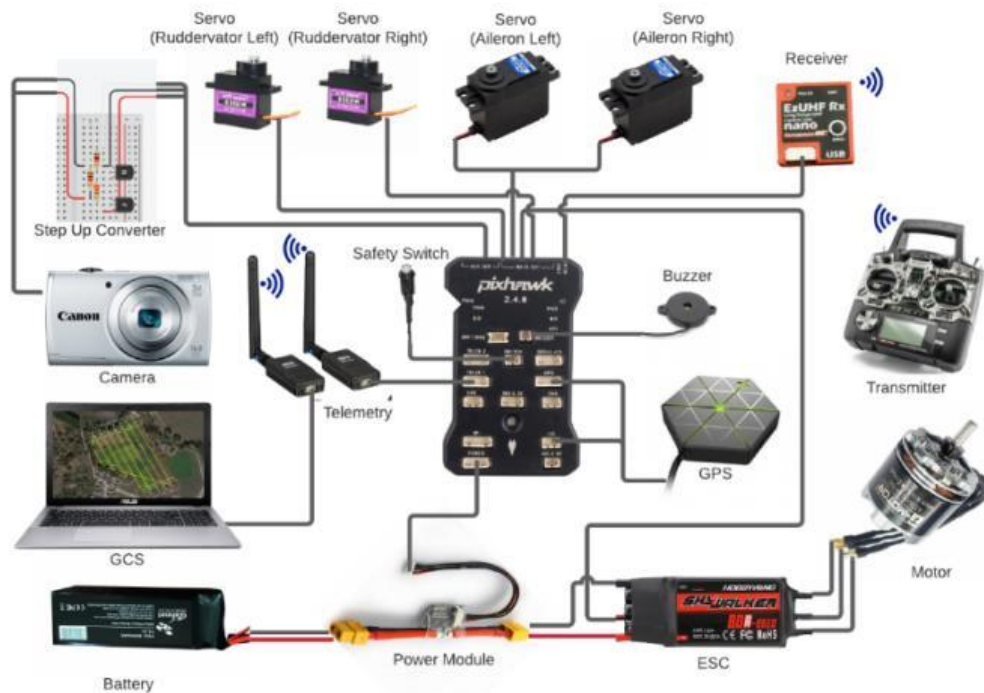
Pengolahan Data

Data gambar yang akan diolah merupakan pemetaan yang dilakukan di daerah Desa Tanimulya Kec. Ngamprah, Kab. Bandung Barat. Pemetaan dilakukan menggunakan *Drone DJI Spark*. Data yang telah didapat akan diolah menggunakan sebuah *software* pengolah gambar yaitu *Agisoft Metashape Professional* dengan versi *trial*. Proses dilakukan dengan menggunakan algoritma pengolahan gambar untuk menyusun serta mengkonversi data hasil foto udara menjadi bentuk *orthomosaic* dua dimensi. Data gambar dapat diolah dan disusun menjadi peta karena setiap data gambar terdapat data georeferensi sehingga memiliki koordinat *longitude*, *latitude* dan *altitude*.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan Rancangan Sistem Kendali

Perancangan sistem kendali dilakukan untuk menentukan koneksi port *input* dan *output* dari setiap komponen menuju *flight controller*. Hasil rancangan sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan rancangan sistem kendali yang telah ditentukan, sistem menggunakan 4 pin *main servo output*, 1 pin *auxiliary servo output*, dan 1 pin *RC IN*. Seluruh komponen bekerja dengan baik sebagai satu kesatuan sistem. Tabel 2 menunjukkan koneksi komponen dengan *flight controller*.



Gambar 5. Rancangan Sistem Kendali

Tabel 2. Koneksi Komponen dengan Flight Controller

Komponen	Koneksi Pin
Servo 1,2 (Aileron)	Main servo output 1
Servo 3 (Vtail Left)	Main servo output 2
Motor	Main servo output 3
Servo 4 (Vtail Right)	Main servo output 4
Kamera (via Step-up Converter)	Auxiliary servo output 5
Radio Receiver	RC IN

Hasil dan Pembahasan Pengujian Sistem Kendali

Pengujian yang dilakukan adalah *functional check* pada setiap komponen sistem kendali yang sudah terintegrasi dengan UAV yang digunakan. Pengujian sistem kendali dilakukan

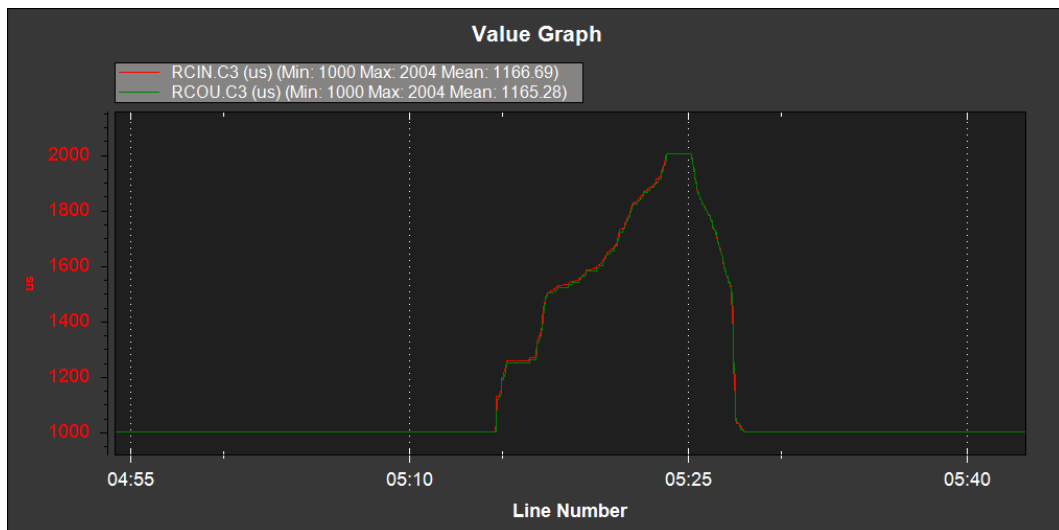
dengan komponen yang terkoneksi dengan *mission planner* sehingga data hasil pengujian dapat diunduh dan dikaji. Pengujian dilakukan terhadap motor, *servo*, dan kamera.

Pengujian pada motor dilakukan dengan menggerakkan tuas throttle dari 0% sampai dengan 100%. Motor bergerak sesuai dengan perintah dan arah putaran sudah benar. Pengkajian hasil pengujian motor dilakukan dengan membandingkan perintah input throttle yang diberikan oleh transmitter dengan *output* respon yang diberikan oleh motor. Nilai PWM minimum dan maksimum dari motor telah diatur pada nilai 1000 μ s dan 2000 μ s. Motor berhasil merespon *input* dari *throttle* dengan sangat tepat yaitu 1000 μ s pada saat posisi throttle 0% dan 2000 μ s pada saat posisi throttle 100%. Grafik kesesuaian respon motor dengan input throttle dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengujian *servo* dilakukan pada mode terbang manual dan FBWA. Ketika menggunakan mode manual, maka *servo* akan melakukan manuver sesuai dengan perintah yang diberikan oleh *transmitter*. Ketika mode FBWA diaktifkan, maka *servo* akan mengontrol pesawat dalam posisi *cruise* dan tetap stabil. *Servo* akan berdefleksi ketika posisi pesawat tidak berada pada kondisi *cruise*. Gerakan *servo* akan menyesuaikan dengan posisi pesawat agar kembali ke posisi stabil. Perintah yang diberikan terhadap *servo* adalah gerak *pitch up*, *pitch down*, *roll left*, *roll right*, *yaw left*, dan *yaw right*. Nilai PWM minimum dan maksimum dari *servo input* dan *output* telah diatur sebelumnya dengan nilai 1000 μ s dan 2000 μ s. Konversi nilai PWM yang digunakan menjadi nilai besaran sudut adalah selisih dengan nilai PWM pada posisi minimum yaitu 0°. Pada posisi minimum, nilai PWM adalah sebesar 500 μ s. Konversi dilakukan dengan perbandingan terhadap nilai PWM pada posisi netral yaitu 90°. Nilai PWM pada posisi netral adalah 1500 μ s. Hasil konversi nilai PWM *servo* dapat dilihat pada Tabel 3.

$$\frac{(\text{Nilai PWM netral} - \text{Nilai PWM minimum})}{(\text{Nilai PWM manuver} - \text{Nilai PWM minimum})} = \frac{\text{Nilai sudut}}{x} \quad (1)$$

Pengujian kamera dilakukan dengan melakukan pengaturan agar kamera dapat melakukan pengambilan gambar dengan mendeteksi adanya perubahan jarak sejauh 3 m. Perubahan jarak ini dirasakan oleh GPS dan kamera mendeteksi perubahan jarak tersebut.



Gambar 6. Grafik Respon Motor

Tabel 3. Konversi Nilai PWM dan Arah Gerak Servo

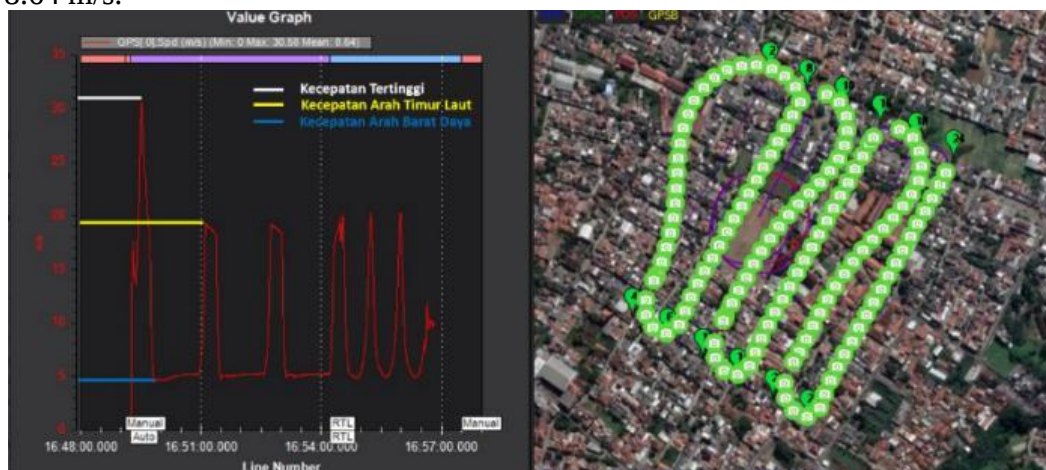
Perintah	Servo	Arah Gerak Bidang Kendali	Sudut (terhadap Posisi Netral)	
			Mode Manual	Mode FBWA
Pitch Up	3 (VTail kiri)	Atas	22.14°	17.82°
	4 (VTail kanan)	Atas	23.13°	18.09°
Pitch Down	3 (VTail kiri)	Bawah	-22.95°	-18.09°

	4 (VTail kanan)	Bawah	-21.96°	-17.82°
Roll Left	1 (Aileron kiri)	Atas	45°	36°
	2 (Aileron kanan)	Bawah	-45°	-36°
Roll Right	1 (Aileron kiri)	Bawah	-45°	-36°
	2 (Aileron kanan)	Atas	45°	36°
Yaw Left	3 (VTail kiri)	Atas	22.32°	18.09°
	4 (VTail kanan)	Bawah	-22.77°	-17.82°
Yaw Right	3 (VTail kiri)	Bawah	-22.95°	-18°
	4 (VTail kanan)	Atas	22.32°	18.09°

Hasil dan Pembahasan Simulasi Kegiatan Pemetaan

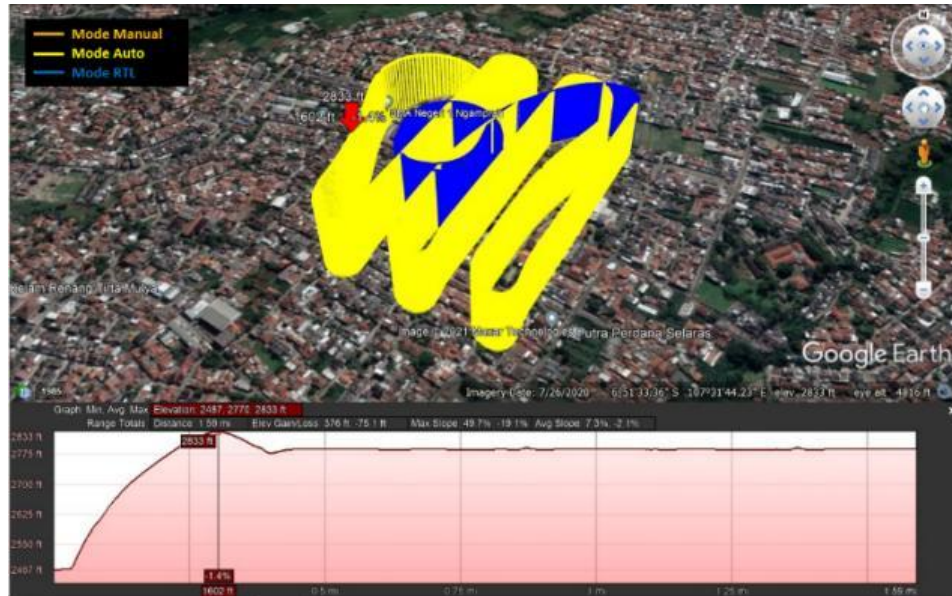
Dalam kegiatan simulasi kegiatan pemetaan didapatkan beberapa data dan parameter yang dapat dibahas. Parameter yang dibahas oleh penulis adalah kecepatan terbang, ketinggian terbang, dan pengambilan gambar.

Gambar 7 menunjukkan bahwa kecepatan ketika UAV terbang ke arah Timur Laut lebih besar daripada kecepatan ketika UAV terbang ke arah Barat Daya. Kecepatan terbang UAV ke arah Timur Laut adalah sebesar ± 19 m/s, sedangkan untuk ke arah sebaliknya yaitu arah Barat Daya sebesar ± 5 m/s. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan udara sebesar 7m/s dari arah Barat Daya yang bertiup ke arah Timur Laut. UAV mencapai kecepatan tertinggi sebesar 30.58 m/s ketika UAV sedang menuju ketinggian yang ditentukan saat *take off*. Kecepatan rata-rata UAV adalah 8.64 m/s.



Gambar 7. Grafik dan Peta Kecepatan Terbang

Kajian untuk mengetahui ketinggian terbang dilakukan dengan menggunakan software *Google Earth Pro*. Ketika mengunduh data log hasil simulasi pada *mission planner*, salah satu file tersebut memiliki format KMZ. File dengan format KMZ ini lah yang dapat dibuka pada software *Google Earth Pro* untuk melihat ketinggian terbang dan visualisasi trajektori terbang secara 3D. Kegiatan simulasi ini menggunakan 3 mode terbang, yaitu mode manual ketika awal melakukan *take off*, mode *auto* ketika UAV melakukan misi terbang, dan mode RTL ketika UAV telah selesai melakukan misi dan akan melakukan landing. Gambar 8 menunjukkan grafik ketinggian terbang yang berhasil dicapai pada saat simulasi. Tabel 4 menunjukkan ketinggian yang dicapai oleh masing-masing mode.



Gambar 8. Grafik Ketinggian Terbang

Tabel 4. Ketinggian Terbang

Mode Terbang	Ketinggian Terbang (m)	
	Maksimal	Rata-rata
Manual	0.65	0.65
Auto	105.5	86.3
RTL	92.7	90.56

Hasil simulasi pemetaan dibandingkan dengan parameter misi terbang yang direncanakan untuk memeriksa kesesuaian data. Perbandingan hasil simulasi dengan perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Rencana dan Hasil Simulasi

Parameter	Rencana	Hasil
Jumlah Gambar	115 gambar	130 gambar
Jarak Termpuh Pemetaan	2.77 km	4.02 km
Waktu Simulasi	4.48 menit	7.5 menit

Hasil dan Pembahasan Pengolahan Data

Proses pengolahan data gambar dilakukan menggunakan *software Agisoft Metashape Profesional* versi *trial*. Peta yang dihasilkan merupakan peta *orthomosaic* dua dimensi yang memiliki kualitas baik dan detail gambar yang jelas. Luas wilayah yang telah dipetakan pun dapat diukur melalui menu *measure*. Luas wilayah yang terpetakan adalah 109,590.6 m² dan keliling wilayah 1,333.2 m². Kesesuaian peta *orthomosaic* dengan daerah sekitarnya dapat dilihat menggunakan *software Google Earth Pro*. Tampilan peta *orthomosaic* dapat dilihat dengan membuka file peta dengan format TIFF pada *Goole Earth*. *Goole Earth* akan mencocokkan data *latitude* dan *longitude* yang terdapat pada peta. Peta *orthomosaic* utuh ditunjukkan oleh Gambar 9, sedangkan tampilan peta *orthomosaic* dibandingkan dengan peta pada *Google Earth* ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 9. Peta Orthomosaic



Gambar 10. Perbandingan Peta Orthomosaic pada Google Earth

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem kendali untuk pesawat tanpa awak jenis *fixed wing* dengan konfigurasi *V-Tail* berhasil dibangun menggunakan *flight controller* Pixhawk 2.4.8 dan pengaturan dilakukan pada perangkat lunak *Mission Planner*. Komponen berhasil merespon perintah yang diberikan dan bergerak dengan arah yang benar, namun nilai PWM masih kurang akurat.
2. Melalui simulasi pemetaan, UAV berhasil melakukan misi terbang pemetaan secara *autonomus* dan berhasil mengambil gambar dengan jarak yang ditentukan. UAV

berhasil mengikuti jalur terbang yang telah dibuat, namun ketinggian terbang masih belum stabil.

3. Pengolahan data gambar berhasil dilakukan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape Professional* versi *trial* dan menghasilkan peta orthomosaic dua dimensi. Peta yang dihasilkan berkualitas sangat baik dan detail gambar yang jelas. Luas wilayah yang dipetakan adalah sekitar 109,590.6 m² dan keliling wilayah 1,333.2 m².

Saran

Penelitian ini memiliki kekurangan dalam pengerjaannya. Oleh karena itu, perhatikan kembali spesifikasi komponen yang akan digunakan agar lebih proporsional dengan kebutuhan. Lakukan kalibrasi ulang ketika akan melakukan pengujian agar nilai dan respon lebih akurat. Ketika melakukan simulasi, atur parameter pesawat seakurat mungkin dengan kondisi sebenarnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Muliadi dan Subagya, E.J., 2019, Sistem Pemetaan Udara Menggunakan Pesawat Fixed Wing, Bandung : Universitas Kristen Maranatha, Vol. 21, No. 1
- Narayanan, Ram Gopal Lakshmi dan Ibe, Oliver C., 2015, *Science Direct*, diakses tanggal 25 Maret 2021, <https://www.sciencedirect.com/book/9781785480225/wireless-public-safety-networks-1>
- Oghy, O. Dan Cahyono, A.B., 2015, Foto Udara Menggunakan Wahana UAV Jenis Fixed Wing, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Noverember, Vol. 11, No. 1
- Zuharneni, 2004, *Bahan Ajar Fotogrametri*, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.