

Perancangan Sistem *Autonomous* pada Pesawat Model UAV Jenis *Glider*

(The Design of Autonomous System for a Glider Unmanned Aerial Vehicle Model)

Azhim Asyratul Azmi^a, Wahyudi^b

^{a,b} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan Bantul, Yogyakarta, Indonesia, 55183
Telephone (0274) 387656/ fax (0274) 387646
e-mail: azhim.asyratul.azmi@umy.ac.id, wahyudi_stmt@yahoo.co.id

Abstrak

Pesawat model jenis *glider* merupakan pesawat model yang mampu terbang dengan kecepatan rendah dan memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan sumber daya tenaga, sehingga banyak digunakan untuk misi pemantauan. Keterbatasan utama misi pemantauan menggunakan pesawat *glider* adalah jarak pandang pilot. Untuk mengatasi kemampuan jarak pandang pilot yang terbatas dan meningkatkan luas area pemantauan, pesawat harus dapat terbang secara mandiri atau *autonomous*. Pesawat yang terbang secara *autonomous* dikenal sebagai *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Penerapan sistem *autonomous* pada pesawat model jenis *glider* dilakukan dengan mengimplementasikan perangkat *autonomous* berupa *flight controller*, *GPS*, *software GCS*, dan *telemetry*. Perangkat *autonomous* diimplementasikan pada pesawat model *solfix* yang disesuaikan terhadap spesifikasi pesawat. *Flight controller* yang digunakan adalah *Arduflyer 1.5* dengan metode pemberian parameter atur yang dilakukan dengan pendekatan eksperimen uji terbang. *Waypoint* uji terbang berbentuk persegi panjang dengan lebar 90 m dan panjang 100 m. Nilai parameter atur diperoleh dari observasi yang dilakukan pada pergerakan pesawat ketika *automode* hingga mampu terbang mengikuti *waypoint* yang telah ditentukan. Pesawat model *solfix* yang mampu terbang secara *autonomous* dengan stabil melewati *waypoint* yang ditentukan dengan parameter atur: *RLL2SRV_P=1,5*; *RLL2SRV_D=0,1*; *PTCH2SRV_P=1,5*; *PTCH2SRV_D=0,12*; *YAW2SRV_RLL=1,0*; *YAW2SEV_DAMP=0,3*; dan *Rudder Mix=0,250*.

Kata Kunci: UAV, Glider, Arduflyer, Autonomous System

Abstract

Glider model airplane is an aircraft model with low speed cruising capability and high energy efficiency, widely used for observation missions. The main problem of using glider model plane to observation missions is the limitation of pilot visibility. Glider model airplane must be able to fly autonomously that also known as Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to increase observation area further. Implimentation of autonomous system on glider model airplane can be carried out by applying flight controller, GPS, GCS software and telemetry. Autonomous system was applied and adjusted to glider model airplane called Solfix. Arduflyer 1.5 Flight controller was used in this topic with flight test experimental approach to reach flight setup and tuning. Rectangle shape waypoint was set up with 90 m width and 100 m long. The flying set up and tuning was reached by observed airplane movement behavior on auto mode to follow the waypoint. Solfix model airplane was successfully flown on auto mode by following the waypoint with flight tuning: RLL2SRV_P=1,5;RLL2SRV_D=0,1;PTCH2SRV_P=1,5; PTCH2SRV_D=0,12; YAW2SRV_RLL=1,0; YAW2SEV_DAMP=0,3 and Rudder Mix=0,250.

Keywords: UAV, Glider, Arduflyer, Autonomous System

1. PENDAHULUAN

Pesawat model *glider* merupakan pesawat model *fixed wing* yang dirancang untuk dapat terbang dengan kecepatan rendah dan memiliki *glide ratio* yang tinggi. Penggunaan profil *airfoil* jenis *low reynold* dan *aspect ratio* sayap yang besar mengakibatkan pesawat model *glider* memiliki gaya angkat yang maksimal walaupun terbang dengan kecepatan rendah. Tipe pesawat model jenis *glider* merupakan wahana terbang yang memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan sumber daya tenaga. Pesawat model jenis ini mampu terbang dengan jarak jelajah 200 meter dengan waktu terbang mencapai 30 menit [1].

Misi pemantauan menggunakan pesawat *glider* memiliki keterbatasan. Pilot sebagai pengendali pesawat memiliki keterbatasan jarak pandang sehingga untuk meningkatkan luas area pemantauan, pesawat harus dapat terbang secara mandiri atau biasa disebut dengan *autonomous* yang kemudian dikenal sebagai *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Penerapan sistem *autonomous* pada pesawat model *glider* akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemantauan karena jalur penerbangan pesawat telah ditentukan sebelumnya. Untuk melakukan misi pemantauan, pesawat model UAV dapat diterbangkan sendiri atau secara bregu yang mampu meningkatkan keberhasilan misi [2]. Penggunaan pesawat model UAV mampu menggantikan kerja pilot sehingga dapat meminimalkan risiko korban jiwa ketika menjalankan misi berbahaya [3].

Sistem *autonomous* memiliki parameter atur yang harus diterapkan untuk menjadikan pesawat dapat terbang secara stabil. Parameter disesuaikan terhadap karakteristik pesawat dan misi yang akan dilaksanakan sehingga parameter atur selalu berbeda untuk setiap pesawat model dengan mengabaikan aeroelastisitas dan deformasi struktur sayap. Faktor aeroelastisitas dan deformasi struktur dapat diabaikan untuk pesawat model UAV dengan berat kurang dari 10 kg, selama material yang digunakan komposit serat gelas atau serat karbon sebagai penguat sayap [4]. Nilai parameter atur dapat diperoleh dengan melakukan eksperimen secara langsung pada kondisi angin yang tenang. Hembusan angin yang kuat membutuhkan *waypoint* atau jalur penerbangan yang jauh untuk melakukan observasi terhadap pergerakan pesawat [5]. Setelah *take off* secara manual, kemudian dilanjutkan *auto mode* untuk menjalankan misi dan diakhiri dengan *Return to Launch (RTL)* dan *landing* [6]. Pengaplikasian sistem *autonomous* telah berhasil dilakukan oleh Guillaume Jouvét, dkk. (2019) yang menggunakan pesawat model UAV untuk melakukan misi pemantauan glasier dan gunung es [7].

2. METODE

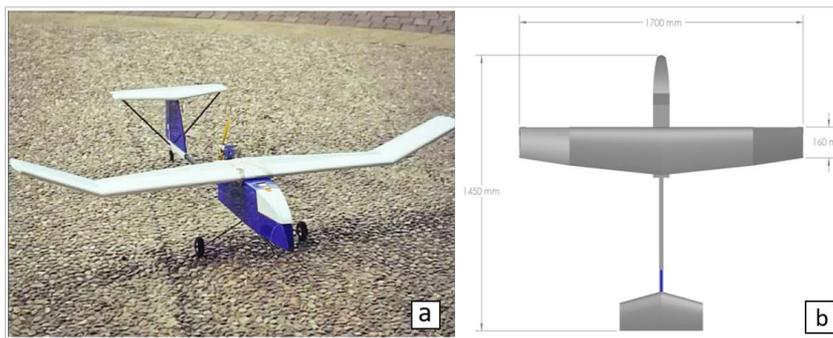
Metode yang digunakan pada perancangan ini meliputi identifikasi masalah, studi pustaka, studi lapangan, pemilihan perangkat, dan pemasangan perangkat *autonomous*, serta uji terbang sebagai pendekatan eksperimen. Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan keterbatasan jarak pandang pilot dalam menerbangkan pesawat model ketika melakukan misi pemantauan.

Identifikasi masalah pada penelitian ini menjadi dasar dalam menentukan perangkat *autonomous*. Selanjutnya, studi pustaka dilakukan sebagai referensi tentang perancangan sistem *autonomous* pada pesawat model. Studi pustaka juga dilakukan untuk mengetahui perangkat sistem *autonomous* yang harus digunakan serta mengetahui peraturan terkait penerbangan pesawat model UAV di Indonesia.

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui langsung spesifikasi pesawat model terkait dimensi *fuselage*, kecepatan jelajah pesawat, sumber daya tenaga pesawat, dan karakteristik terbang pesawat dalam menjalankan misi pemantauan. Pemilihan perangkat *autonomous* meliputi pemilihan *flight controller*, GPS, dan *software Ground Control Station (GCS)*, serta telemetri untuk komunikasi pesawat terhadap GCS. *Flight controller* merupakan bagian utama dari sistem *autonomous* pada pesawat model UAV yang terdiri dari beberapa sensor yang berupa 3-axis *accelerometer*, *magnetometer*, dan *gyroscope*. Kalibrasi sensor wajib dilakukan sebelum melakukan uji terbang agar data yang diterima tetap akurat [8]. Joao Fortuna, dkk. (2013) menggunakan frekuensi wifi 5,0 GHz untuk transfer data status pesawat kepada GCS, tetapi pemilihan telemetri ditentukan oleh izin penggunaan frekuensi yang berbeda-beda di setiap negara [9]. Indonesia mengizinkan penggunaan frekuensi 900 MHz secara bebas dengan power maksimal 640 Watt [10].

Pesawat model jenis *glider* yang menjadi objek penelitian adalah pesawat model *Solfix* yang merupakan pesawat model *glider*. *Solfix* dirancang untuk keperluan pemantauan titik api kebakaran hutan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Studi lapangan yang dilakukan terhadap pesawat model *Solfix* diperoleh bahwa pesawat model *Solfix* memiliki *wing span* 1700 mm dengan panjang total pesawat 1450 mm. Profil *airfoil* sayap menggunakan Eppler 668 dengan konfigurasi *dihedral* 15° pada jarak 600 mm dari *fuselage*. Kecepatan terbang rata-rata 40-60 km/jam dengan waktu jelajah maksimum 15 menit penerbangan. Material pesawat menggunakan kayu balsa yang diperkuat dengan serat karbon pada bagian *wing spar* dan *tail boom*.

Fuselage pesawat model *Solfix* memiliki dimensi panjang 640 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 140 mm. Terdapat perangkat elektronik *fuselage* yang terdiri dari *receiver*, *ESC*, dan baterai pesawat sehingga *fuselage* memiliki sisa panjang 95 mm dan lebar 70 mm.



Gambar 2.1 (a) Pesawat model *Solfix* UAV; (b) Dimensi pesawat model *Solfix* UAV

Parameter atur menjadi kunci keberhasilan pesawat terbang yang stabil melalui jalur terbang atau *waypoint* yang telah ditetapkan sebelumnya. Parameter atur pada *flight controller* merupakan kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) yang mengatur respon suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut pada bidang kemudi pesawat. Adapun parameter atur pada perancangan ini adalah RLL2SRV_P dan D untuk bidang kemudi *aileron* yang mengatur *roll* pesawat. Parameter PTCH2SRV_P dan D untuk mengatur bidang kemudi *elevator* sebagai gerakan menukik pesawat. YAW2SRV_RLL dan DAMP untuk mengatur pergerakan *rudder* yang mengendalikan pergerakan *yaw* pesawat, serta *Rudder mix* yang digunakan untuk mengatur porsi dari kombinasi pergerakan *rudder* terhadap *aileron*.

Prosedur pemberian parameter atur dapat secara langsung ketika pesawat melakukan uji terbang melalui GCS dengan data yang ditransfer melalui telemetri. Alternatif pemberian parameter atur dapat dengan mendaratkan pesawat terlebih dahulu. Parameter atur awal akan menggunakan parameter atur *default* dari *software* GCS. Pesawat akan diterbangkan menggunakan mode manual, lalu ketika dirasa siap, mode penerbangan pesawat diganti menjadi *auto mode*. *Auto mode* merupakan mode penerbangan secara *autonomous*.

Pergerakan pesawat ketika terbang dengan *auto mode* kemudian diobservasi. Untuk pergerakan *roll*, nilai parameter atur *default* akan ditambah dengan skala 0,1. Ketika pergerakan masih terlalu lambat, penambahan akan selalu diberikan hingga pesawat dapat melakukan pergerakan *roll* yang diinginkan. Ketika pergerakan *roll* dirasa terlalu berlebihan, parameter atur *default* dapat diturunkan dengan skala penurunan 0,1 secara bertahap. Hal yang sama dilakukan untuk bidang kemudi lainnya. Pada perancangan ini, tingkat keberhasilan ditentukan oleh kemampuan pesawat yang mampu terbang stabil melalui *waypoint*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

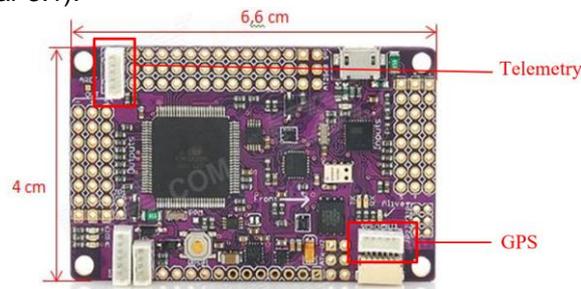
Perancangan sistem *autonomous* pada pesawat model *Solfix* meliputi pemilihan, pemasangan, dan pengujian perangkat *autonomous*. Perangkat sistem *autonomous* dipilih berdasarkan studi lapangan yang dilakukan terhadap pesawat model *Solfix*.

3.1 Pemilihan Perangkat *Autonomous*

a) *Flight controller*

Berdasarkan observasi yang dilakukan saat studi lapangan, pemilihan *flight controller* harus memiliki dimensi yang cukup untuk ditempatkan pada bagian *fuselage* pesawat model *Solfix* tanpa harus mengubah konstruksi dan bentuk dari pesawat tersebut, bagian *fuselage* yang tersisa memiliki panjang 9,5 cm dan lebar 7 cm. Penempatan *flight controller* yang berada di dalam *fuselage* pesawat mengharuskan *flight controller* memiliki sistem GPS dan telemetri yang terpisah agar GPS dan telemetri dapat ditempatkan di bagian luar *fuselage* untuk mendapatkan sinyal yang baik. *Open source flight controller* menjadi salah satu parameter pemilihan *flight controller* agar dapat dihubungkan terhadap *software autonomous* yang beragam.

Berdasarkan parameter pemilihan perangkat, *flight controller* yang digunakan adalah jenis *Arduflyer 2.5*. Perangkat tersebut merupakan *open source flight controller* dengan dimensi panjang 6,6 cm dan lebar 4 cm. *Arduflyer 2.5* dapat ditempatkan pada *fuselage* pesawat model *Solfix* tanpa mengubah konstruksi pesawat tersebut. *Arduflyer 2.5* juga dilengkapi dengan *port* koneksi GPS dan telemetri (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 *Arduflyer 2.5* yang dilengkapi dengan port telemetri dan GPS yang terpisah

b) GPS

Pemilihan GPS sebagai media pemandu arah dan identifikasi lokasi pesawat ketika terbang akan disesuaikan terhadap spesifikasi *Arduflyer 2.5*. Parameter pemilihan GPS meliputi kesesuaian terhadap GPS *port* pada *Arduflyer 2.5*, jenis *standalone* GPS, dan *built in antenna* GPS. GPS yang dipilih pada perancangan ini adalah jenis CRIUS CN-06. Jenis GPS tersebut merupakan *standalone* GPS yang mampu bekerja langsung terhadap satelit tanpa membutuhkan jaringan internet. CRIUS CN-06 juga memiliki *built in antenna* berukuran 25 x 25 mm, dan memiliki GPS port jenis UART yang kompatibel terhadap *Arduflyer 2.5* (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 CRIUS CN-06 memiliki *built in antenna* dengan UART port yang kompatibel terhadap *Arduflyer 2.5*

c) Telemetri

Parameter utama dalam pemilihan telemetri yang akan menghubungkan pesawat terhadap GCS adalah jarak. Pesawat model *solfix* dirancang untuk terbang dengan radius maksimal 5 km sehingga dibutuhkan telemetri yang mampu memberi dan menerima data hingga jarak tersebut. Pada perancangan ini, dipilih telemetri dengan jenis X-Bee Pro SB38 yang mampu melakukan transfer data

hingga jarak maksimum 14 km (Gambar 3.3). X-Bee pro SB38 melakukan transfer data pada frekuensi 900 MHz.



Gambar 3.3 Bee pro SB38

d) **Ground Control Station (GCS) Software**

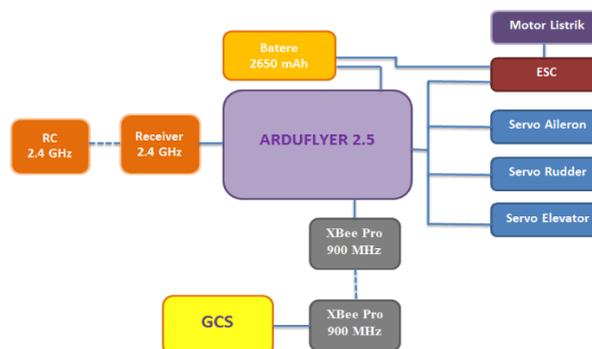
Parameter pemilihan *software* GCS pada perancangan ini meliputi *open source software*, mampu menampilkan data pesawat, mampu menampilkan peta digital, dan memiliki fitur untuk pemberian parameter atur pesawat seperti yang ditunjukkan Gambar 3.4. Pada perancangan ini, *software* yang dipilih adalah *Mission Planner*. *Software* tersebut merupakan *open source GCS software* yang mampu menampilkan data pesawat melalui telemetri, menampilkan peta digital serta memiliki fitur untuk memberikan parameter atur pesawat. *Mission planner* juga memiliki fitur untuk menentukan *waypoint* pesawat sehingga jalur yang akan dilalui pesawat langsung diatur menggunakan peta digital.



Gambar 3.4. Tampilan software GCS Mission Planner

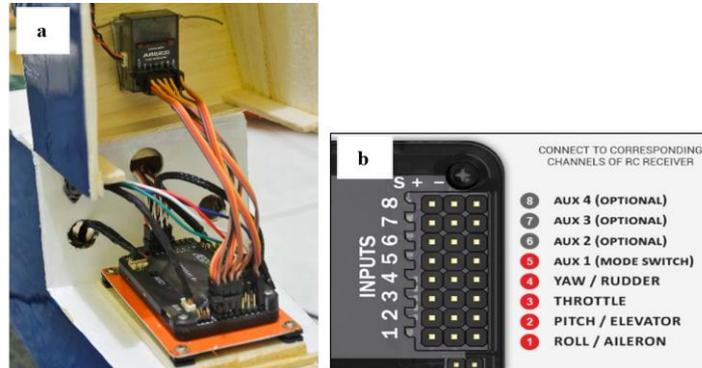
3.2 Pemasangan Perangkat Sistem *Autonomous*

Pada tahap ini dilakukan pemasangan perangkat sistem *autonomous* yang telah dipilih pada pesawat model *Solfix*. Adapun skema pemasangan perangkat sistem *autonomous* pada pesawat model *Solfix* ditunjukkan pada Gambar 3.5.



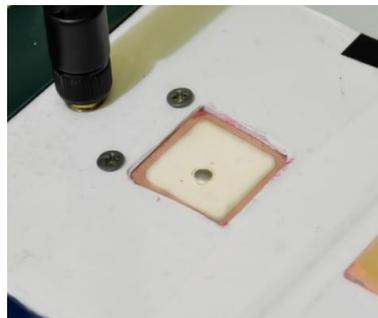
Gambar 3.5. Skema pemasangan perangkat sistem *autonomous* pada pesawat mode *Solfix*

Pemasangan perangkat *autonomous* dimulai dengan pemasangan *flight controller* pada bagian *fuselage* pesawat. *Arduflyer 2.5* yang telah dilakukan pemasangan *enclosure* kemudian ditempatkan pada *fuselage* bagian depan pesawat. Setelah terpasang, kemudian dilakukan penyambungan *flight controller* terhadap *power module*, *ESC*, *receiver*, dan *servo* penggerak bidang kemudi pesawat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.



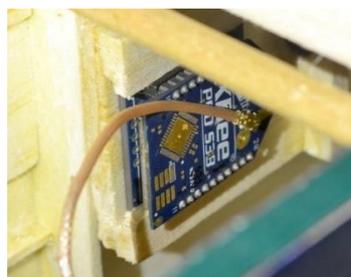
Gambar 3.6. (a) *Flight controller* yang merupakan sistem *autonomous* pesawat terpasang pada *fuselage* pesawat model *Solfix*; (b) *Skema* penyambungan *flight controller* terhadap bidang kemudi pesawat

Setelah *flight controller* terpasang, kemudian dilakukan pemasangan *GPS*. *GPS* ditempatkan diluar *fuselage* bagian atas dengan posisi antena menghadap ke langit (Gambar 3.7). Selanjutnya *GPS* dihubungkan terhadap *flight controller* menggunakan kabel *UART* sepanjang 15 cm.



Gambar 3.7. *GPS* terpasang pada bagian atas *fuselage* pesawat model *Solfix*

Pada perancangan ini, *telemetry* ditempatkan di dalam *fuselage* bagian samping dan antena *telemetry* ditempatkan di bagian atas *fuselage*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8. Hal ini bertujuan agar proses transfer data terhadap *GCS* menjadi lebih baik. Sementara itu, *telemetry GCS* dihubungkan terhadap komputer pada *GCS* melalui *port USB* dan terhubung langsung terhadap *software GCS*.



Gambar 3.8. Penempatan *telemetry* dan antena *telemetry* pada bagian *fuselage* pesawat model *Solfix*

Uji terbang dilakukan untuk mengetahui semua perangkat bekerja dengan baik dan mampu menerbangkan pesawat model *Solfix* secara *autonomous*. Uji terbang dilakukan dengan memberikan *waypoint* sebagai jalur penerbangan pesawat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Ketinggian terbang 200 m dengan jarak rata-rata antar-*waypoint* 90 m dan 100 m membentuk persegi panjang.



Gambar 3.9. Waypoint pengujian sistem autonomous pesawat model UAV

Sebelum melakukan uji terbang, dilakukan observasi terlebih dahulu terhadap semua bidang kemudi pesawat. Bidang kemudi pesawat harus dipastikan berfungsi dengan baik, seperti pergerakan *aileron*, *rudder*, *elevator*, dan motor pesawat. Pesawat melakukan *take off* dengan *manual mode* yang diterbangkan oleh seorang pilot. Setelah ketinggian mencapai 200 m, *automode* yang merupakan *mode* penerbangan secara *autonomous* diaktifkan. Informasi pergerakan pesawat dilakukan dengan cara memantau langsung pergerakan pesawat ketika dalam *automode*. Pesawat dinyatakan terbang stabil apabila dapat terbang rata dan stabil menggunakan *automode* sesuai *waypoint* tanpa manuver diluar jalur *waypoint*.

Parameter atur awal yang digunakan adalah parameter *default* yang ditetapkan oleh *software* GCS. Parameter atur selanjutnya akan disesuaikan berdasarkan observasi terhadap pergerakan pesawat secara langsung. Uji terbang dilakukan hingga pesawat dapat terbang dengan stabil. Pemberian parameter atur pada uji terbang ini tidak bisa secara langsung melalui GCS karena kendala interferensi sinyal telemetri sehingga pesawat harus melakukan landing terlebih dahulu baru dilakukan perubahan parameter atur. Observasi terhadap pesawat dilakukan terhadap pergerakan *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Pesawat model *Solfix* dapat terbang stabil secara *autonomous* dengan parameter atur, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Parameter atur pesawat model *Solfix* pada *automode*

No.	Parameter Atur	Bidang Kemudi	Parameter Atur Default	Parameter Atur <i>Solfix</i>
1	RLL2SRV_P	Aileron	0,4	1,5
2	RLL2SRV_D	Aileron	0	0,1
3	PTCH2SRV_P	Elevator	0,4	1,5
4	PTCH2SRV_D	Elevator	0	0,12
5	YAW2SRV_RLL	Rudder	0,4	1,0
6	YAW2SEV_DAMP	Rudder	0	0,3
7	Rudder Mix	Rudder dan Aileron	0	0,250

4. KESIMPULAN

Perancangan sistem *autonomous* pada pesawat model *glider* dapat dilakukan menggunakan perangkat sistem *autonomous* yang terdiri dari *flight controller*, GPS, telemetri dan *software* GCS. Pemasangan perangkat *autonomous* pada pesawat model harus sesuai dengan spesifikasi pesawat dan sesuai pada tempatnya. Pesawat model jenis *glider* dapat terbang dengan stabil menggunakan *automode* sesuai *waypoint* yang telah ditentukan dengan melakukan observasi terhadap pergerakan pesawat secara langsung. Pemberian parameter atur harus dilakukan *landing* terlebih dahulu karena interferensi sinyal telemetri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suroso Indreswari; Irmawan Erwhin. Analysis Of Aerial Photography With Drone Type Fixed Wing In Kotabaru, Lampung. Journal Of Applied Geospatial Information Vol 2 No 1. 2018.
- [2] Fabio Augusto de Alcantara Andrade, et al. *Autonomous* Unmanned Aerial Vehicles in Search and Rescue Missions Using Real-Time Cooperative Model Predictive Control. MDPI. 2019.
- [3] J. T. K. Pin, et al. Generic unmanned aerial vehicle (UAV) for civilian application-A feasibility assessment and market survey on civilian application for aerial imaging. IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology. 2012.
- [4] D. Cadogan, et al. Inflatable and rigidizable wings for unmanned aerial vehicles. 2nd AIAA Unmanned Unlimited Systems, Technologies, and Operations. 2003.
- [5] Pedro L. Jimenes, Jorge A. Silva; Juan S. Hernandez. Experimental validation of Unmanned Aerial Vehicles to tune PID controllers in open source autopilots. European Conference For Aeronautics And Space Sciences (Eucass). 2017.
- [6] He Bin; Amahah Justice. The design of an unmanned aerial vehicle based on the ArduPilot. Journal of Science and Technology Vol.2 No 4. 2009.
- [7] Guillaume Jouvét, et al. High-Endurance UAV for Monitoring Calving Glaciers: Application to the Inglefield Bredning and Eqip Sermia, Greenland. Frontier in Earth Science Vol. 7. 2009.
- [8] Cherub Dim, et al. Novel Experiment Design for Unmanned Aerial Vehicle Controller Performance Testing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
- [9] Joao Fortuna, et al. Using low cost open source UAVs for marine wild life monitoring - Field Report. 2nd IFAC Workshop on Research, Education and Development Unmanned Aerial Systems. 2013.
- [10] Direktur Jenderal Pos Dan Telekomunikasi. Keputusan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor : 193 /Dirjen/2005 Tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Komunikasi Radio Microwave Link. Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. 2005.