

## Uji Terbang *Autonomous Low Cost Fixed Wing* UAV Menggunakan *PID Compensator*

\*Mochammad Ariyanto, Joga D. Setiawan, Munadi, Teguh parabowo

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl.Prof.H.Soedarto, S.H.Tembalang, Tembalang, Semarang

\*E-mail: mohammad\_ariyanto@ft.undip.ac.id

### Abstrak

Pengguna UAV pada umumnya terbagi ke dalam dua kelompok, yaitu pengguna yang menggunakan UAV buatan pabrik dan pengguna yang membuat UAV sendiri. Pengguna yang membangun UAV sendiri harus mendesain, menghitung performa aerodinamika, dan membuat (memanufaktur) UAV-nya sendiri. Selain itu, mereka harus menentukan komponen-komponen mekanis dan listrik dimana yang dibutuhkan agar UAV dapat beroperasi sesuai dengan performa yang diharapkan. Membangun UAV membutuhkan biaya yang lebih murah daripada membeli UAV buatan pabrik. Pada pengembangan UAV diperlukan proses desain, pembuatan (manufaktur), dan uji terbang berkali-kali hingga performa UAV saat terbang mengikuti tracking secara *autonomous* yang baik. Pada penelitian ini, sebuah *fixed-wing* UAV akan didesain dan dibuat dengan menggunakan material yang murah (*low cost*). Setelah *fixed wing* UAV telah dibuat, maka akan dilakukan pengujian terbang menggunakan kontrol PID. *Fixed wing* UAV yang telah dikembangkan akan dilakukan uji terbang secara *autonomous* untuk mengikuti *tracking* terhadap perintah yang diberikan. Perintah *Trajectory* yang harus diikuti oleh UAV berupa persegi panjang dengan ketinggian 100 m. Berdasarkan hasil uji terbang, sebuah *fixed-wing* UAV telah berhasil didesain dan dibuat dengan material yang murah dan dapat melakukan terbang secara *autonomus* mengikuti perintah *trajectory* yang diberikan menggunakan *PID compensator*.

**Kata kunci:** *low cost, fixed wing, UAV, uji terbang, PID*

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang sistem elektronik dan komputer, keperluan penerbangan di dunia sudah menjadi lebih praktis, lebih efektif, lebih aman, dan lebih efisien daripada sebelumnya berkat kehadiran unmanned aerial vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak. Pada awalnya, orang-orang menggunakan pesawat berawak untuk keperluan tertentu, misalnya pemantauan arus lalu lintas, keperluan pemetaan jalan, pemantauan daerah bencana, pencarian korban bencana alam, fotografi, riset, eksplorasi sumber daya alam, militer, dan lain-lain. Penggunaan pesawat berawak tersebut membutuhkan biaya yang tidak sedikit, ditambah peluang terjadinya kecelakaan yang akan selalu ada. Kini, UAV dapat melakukan keperluan-keperluan penerbangan tersebut dengan biaya yang lebih murah, kinerja lebih efektif, dan resiko kecelakaan yang jauh lebih kecil. Karena itu, UAV di dunia dewasa ini semakin marak digunakan [1].

Secara umum, UAV dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis sayap dan ukurannya. Berdasarkan jenis sayap, UAV diklasifikasikan ke dalam *rotary wing*, *fixed-wing*, dan *flapping wing*. Berdasarkan ukurannya, UAV diklasifikasikan ke dalam very small UAV, small UAV, medium UAV, dan large UAV. Pada UAV jenis *fixed wing* mendapatkan *lift* yang dihasilkan oleh sayap yang terpasang secara stasioner (*fixed*). Sayap menghasilkan *lift* yang cukup untuk terbang ketika UAV mencapai *airspeed* tertentu. Agar sayap tetap menghasilkan *lift* yang cukup, *airspeed* didapat menggunakan *thrust* yang dihasilkan oleh *propeller* yang terhubung ke mesin/motor [2].

Kemampuan *autonomous* adalah robot (dalam hal ini UAV) mampu melaksanakan perintah tanpa membutuhkan masukan (*input*) yang eksplisit dari manusia [3]. Misalnya, UAV dapat terbang dari satu titik ke titik lain (*waypoint*) yang telah ditentukan tanpa adanya masukan kontrol dari pilot selama UAV tersebut dalam perjalanan. Selain itu, UAV mampu menjalankan perintah tersebut dengan stabil, dengan kecepatan yang konstan, meskipun pada saat terbang, UAV mendapat gangguan angin (*gust*).

Sistem komunikasi UAV terdiri dari ground control station, wireless telemetry radio, dan radio control. Ground control station (GCS) adalah suatu komputer yang ada di darat yang berkomunikasi dengan UAV menggunakan suatu software melalui wireless telemetry. Wireless telemetry radio adalah suatu alat komunikasi antara UAV dan GCS. Wireless telemetry radio terdiri dari dua bagian, yaitu transmitter yang dipasang pada UAV dan receiver yang dipasang di darat. Meskipun UAV dapat terbang secara *autonomous* berkat adanya autopilot controller board, radio control tetap dibutuhkan. Radio control dibutuhkan untuk mengendalikan UAV pada mode Manual maupun pada mode semi-autonomous, misalnya mode fly by wire (FBW) [4].

Pada penelitian ini, akan didesain dan dikembangkan sebuah *fixed-wing UAV* dengan menggunakan material yang murah (*low cost*). Uji terbang dilakukan beberapa kali hingga UAV yang dibuat mempunyai performa tracking yang baik. Untuk uji terbang dalam penelitian ini diberikan perintah *trajectory* yang berbentuk persegi panjang dengan ketinggian terbang 100 m.

## 2. Prototip Fixed Wing UAV

Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi sayap konvensional, horizontal tail berada di bagian belakang *fuselage*. Horizontal tail dan vertical tail dapat ditempelkan satu sama lain. Bagian belakang *fuselage* dapat disederhanakan dalam bentuk batang aluminium guna mengurangi berat sistem. Karena batang aluminium tersebut, horizontal tail dan vertical tail dapat dipasang dengan cukup kuat tanpa perlu dudukan khusus, cukup dengan menggunakan klem.

Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *high wing*, konfigurasi ini pada bagian tengah sayap dapat dibuat untuk tidak memotong bagian atas *fuselage*. Sayap dapat diletakkan tepat di atas *fuselage* dengan menggunakan suatu dudukan sehingga sayap dapat terpasang dengan baik pada *fuselage*. Untuk mengencangkan posisi sayap, sayap diikat pada *fuselage* dengan menggunakan suatu tali lentur. Tidak perlunya memotong *fuselage* guna mempermudah proses pembuatan UAV dan juga tidak mengurangi kekuatan dari *fuselage*.

Pada UAV dengan konfigurasi *high wing*, *center of gravity* terletak di bawah sayap. Hal ini menyebabkan adanya *keel effect*, atau efek pendulum, di mana jika UAV terkena gangguan angin dari samping, UAV cenderung melakukan roll kembali ke posisi semula [5]. Pada konfigurasi *mid wing* dan *low wing*, efek pendulum tersebut lebih kecil. Dengan kata lain, UAV dengan konfigurasi *high wing* memiliki lateral stability yang lebih baik daripada konfigurasi *mid wing* dan *low wing*.

Letak sayap yang tinggi akan memudahkan pelepasan untuk menggenggam *fuselage* pada saat proses *hand launch*. Hal tersebut dapat memperkecil resiko kegagalan *hand launch*. Semakin rendah letak sayap, maka semakin sulit pelepasan untuk menggenggam UAV dengan baik. Semakin tinggi letak sayap, maka semakin besar pula *ground clearance*-nya. Yang dimaksud dengan *ground clearance* adalah jarak vertikal antara sayap dengan permukaan tanah pada saat UAV berada di atas permukaan tanah. Semakin besar *ground clearance* maka semakin kecil kemungkinan sayap terbentur permukaan tanah pada saat landing. Dengan kata lain, kemungkinan kerusakan struktur sayap dan servo juga semakin kecil. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ini, konfigurasi yang dipilih adalah konfigurasi *high wing*.

*Fuselage* yang terbuat dari kayu balsa memiliki berat yang paling ringan dibandingkan dua material yang lain. Kayu balsa yang ada di pasaran umumnya berbentuk papan dengan dimensi 100 cm x 10 cm dengan ketebalan yang berbeda-beda. Untuk memotong kayu balsa menjadi bentuk yang diinginkan, *cutter* dapat digunakan. Namun, proses pengerjaannya akan memakan waktu yang sangat lama. Akan jauh lebih mudah jika keseluruhan struktur didesain terlebih dahulu menggunakan *software CAD*. Dengan hasil desain tersebut, kita bisa memotong kayu balsa menggunakan mesin laser *cutting*. Namun, penggunaan jasa laser *cutting* akan memakan biaya yang mahal. Terlebih, untuk membuat satu *fuselage* dengan ukuran yang sama, material kayu balsa relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan dua material yang lain. Kayu balsa juga tidak mudah ditemui di pasaran dan biasanya hanya tersedia di toko-toko hobi tertentu. Selain itu, karena UAV pada penelitian ini harus dapat mendarat di atas permukaan yang kasar dan tanpa *landing gear*, maka struktur kayu balsa sangat rentan mengalami keretakan.

*Fuselage* yang terbuat dari *foam* mudah dibentuk dengan menggunakan *cutting wire*, *cutter*, dan amplas. *Foam* mudah didapat di pasaran dengan harga yang relatif murah. Namun, agar struktur *fuselage* dari material *foam* cukup kuat. Hal-hal tersebut dapat membuat *fuselage* menjadi lebih berat. Mengenai persoalan *landing* di atas permukaan yang kasar dan tanpa *landing gear*, material *foam* yang sudah diperkuat tidak rentan retak atau patah, namun material tersebut bisa terdeformasi.

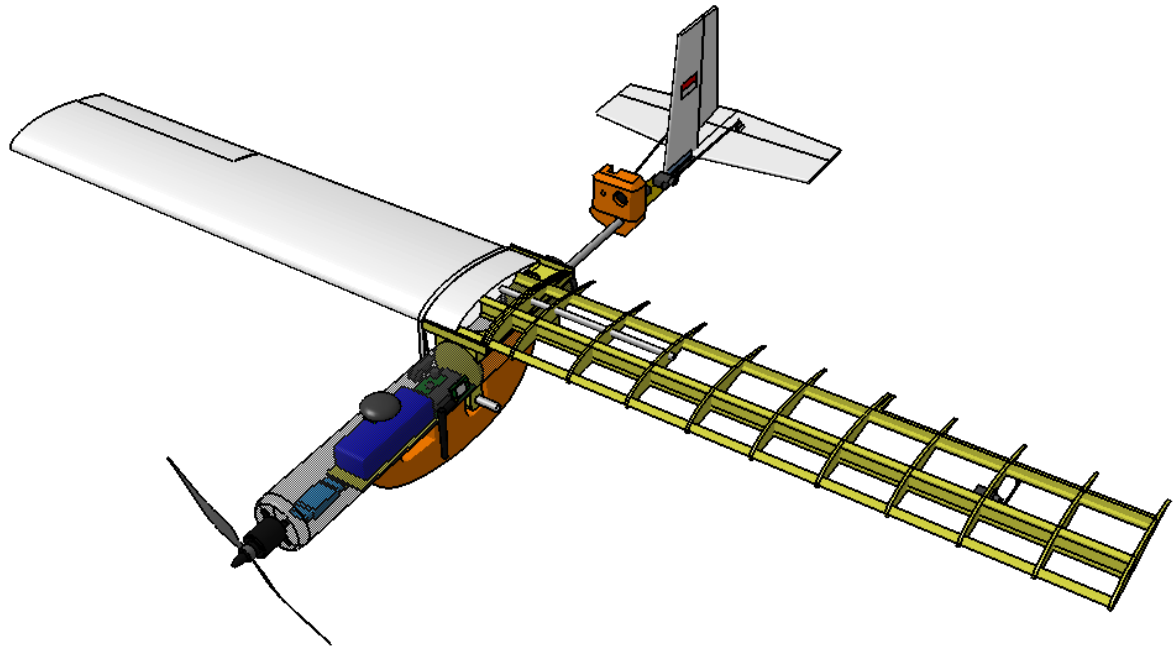
Salah satu benda yang kuat, ringan, murah, mudah didapat di pasaran, dan cocok untuk dijadikan *fuselage* adalah tabung gambar (*drawing tube*). Tabung gambar pada umumnya terbuat dari plastik keras atau PVC (*polyvinyl chloride*). Dengan diameter sebesar 8 cm, tabung gambar mempunyai ruang yang cukup untuk baterai, *autopilot controller board*, dan komponen-komponen lain yang dibutuhkan untuk menjalankan misi penelitian.

Untuk mengurangi berat dan mempermudah pemasangan horizontal tail dan vertical tail, bagian *fuselage* yang berada di belakang sayap tidak menggunakan tabung gambar, melainkan silinder aluminium. Agar *fuselage* lebih tahan terhadap keretakan pada saat landing, bagian bawah *fuselage* diberi suatu material karet sebagai *impact-absorbing material*. Pada penelitian ini, jenis material *fuselage* yang dipilih adalah tabung gambar plastik dan silinder aluminium.

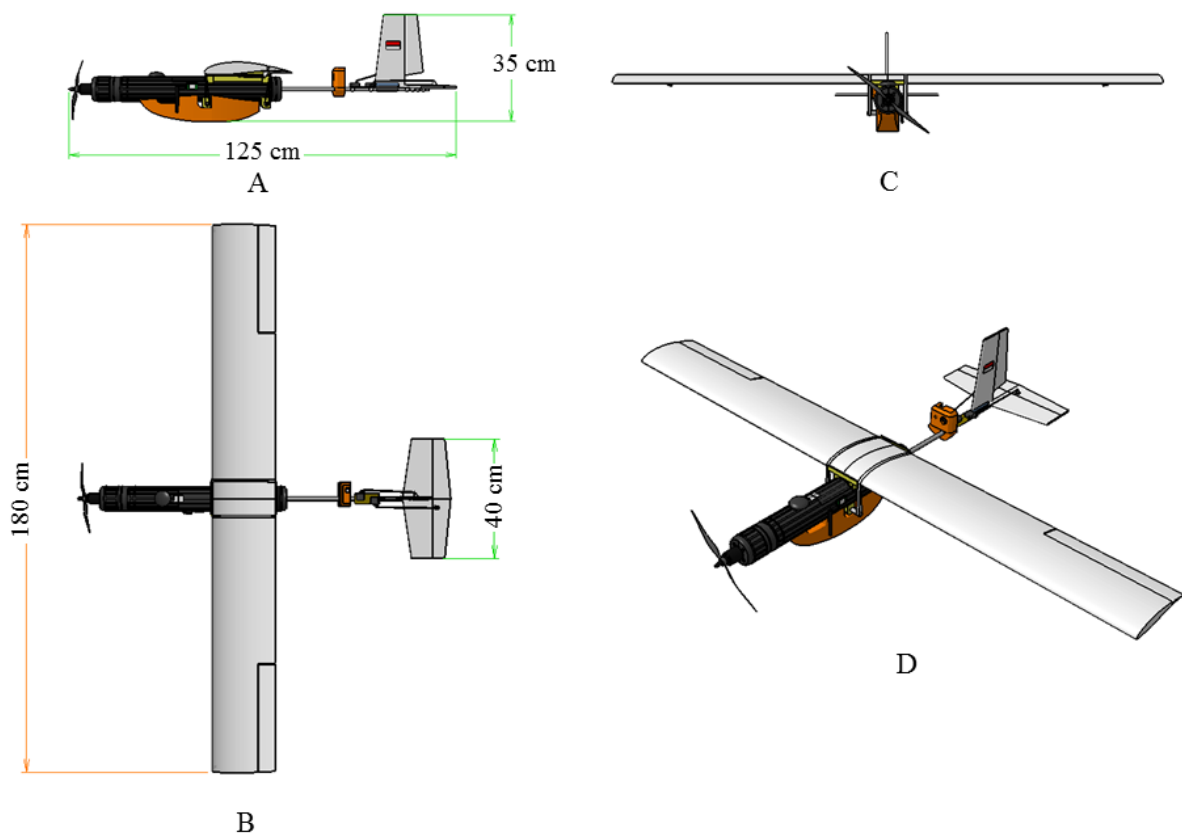
Untuk konfigurasi lokasi *propeller*, konfigurasi *tractor* merupakan yang paling mudah dibuat karena tidak membutuhkan dudukan khusus untuk instalasi motor pada bagian depan *fuselage*. *Fuselage* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebuah tabung gambar yang bagian depannya merupakan permukaan datar yang cukup kuat untuk instalasi motor. Tidak dibutuhkannya dudukan khusus untuk instalasi motor berarti tidak menambah berat UAV. Letak *propeller* yang berada di depan *fuselage* juga membuat proses *hand launch* menjadi aman karena tangan pelepasan berada jauh dari *propeller*. Namun, karena letak sumbu putar *propeller* sejajar dengan sumbu simetri *fuselage* (secara longitudinal), jarak dari tepi *propeller* ke tanah (*ground clearance*) menjadi minim. Hal tersebut memperbesar resiko *propeller* patah pada saat *landing*. Hasil akhir desain dan prototip *fixed wing UAV* dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1, dan Gambar 2.

## 3. Uji Terbang mengikuti Perintah *Trajectory*

Setelah *fixed wing UAV* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 telah berhasil dikembangkan dan dibuat menggunakan material yang murah dan mudah untuk dicari. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji terbang. *Flight controller board* pada UAV ini menggunakan *ArduPilot board*.



Gambar 1. Hasil desain *fixed wing* UAV.

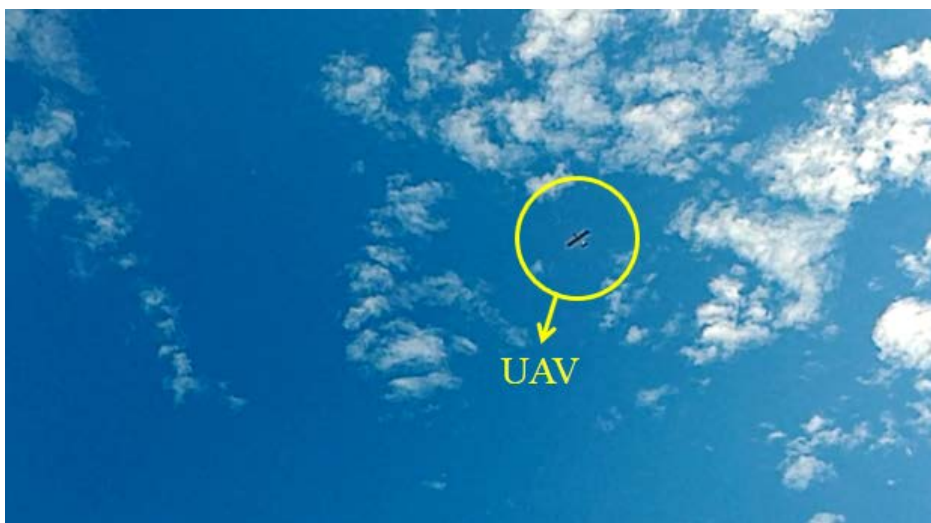


Gambar 2. Fixed UAV yang dihasilkan (A) Tampak samping, (B) tampak atas, (C) tampak depan, dan (D) tampak isometrik

Pada uji terbang ini, UAV terbang pada mode *Auto* dilakukan di atas ketinggian 100 m dan mengelilingi *track* sebanyak lima kali. Gambar 3 menunjukkan UAV sedang *take off* pada saat uji terbang dengan menggunakan *hand launch*. Gambar 4 menunjukkan UAV sedang terbang pada mode *Autonomous* di ketinggian 100 m. Gambar 5 menunjukkan tampilan *first person view* saat mode *Autonomous* di ketinggian 100 m. Perintah *trajectory* berupa persegi panjang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan garis yang berwarna kuning.



**Gambar 3.** UAV sedang *take off* dengan *hand launch* pada uji terbang



**Gambar 4.** UAV sedang terbang pada mode *Auto* di ketinggian 100 m.



**Gambar 5.** Tampilan *first person view* saat mode *Auto* di ketinggian 100 m.

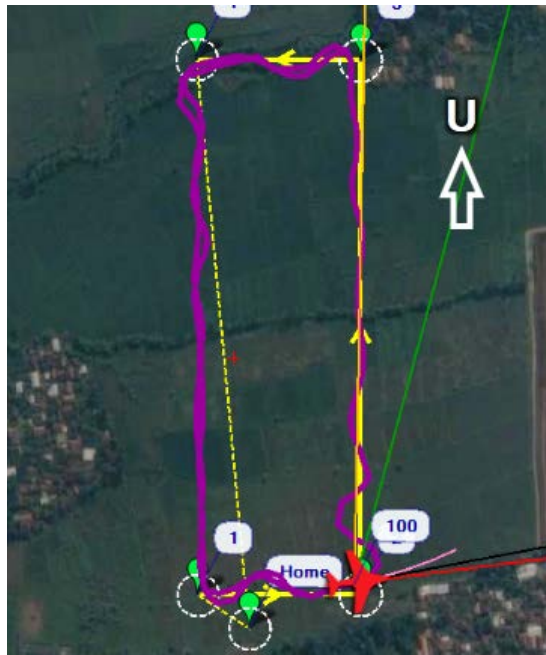
Pada uji Penerbangan ini, nilai  $K_P$  pada *roll controller* sebelumnya adalah 0,750. Pada uji penerbangan kali ini, nilai  $K_P$  pada *roll controller* diturunkan 20% sehingga nilainya menjadi 0,600. Sementara itu,  $K_I$  dan  $K_D$  pada *roll controller* masih sama seperti penerbangan sebelumnya, yaitu menggunakan pengaturan *default*. Tabel 1 menunjukkan pengaturan *roll*, *pitch*, dan *navigation controller* pada uji terbang yang dilakukan untuk mengikuti perintah *trajectory*.

**Tabel 1.** Pengaturan konstanta *gain* pada *roll*, *pitch*, dan *navigation controller* uji terbang

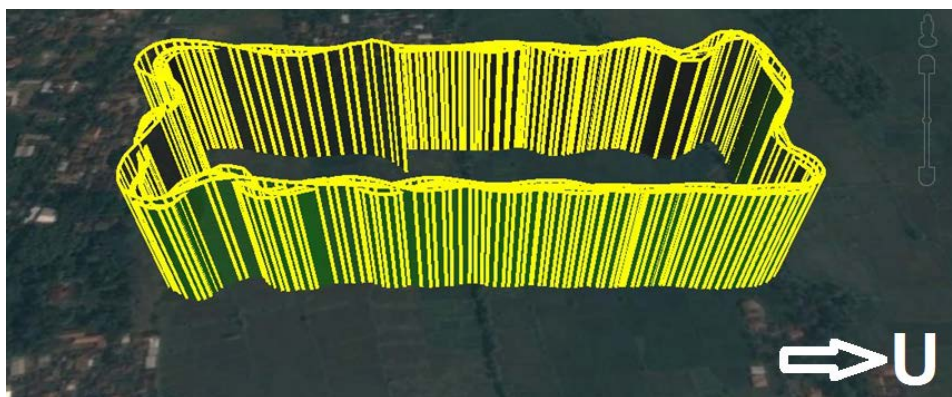
| <i>Controller</i> | <i>Parameter</i>           | <i>Nilai</i> |
|-------------------|----------------------------|--------------|
| <i>Roll</i>       | <i>K<sub>P</sub></i>       | 0,600        |
|                   | <i>K<sub>I</sub></i>       | 0,05         |
|                   | <i>K<sub>D</sub></i>       | 0,02         |
| <i>Pitch</i>      | <i>K<sub>P</sub></i>       | 0,405        |
|                   | <i>K<sub>I</sub></i>       | 0,04         |
|                   | <i>K<sub>D</sub></i>       | 0,02         |
| <i>Navigation</i> | <i>Turn Control Period</i> | 15           |
| <i>Navigation</i> | <i>Waypoint Radius (m)</i> | 20           |

Pada Gambar 6 menunjukkan tampilan dua dimensi *flight path* UAV pada mode *Autonomopus* pada saat uji terbang. Pada Gambar 6 juga memperlihatkan bahwa osilasi *flight path* terhadap *track* masih terjadi khususnya osilasi terjadi disaat perintah *trajectory* berbelok sebesar 90°. Setelah beberapa saat dari belokan 90° maka osilasi yang terjadi akan semakin mengecil. Uji terbang ini dilakukan sebanyak lima kali mengikuti perintah *trajectory*.

Sementara pada Gambar 7 menunjukkan tampilan tiga dimensi *flight path* UAV pada mode *Autonomous* yang diambil dari *software* Google Earth. Di sini, yang ditampilkan hanya *flight path*, sementara *track* tidak ditampilkan. Pada tampilan Gambar 7 *trajectory* dari *fixed wing* UAV dapat terlihat menjadi lebih jelas dibandingkan dengan Gambar 6. Pada pengujian terbang di atas 100 m kecepatan angin tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *trajectory* dari *fixed wing* UAV.



**Gambar 6.** Tampilan dua dimensi *flight path following* UAV pada mode *Auto*.



**Gambar 7.** Tampilan tiga dimensi *flight path* UAV pada mode *Auto* yang diambil dari *software* Google Earth.

#### 4. Kesimpulan

Sebuah *fixed-wing* UAV telah didesain dan dibuat dengan menggunakan material yang murah dan dapat melakukan terbang secara *autonomus* mengikuti *track* yang berbentuk persegi panjang. UAV tersebut juga dilengkapi oleh kamera yang dapat digunakan untuk pengambilan baik gambar maupun video. Setelah dilaksanakan uji terbang, UAV memiliki performa tracking yang baik mengikuti perintah dengan pengaturan *roll*, *pitch*, dan *navigation controller* seperti yang telah disimpulkan pada Tabel 1. Material yang digunakan dalam membuat UAV akan dipilih yang lebih ringan, lebih kuat, lebih murah, dan lebih mudah untuk dimanufaktur.

#### Referensi

- [1] Ashworth, A. 2015. “*Rise of the Commercial Drone*”. <https://bluefletch.com/blog/rise-of-the-commercial-drone/> , diakses: 8 November 2016.
- [2] Kendall. 2012. “*Difference Between Fixed-Wing Aircraft and a Rotary Wing Aircraft*”. <http://www.aerolink.es/blog/difference-between-fixed-wing-aircraft-and-a-rotary-wing-aircraft/>, diakses: 9 November 2016.
- [3] Bekey, G. 2005. “*Autonomous Robots*”. <https://mitpress.mit.edu/books/autonomous-robots>, diakses: 12 November 2016.
- [4] ArduPilot Developer Team. 2016. “*Auto Mode*”. <http://ardupilot.org/plane/docs/auto-mode.html#auto-mode> , diakses: 16 November 2016.
- [5] Adamone. 2003. “*Beginners’ Guide: Electric Motors*”. <http://adamone.rchomepage.com/guide5.htm> , diakses: 8 November 2016.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Hibah Bersaing DIPA Fakultas Teknik Undip Tahun Anggaran 2017.