JURNAL MESIN MATERIAL MANUFAKTUR DAN ENERGI (JMMME), Maret 2022, Vol 3 (1), 25-38
e-ISSN : 2745-7672

Analisa Pengaruh Manuver Dan Kecepatan Pada Pesawat Tanpa Awak Tipe *Fixed Wing* Dengan Variasi *Airfoil* Berbasis *Ardupilot*

M. I. T. Hidayath[1], M. F. A. Wicaksono[2] G. A. Pohan[3]
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
Email: ichlastaufiq66@gmail.com

ABSTRAK

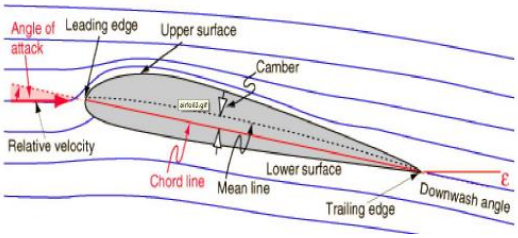
Pesawat tanpa awak atau sering disebut UAV *(Unmanned Aerial Vihicle)* merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan dengan kendali jarak jauh melalui gelombang radio dengan mode manual *(stabilize)* maupun dengan mode autopilot dengan tambahan *hardware flight controller*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh manuver pesawat tanpa awak menggunakan batasan sudut 90° dari titik *waypoint* serta untuk mengetahui pengaruh kecepatan pesawat tanpa awak. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan variasi *airfoil NACA* 2412, *NACA* 4412, dan *NACA* 6412. Data dari hasil penelitian didapat dengan menggunakan *software Ardupilot*, dimana pada *software* tersebut menghasilkan suatu data manuver dan kecepatan untuk setiap *airfoil*. Hasil pembahasan menunjukan bahwa pengujian manuver menggunakan mode autopilot dengan variasi *airfoil* tidak terlalu signifikan pada jalur yang telah dibuat oleh pesawat tanpa awak dan untuk *pitch* serta *roll* didapat nilai terbaik oleh variasi *airfoil* 6412 dengan nilai *pitch min* -0,54 rad, *pitch max* 0,38 rad. Untuk nilai *roll min* -1,35 rad, *roll max* 2,56 rad. Kemudian untuk pengujian kecepatan maksimum menggunakan mode stabilize (manual) dikendalikan langsung oleh transmitter data dengan hasil nilai rata-rata pengujian *airfoil* 2412 sama dengan airfoil 4412 sebesar 103,2 km/h dan *airfoil* 6412 dengan kecepatan sebesar atau 115,2 km/h. Dari hasil kesimpulan menyatakan bahwa manuver terbaik adalah pada *airfoil* 6412 ditinjau dari grafik *pitch* dan *roll* yang didapat, dan kecepatan tertinggi pada *airfoil* 6412 dengan kecepatan rata-rata yaitu 116,4 km/h.

Kata kunci: Pesawat tanpa awak, *Airfoil*, *Ardupilot*, Manuver, Kecepatan.

PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak atau sering disebut UAV *(Unmanned Aerial Vihicle)* adalah pesawat terbang dengan kendali jarak jauh melalui radio kontrol dengan mode manual *(stabilize)* maupun dengan mode autopilot dengan tambahan *hardware flight controller*. Pada dasarnya pesawat tanpa awak hanya digunakan oleh militer, tetapi pada saat ini pesawat tanpa awak digunakan oleh masyarakat untuk pekerjaan sehari hari bahkan dijadikan sebagai Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas). Kompetisi ini merupakan sebuah kompetisi rancang bangun pesawat tanpa awak, untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang mumpuni di bidang pesawat tanpa awak melalui jalur akademis dikalangan mahasiswa. Daya kreasi mahasiswa dalam lomba tersebut tidak hanya mencakup design yang memiliki aerodinamis yang baik, tetapi juga mencakup dari segi kecepatan dan manuver yang handal. *Airfoil* adalah bentuk aerodinamis yang menghasilkan gaya angkat sebesar mungkin dan gaya hambat sekecil mungkin. Salah satu contoh dari *airfoil* ini yaitu sayap pesawat terbang (Khairani, 2018). Melihat dari penelitian tentang konfigurasi sayap pesawat telah banyak dilakukan. Beberapa metode penelitian dapat digunakan untuk melakukan pengujian salah satunya yaitu metode eksperimen model sayap pesawat, seperti pengaruh *airfoil* terhadap cara bermanuver dan kecepatan pada pesawat tanpa awak. Dengan dilakukannya metode eksperimen, maka dapat membuktikan proses dari hasil penelitian tersebut.

permukaan *airfoil*. *Chord line* yaitu bentuk garis lurus yang berhubungan dari *leading edge* dengan *trailing edge*. *Chord* yaitu jarak dari *leading edge* dan *trailing edge*. Maksimal *chamber* yaitu jarak tertinggi dari *mean chamber* dan *chord line* (Hidayat, 2019).



Gambar 1. Bagian *Airfoil*

Bagian dari *airfoil* adalah sebagai berikut:

a) *Leading Edge* : Sisi depan *airfoil*
b) *Trailing Edge* : Sisi belakang *airfoil*
c) *Chord* : Jarak antara *leading edge* dan *trailing edge*
d) *Chord Line* : Garis lurus yang menyatukan *leading edge* dan *Trailing edge*
e) *Mean Camber Line* : Garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan bawah *airfoil*
f) *Camber* : Jarak tertinggi antara *mean camber line* dengan *Chord line*
g) *Thickness* : Jarak maksimum antara permukaan atas dan bawah *airfoil*

C. *Ardupilot*

Ardupilot merupakan *software* konfigurasi untuk sistem kontrol penerbangan pesawat tanpa awak secara otomatis untuk menyelesaikan misi yang telah ditentukan. *Ardupilot* yaitu salah satu *software* untuk *mission planer* yang dirancang untuk pesawat tanpa awak dengan jenis pesawat *Fixed Wing, Quadcopters*, *Hexacopters*, *Octocopters,* dan berbagai jenis pesawa tanpa awak lainnya. *Software Ardupilot* dapat melihat semua status dari pesawat seperti ketinggian, jalur pesawat yang di lewati, kondisi baterai, kecepatan pesawat, dan lainnya. Dengan menambahkan perangkat keras berupa Telemetri, dan *GPS (Global Positioning System)* kita dapat melacak pesawat tanpa awak dengan waktu sebenarnya

Gambar 2 Software Ardupilot

D. Gerak Dasar Pesawat

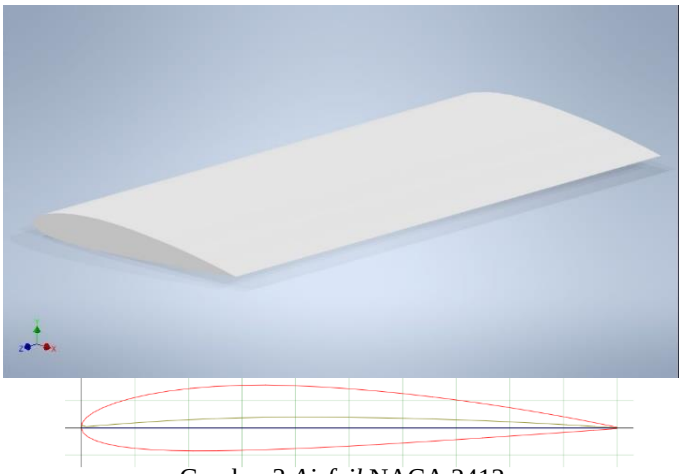
Pesawat memiliki gerak dasar yang fungsinya adalah pesawat dapat terbang stabil pada saat di udara. Gerak dasar pesawat adalah sebagai berikut:

1. *Pitching* adalah gerakan pesawat naik dan turun dari hidung pesawat.
2. *Rolling* merupakan gerakan berguling dari pesawat, atau kanan dan kiri dari *nose* pesawat yang bergerak pada sumbu longitudinal.
3. *Yawing* adalah gerakan menggeleng atau hidung pesawat bergerak pada sumbu vertikal pesawat.

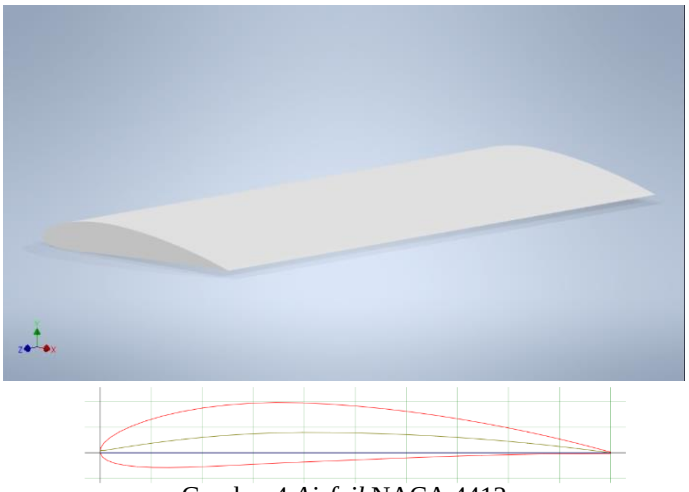
METODE PENELITIAN

A. Menentukan dan Membuat Model Airfoil

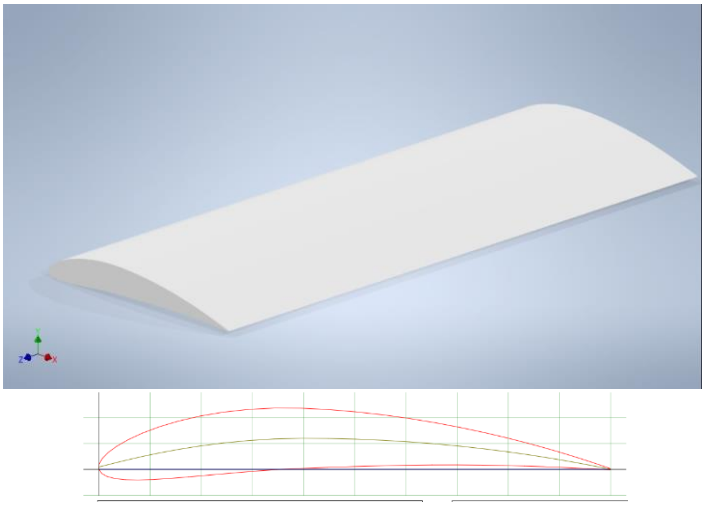
Sebelum memulai pengujian, desain *airfoil* perlu disiapkan terlebih dahulu. *Airfoil* yang digunakan dalam *penelitian* ini adalah model NACA 2412, NACA 4412, dan NACA 6412. Bahan yang digunakan yaitu *hardfoam* dan terdapat *shaft* pada ujung sayap yang bertujuan untuk menjadi penyetabil pesawat saat melakukan manuver.



Gambar 3 *Airfoil* NACA 2412



Gambar 4 *Airfoil* NACA 4412

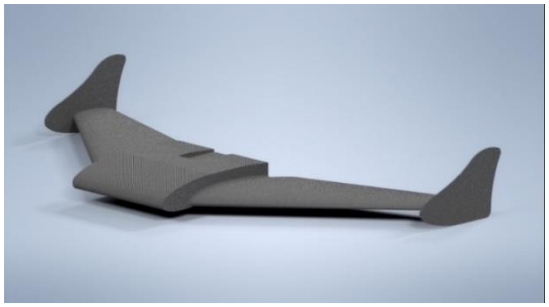


Gambar 5 *Airfoil* NACA 6412

Sebelum melakukan pengujian hal selanjutnya yang dilakukan yaitu pembuatan dan perancangan sistem pesawat tanpa awak. Pembuatan dan perancangan sistem dilakukan di Bengkel Kreatifitas Mahasiswa Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dan pada pembuatan sayap dilakukan di Workshop Aeromodeling, perumahan Bulan Terang Utama, Sawojajar, Malang. tahapan untuk melakukan pembuatan dan perancangan sistem adalah sebagai berikut:

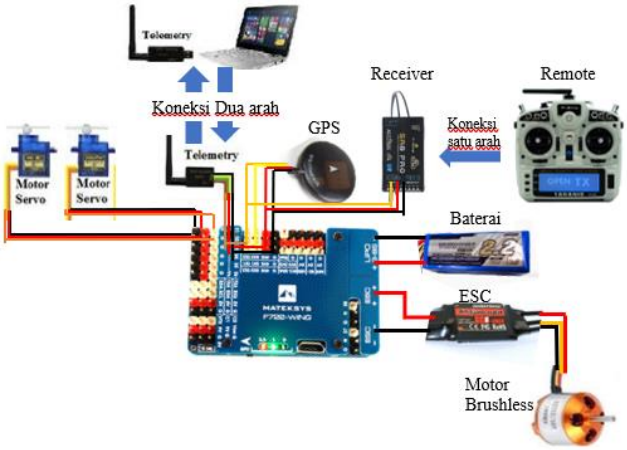
1. Tahap Perancangan desain dan sistem pesawat

   Proses pembuatan pesawat tanpa awak yang berbahan *harfoam* dan *polyfoam* hingga menjadi pesawat tanpa awak yang sesuai desain dengan *airfoil* yang sudah ditentukan.



Gambar 6 Desain Pesawat Tanpa Awak

Perancangan sistem yaitu proses pemasangan komponen-komponen elektrik pada pesawat tanpa awak sehingga pesawat dapat terbang. Dibawah ini merupakan wiring diagram yang digunakan pada pesawat tanpa awak yang akan melakukan pengujian



Gambar 7 Wiring Diagram Sistem

a. *Global Positioning System (GPS)*

   Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak pada permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan *(Synchronization)* sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, dan waktu.

b. Telemetri

   Telemetri adalah sebuah komunikasi dua arah yang memiliki fungsi memberikan informasi kepada operator dan dapat mengirimkan informasi kepada pesawat.

c. Brushless DC Motor

   Motor *brushless DC* merupakan motor listrik dengan arus searah dan memiliki sistem komutator elektronik, tidak menggunakan komutator mekanik dan sikat (*brushed*). Hubungan arus – torsi dan frekuensi kecepatan dari motor DC *brushless* adalah *linear.*

d. Motor Servo

   Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi dari motor servo akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada didalam motor servo

e. *Electronic Speed Control (ESC*)

Kendali kecepatan elektronik *(ESC)* adalah sebuah sirkuit elektronik dengan tujuan untuk memvariasi kecepatan motor listrik, arahnya dan bisa berfungsi sebagai rem dinamis.

f. Kendali Jarak Jauh (*Remote Control*)

Remote control merupakan sistem pengendali jarak jauh dengan gelombang radio berfrekuensi 2,4 GigaHertz. *Remote control* ini biasa digunakan untuk pesawat tanpa awak. Sistem pengendalian jarak jauh dengan menggunakan *Remote control* terdiri dari 2 unit yaitu pengirim *(transmiter)* dan penerima *(receiver)*.

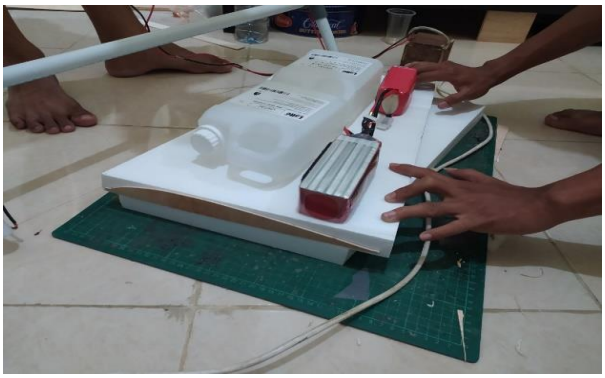
g. *Flight Controller Mateksys F765-Wing*

Flight controller atau kontrol terbang pada pesawat tanpa awak ini adalah otak atau pengendali utama dalam sistem otomatis yang memiliki sensor dan pengolah data. *Hardware* ini menggerakan sekaligus menjadi penyetabil pesawat pada saat berada di udara. *Flight controller* ini yang menjalankan misi setelah data dimasukan menggunakan telemetri pada laptop sehingga pesawat dapat terbang secara *autonomous* atau *autopilot.*

h. Baterai

Baterai *Lithium Polimer* (LiPo) adalah salah sau jenis baterai yang sering digunakan pada pesawat tanpa awak. Baterai LiPo tidak menggunakan fluida cair sebagai elektrolit, melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan.

2. Pembuatan Sayap Pesawat



Gambar 8 Pemotongan Menggunakan *Hotwire*

Tahap yang pertama yang kami lakukan dalam manufaktur pesawat tanpa awak yaitu proses pembuatan sayap. Untuk pembuatan sayap kami menggunakan bahan hardfoam dengan ketebalan sekitar 50 mm dan bentuk *airfoil* menggunakan triplek ketebalan 5 mm yang dibentuk sesuai desain *airfoil*, selanjutnya pemotongan triplek dan hardfoam menggunakan *cutter* dengan *Wingspan* 100 cm, lalu pembentukan *airfoil* menggunakan alat *Hotwire*. Dapat dilihat pada gambar 8 diatas, dan gambar 9 dibawah ini.

Gambar 9 Sayap Setelah Dipotong

3. Pembuatan Body Pesawat

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan body dengan menggunakan bahan polyfoam dengan ketebalan 10 mm. Lebar dari body pesawat yaitu 27 cm dengan tinggi 8 cm dan panjang body 35 cm. pada pembuatan body kami menggunakan lem tembak untuk menyatukan bagian-bagian body pesawat.

Gambar 10 Pembuatan Body

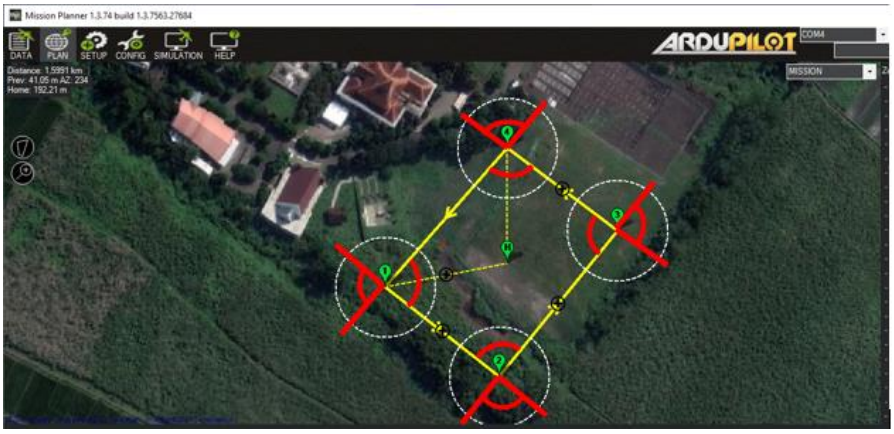
4. Perancangan Sistem Elektrik

Setelah body dan sayap selesai, selanjutnya yaitu pemasangan sistem elektrik sehingga pesawat dapat mengudara dengan sistem *autopilot* dan menggunakan *transmitter data*.

Gambar 11 Perancangan Sistem Elektrik

B. Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *software Ardupilot* dengan variasi *airfoil* NACA 2412, NACA 4412, dan NACA 6412. Pengujian yang dilakukan adalah manuver dengan titik yang telah ditentukan (*waypoint*) dengan sudut 90^o menggunakan mode *autopilot*. Data yang diambil dalam penelitian ini yaitu seberapa jauh pesawat tanpa awak keluar dengan batasan sudut 90^o yang ditandai dengan garis berwarna merah dari *waypoint* yang telah ditentukan. Pada gambar 12 yaitu gambaran lintasan untuk pengujian pesawat tanpa awak:



Gambar 12 Lintasan Pengujian

Pengujian selanjutnya adalah kecepatan maksimal pesawat tanpa awak dengan jalur lurus menggunakan mode *stabilize* (manual) pada posisi *throttle* 100%.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di Lapangan Sepak Bola Institut Teknologi Nasional Malang Kampus 2. Dengan alat yang digunakan sebagai berikut:

a) Pesawat tanpa awak yang digunakan untuk melakukan pengujian manuver dan kecepatan maksimum dengan variasi *airfoil*.
b) Laptop dan Telemetri yang digunakan untuk mengambil data dan memprogram pesawat tanpa awak untuk terbang secara autopilot.
c) Transmiter data *(remote control)* yaitu alat yang digunakan untuk mengendalikan pesawat terbang tanpa awak saat pesawat *take off* dan *landing. Remote control* juga digunakan untuk mengambil data kecepatan maksimal dengan mode *Stabilize* (manual).

Gambar 13 Alat yang Digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

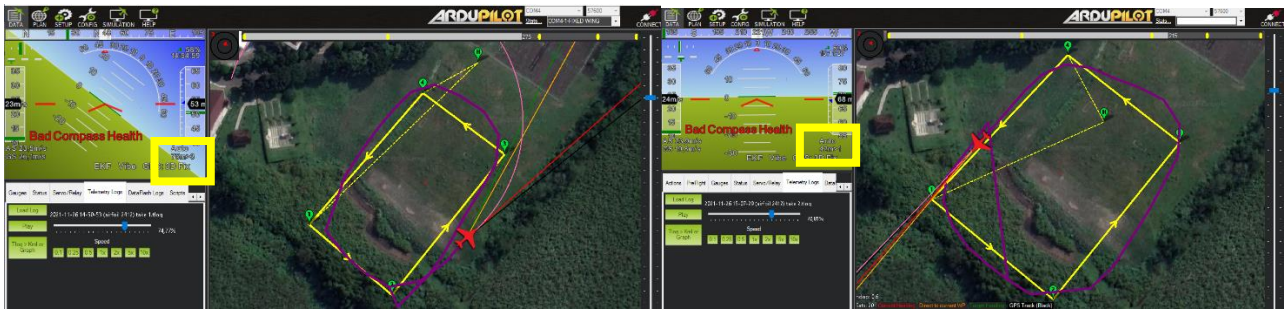
A. Data Hasil Pengujian Manuver Pesawat Tanpa Awak

Pengujian manuver pesawat tanpa awak menggunakan metode eksperimental dengan *software ardupilot* dengan manuver dengan sudut *waypoint 90º*. Dibawah ini merupakan tabel hasil manuver yang didapat dari grafik pada *software ardupilot*.

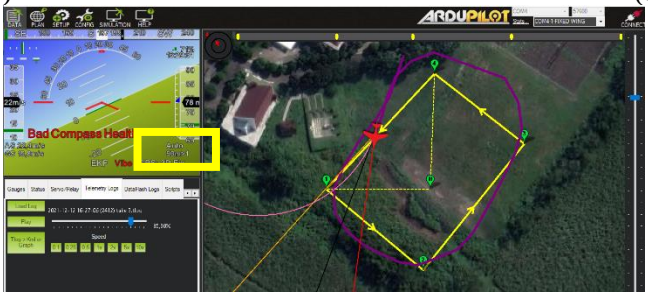
Tabel 1 Pengujian Manuver Pesawat Tanpa Awak

No	Variasi	Pengujian	***Pitch* (rad)**		***Roll* (rad)**	
			(min)	***(max)***	***(min)***	***(max)***
1	*Airfoil* 2412	1	-0.13	0,32	-1,16	0,22
		2	-0,15	0,24	-1,11	0,26
		3	-0,25	0,31	-1,57	0,64
Rata-rata			-0,176	0,29	-1,28	1,12
2	*Airfoil* 4412	1	-0,63	0,85	-1,19	0,96
		2	-0,39	0,28	-1,24	1,01
		3	-0,15	0,22	-1,42	0,54
Rata-rata			-0,39	0,45	-1,28	0,83
3	*Airfoil* 6412	1	-0,7	0,35	-1,46	0,95
		2	-0,87	0,69	-1,36	1
		3	-0,07	0,1	-1,25	0,61
Rata-rata			-0,54	0,38	-1,35	2,56

1. Pengujian Manuver Dengan *Airfoil* 2412



(a) (b)



(c)

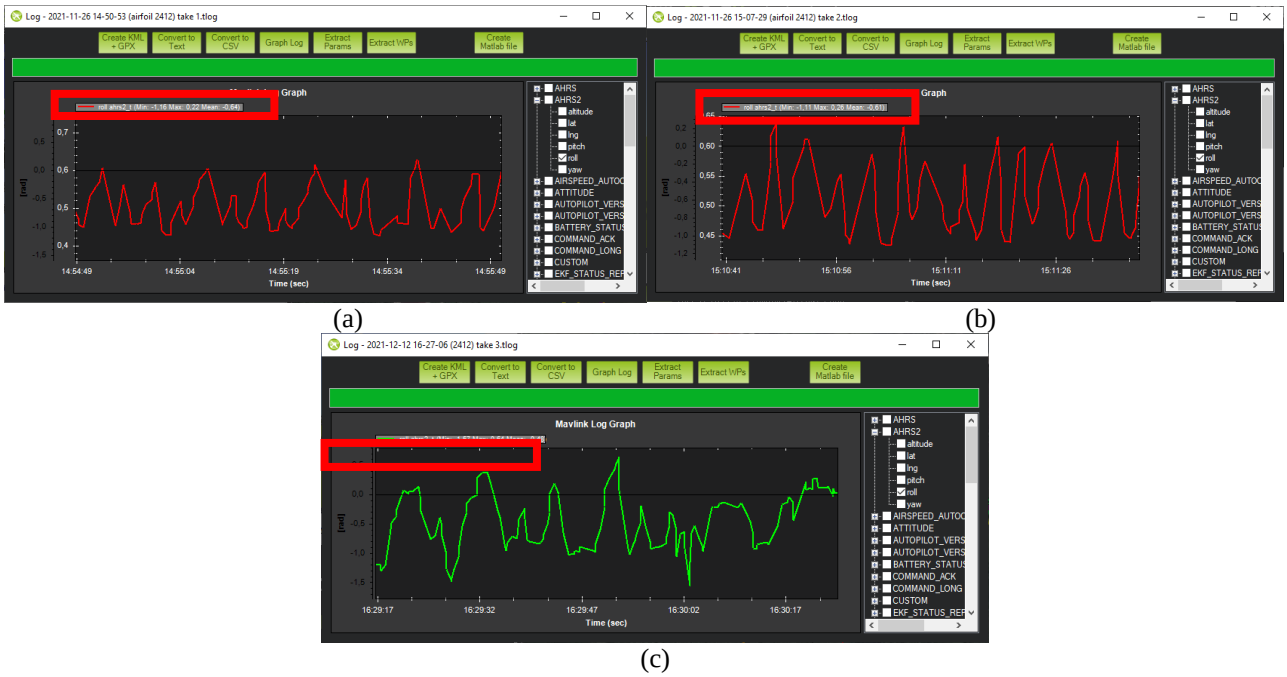
Gambar 14 Pengujian Manuver menggunakan *Airfoil* 2412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

Data dari pengujian manuver ini bertujuan melihat apakah manuver pesawat dapat sesuai dengan *waypoint*. Dapat dilihat pada gambar 14, lintasan yang sudah ditentukan berwarna kuning dengan arah tujuan ke kiri yang berarti manuver dilakukan dengan arah ke kiri, lintasan yang telah digambarkan oleh pesawat ditandai dengan warna ungu. Pengujian manuver ini menggunakan mode *auto* dimana pesawat sepenuhnya dikendalikan oleh *hardware flight control*, yang ditandai dengan kotak warna kuning. Pada pengujian manuver pertama dan ketiga dengan *airfoil* 2412 dapat dilihat pada *waypoint* 4 pesawat keluar dari titik yang dimana berarti manuver pesawat terlalu melebar keluar.

(a) (b)

(c)

Gambar 15 Grafik *Pitch* pada *Airfoil* 2412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



(a) (b)

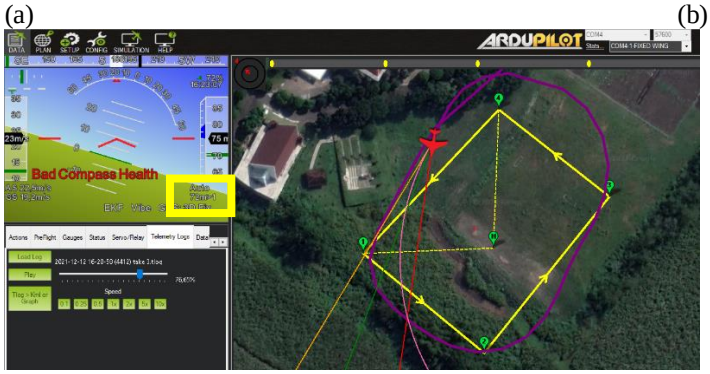
(c)

Gambar 16 Grafik *Roll* Pada *Airfoil* 2412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

2. Pengujian Manuver Dengan *Airfoil* 4412

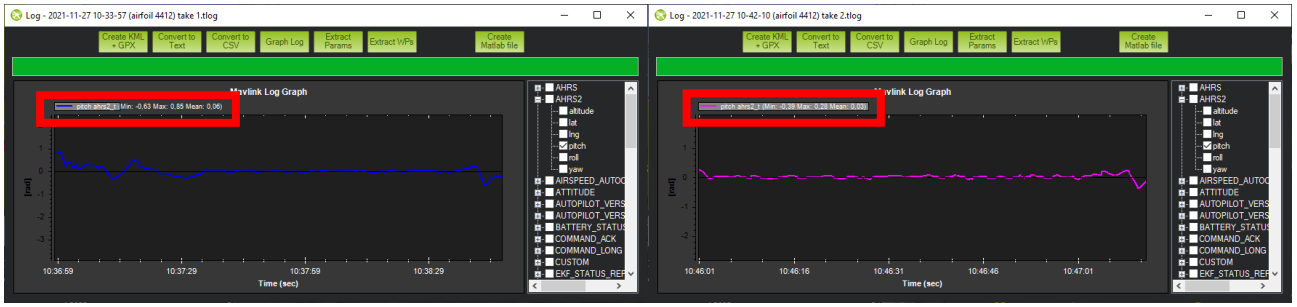
Pengujian manuver menggunakan variasi *airfoil* 4412 dapat dilihat pada gambar 4.4. Pada pengujian ini mendapatkan hasil manuver yang bagus karena pada *waypoint* pertama, kedua dan ketiga pesawat bermanuver dengan sangat responsif sehingga pesawat terbang didalam jalur, dimana akan membuat waktu lebih cepat. Pada *waypoint* 4 pengujian kedua dan ketiga jalur yang dibuat pesawat sesuai melebar jauh dari titik yang ditentukan.

(a) (b)



(c)

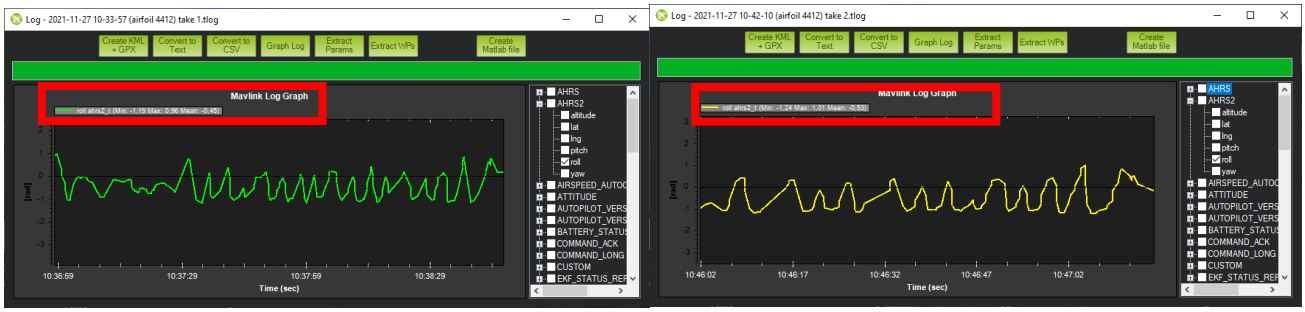
Gambar 17 Pengujian Manuver Menggunakan *Airfoil* 4412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



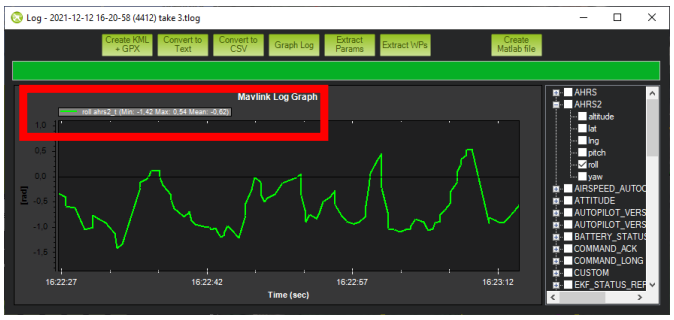
(a) (b)

(c)

Gambar 18 Grafik *Pitch* Pada *Airfoil* 4412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



(a) (b)

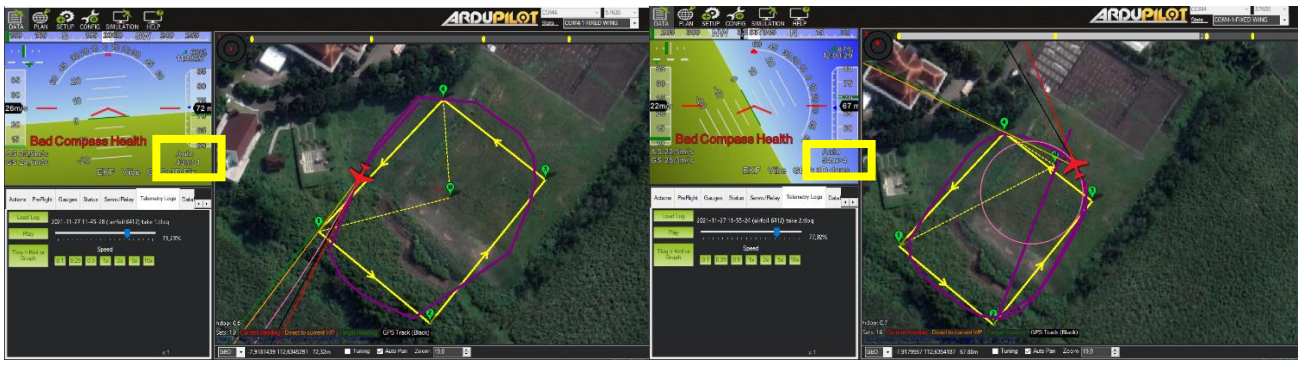


(c)

Gambar 19 Grafik *Roll* Pada *Airfoil* 4412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

3. Pengujian Manuver Dengan *Airfoil* 6412

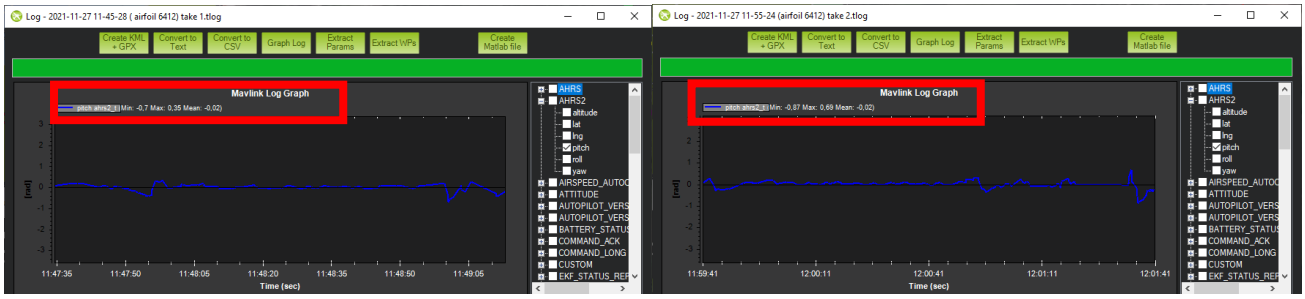
Dari data yang didapat pada pengujian manuver dengan *airfoil* 6412 mendapatkan hasil yang paling baik dibandingkan dengan *airfoil* 2412 dan *airfoil* 4412. Dimana hasil pengujian manuver pada *airfoil* 6412 tidak ada yang melebar jauh dari titik *waypoint* yang telah ditentukan.



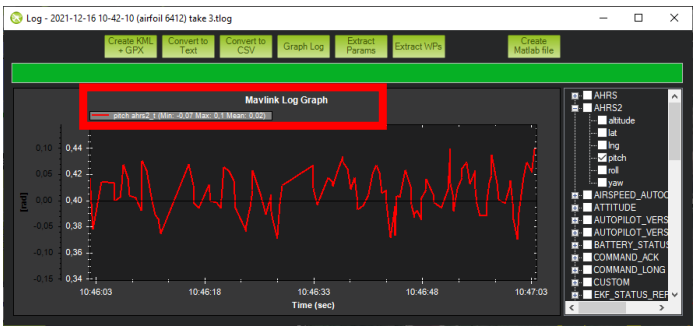
(a) (b)

(c)

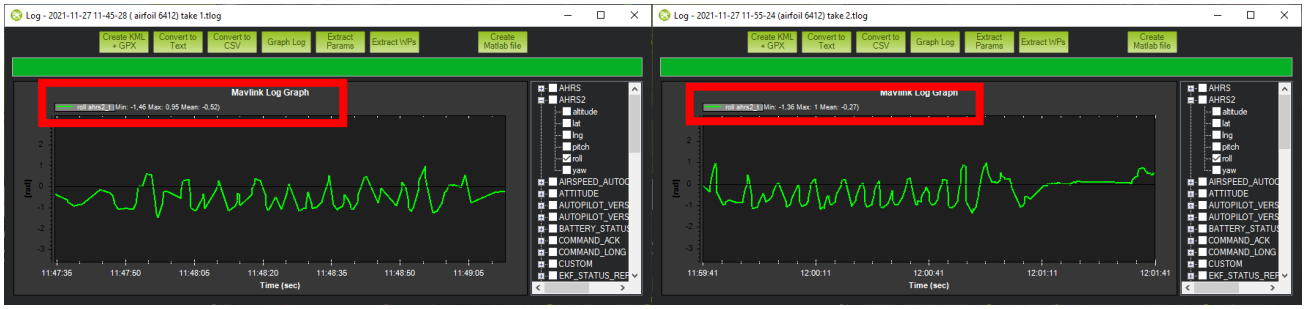
Gambar 20 Pengujian Manuver Menggunakan *Airfoil* 6412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



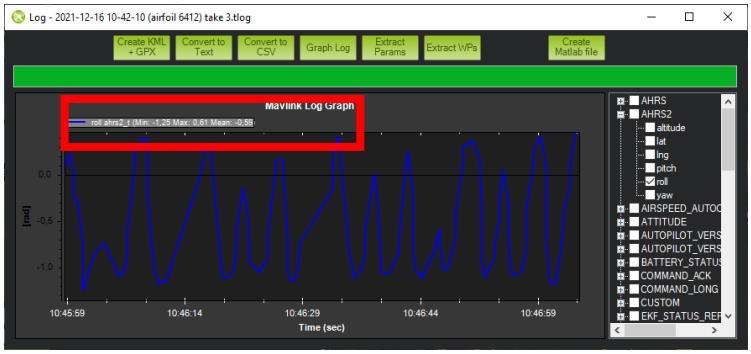
(a) (b)



Gambar 21 Grafik *Pitch* Pada *Airfoil* 6412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



(a) (b)

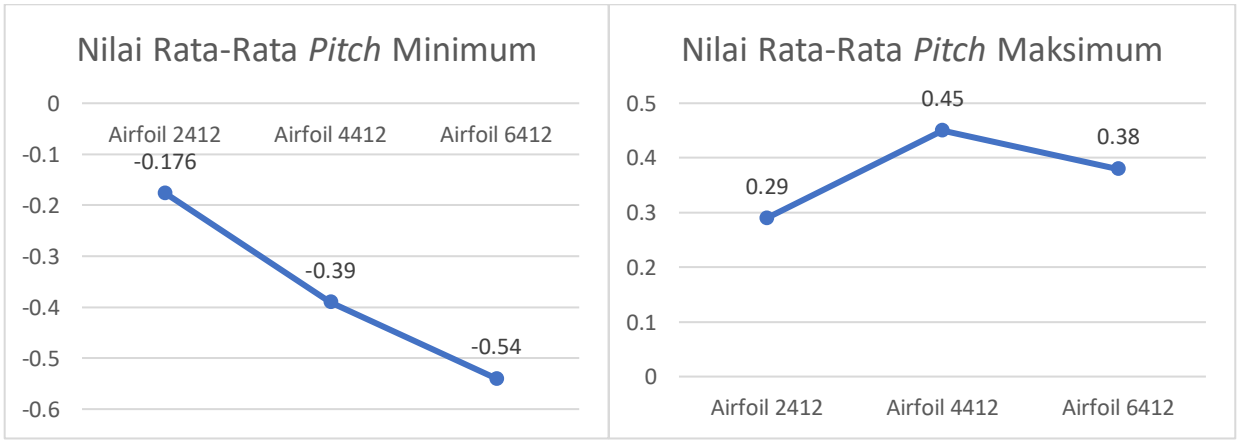


(c)

Gambar 22 Grafik *Roll* Pada *Airfoil* 6412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

4. Grafik Rata-Rata Manuver

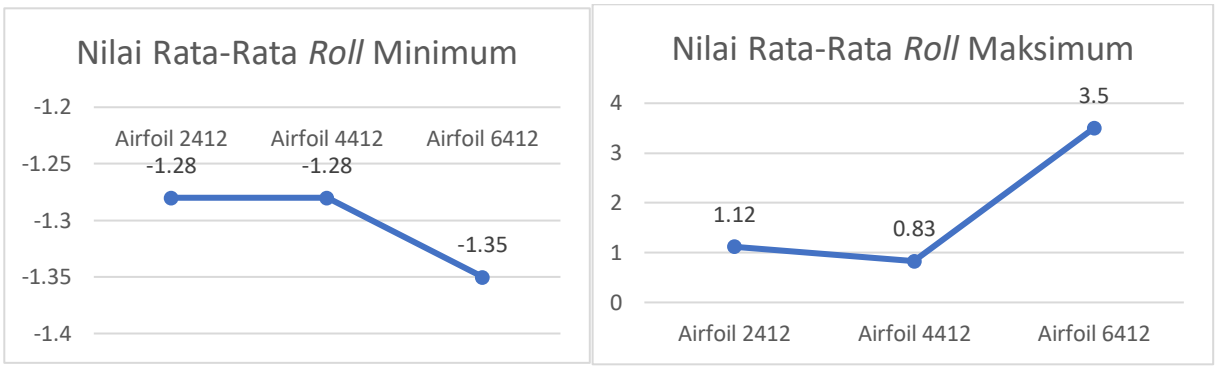
Pada manuver pesawat memiliki nilai *pitch* dan *roll* yang didapatkan dari *software ardupilot* dimana nilai tersebut merupakan respon dari manuver pesawat tanpa awak. Berikut merupakan grafik nilai rata-rata dari *pitch* dan *Roll*.



(a) (b)

Gambar 23 Grafik Nilai Rata-Rata *Pitch*
(a) *Pitch Min*; (b) *Pitch Max*

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.10 nilai rata-rata *pitch* minimum paling rendah dimiliki oleh *airfoil* 6412 dengan nilai -0,54. Pada *airfoil* 4412 memiliki nilai -0,39 dan *airfoil* 2412 dengan nilai -0,176. Pada grafik nilai rata-rata *pitch* maksimum *airfoil* 2412 memiliki nilai 0,29. Pada *airfoil* 4412 memiliki nilai tertinggi dengan nilai 0,45 dan *airfoil* 6412 memiliki nilai 0,38.



(a) (b)

Gambar 24 Grafik Nilai Rata-Rata *Roll*
(a) *Roll Min; (b) Roll Max*

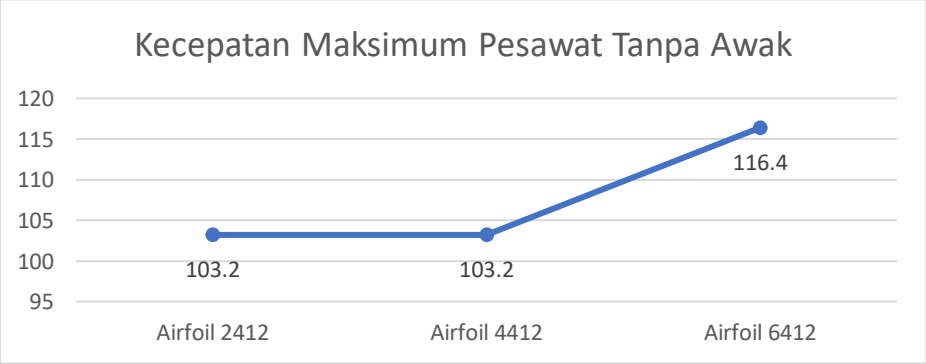
Pada grafik nilai *roll* minimum terendah didapatkan oleh *airfoil* 6412 dengan nilai -1,35. Pada *airfoil* 2412 dan *airfoil* 4412 memiliki nilai *roll* minimum yang sama yaitu -1,28. Pada grafik nilai rata-rata *roll* maksimum *airfoil* 6412 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan *airfoil* 2412 dan *airfoil* 4412 yaitu dengan nilai 3,5 sedangkan *airfoil* 2412 memiliki nilai 1,12 dan *airfoil* 4412 memiliki terendah dengan nilai 0,38.

5. Data Hasil Pengujian Pengaruh Kecepatan Pesawat Tanpa Awak

Tabel 2 Kecepatan Maksimum

No	Variasi *Airfoil*	Pengujian	Kecepatan	
			(m/s)	(km/h)
1	*Airfoil* 2412	1	29	104,4
		2	28	100,8
		3	29	104,4
Rata-Rata				103,2
2	*Airfoil* 4412	1	30	108
		2	29	104,4
		3	27	97,2
Rata-Rata				103,2
3	*Airfoil* 6412	1	32	115,2
		2	32	115,2
		3	33	118,8
Rata-Rata				116,4

Pengujian pengaruh kecepatan pesawat tanpa awak dengan variasi *airfoil* 2412, *airfoil* 4412, dan *airfoil* 6412 bertujuan untuk melihat kecepatan maksimum yang dihasilkan dari setiap variasi *airfoil*. Dapat dilihat pada tabel 2 di atas merupakan hasil dari pengujian kecepatan maksimum dengan variasi *airfoil.*



Gambar 25 Grafik Kecepatan Maksimum

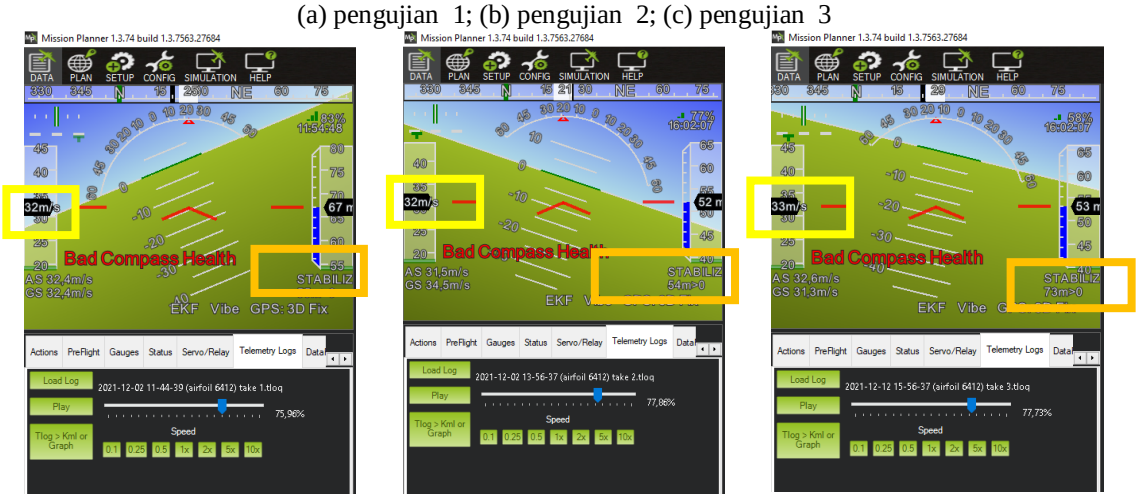
Kecepatan maksimum pada gambar ditandai dengan kotak warna kuning, dan pada kotak warna oranye menandakan mode yang digunakan yaitu *stabilize* (manual) yang dimana mode ini dikendalikan menggunakan *transmiter data* (remot kontrol) dengan bantuan dari *flight controller* sebagai penyetabil pesawat.

(a) (b) (c)

Gambar 26 Kecepatan Maksimum *Airfoil* 2412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

(a) *(b)* *(c)*

Gambar 27 Kecepatan Maksimum *Airfoil* 4412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3



(a) (b) (c)

Gambar 28 Kecepatan Maksimum *Airfoil* 6412
(a) pengujian 1; (b) pengujian 2; (c) pengujian 3

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan pada pengujian manuver dan kecepatan maksimum pesawat tanpa awak dengan variasi *airfoil* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian manuver pesawat tanpa awak dengan variasi *airfoil* didapat hasil pengujian yang tidak terlalu signifikan pada jalur yang telah dibuat oleh pesawat tanpa awak, dapat dilihat pada gambar 14, gambar 17, dan pada gambar 20.
2. Pengujian manuver pesawat tanpa awak dengan variasi *airfoil* mendapatkan nilai hasil *pitch* dan *roll* yang dapat dilihat pada tabel 1 dan nilai terbaik didapatkan oleh variasi *airfoil* 6412. Pada pengujian manuver ini arah lintasan menuju ke kiri, sehingga pada nilai *roll* yang ditinjau merupakan nilai *roll* minimum.
3. Pengujian kecepatan maksimum menggunakan mode *stabilize* (manual) dikendalikan langsung oleh *transmitter data* dengan hasil nilai rata-rata pengujian *airfoil* 2412 sama dengan *airfoil* 4412 sebesar 103,2 km/h dan *airfoil* 6412 dengan kecepatan sebesar atau 115,2 km/h.

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan hasil manuver terbaik adalah pada *airfoil* 6412 ditinjau dari grafik *pitch* dan *roll* yang didapat, dan kecepatan tertinggi pada *airfoil* 6412 dengan kecepatan rata-rata yaitu 116,4 km/h.

SARAN

Adapun saran yang ingin disampaikan penulis untuk penelitian berikutnya yaitu:

1. Untuk pengujian kecepatan maksimum menggunakan penambahan sensor *airspeed*, agar dapat melihat kecepatan angin.
2. Menggunakan model pesawat tanpa awak yang berbeda dengan variasi *airfoil* yang sama.
3. Manuver pesawat menggunakan sudut *waypoint* 40^{o}, agar dapat melihat perbedaan yang signifikan pada manuvernya.

REFERENSI

[1] Saroinsong, Hardy Samuel., Poekoel, Vecky C., Manembu, Pinrolinvic D. 2018. "Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak *(Fixed Wing)* Berbasis Ardupilot". dalam Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol.7 No.1, (2018), ISSN: 2301-8402. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

[2] J.D. Anderson, "Fundamentals of Aerodynamics", 5th edition, McGraw-Hill, 2010.

[3] Khairani, Chindy. 2018. "Analisis Komputasi Perilaku Aliran Fluida Pada Airfoil Pesawat Terbang Dengan Persamaan *Navier-Stokes*" dalam Skripsi. Universitas Sumatra Utara, Medan.

[4] Pradana, Abi Vilan, 2020. "Rancang Bangun Pesawat Tanpa Awak *Tail Twin Boom* Dengan Pengujian Manuver Untuk Mengetahui Pengaruh *Throttle* Terhadap Waktu Tempuh, *Altitude* dan *Diameter Banking*" dalam Skripsi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

[5] Kurnia Hidayat[1], Ardian Septiyana, M. Luthfi Ramadiansyah, Redha Akbar Ramadhan, Prasetyo Ardi Probo Suseno, Eries Bagita Jayanti, Novita Atmasari, Taufiq Satrio Nurtiasto. (2019). "Analisis Pemilihan *Airfoil* Pesawat Terbang Tanpa Awak LSU-05 NG dengan Menggunakan *Analytical Hierarchy Process*". Pusat Teknologi Penerbangan – LAPAN.

[6] Fajri. (2012). "Analisa Aerodinamika *Airfoil* NACA 0021 dengan *Ansys Fluent*". dalam Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta.

[7] Lubis, Mirsal. (2012). "Analisis Aerodinamika *Airfoil* NACA 2412 Pada Sayap Model Tipe Glider dengan Menggunakan *Software* Berbasis *Computational Fluid Dynamic* Untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum". Jurnal E-Dinamis.

[8] http://www.hobbywingdirect.com/products/skywalker-esc-60a-ubec?variant=3471324612. diakses pada 04 Oktober 2021.

[9] http://www.holybro.com. diakses pada 04 Oktober 2021.

[10] https://www.frsky-rc.com/product/taranis-x9d-plus-2019/. diakses pada 05 Oktober 2021.

[11] http://www.mateksys.com/?portfolio=f765-wing. diakses pada 03 Desember 2021.

[12] https://ardupilot.org/. diakses pada 03 Desember 2021.