

PENGEMBANGAN *ORNITHOPTER* UAV BERBASIS *WIRELESS*

*Muhamad Rizki Ibrahim Hanan¹, Mochammad Ariyanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: im.ibra06@gmail.com

Abstrak

Pengembangan untuk menggunakan teknologi yang mengurangi penggunaan tenaga manusia dalam pertempuran atau *Unmanned Aerial System* (UAS) ini mengalami akselerasi yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena kontribusi dari kemampuan teknologi ini sangat bermanfaat selain bagi lingkup militer juga untuk keperluan komersial. Keperluan militer khususnya pada lingkup seperti intelijen, pengamatan dan pengintaian atau *intelligence, surveillance and reconnaissance* (ISR). *Ornithopter* merupakan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) yang memiliki lebih banyak keuntungan daripada *fixed-wing* dan *rotary-wing* UAV, keberhasilan terbang dari UAV ini didapatkan dari penggunaan ekor untuk menstabilkan dan mengontrol arah terbang *Ornithopter* tersebut. Sayap yang mengepak secara umum lebih bertujuan untuk menghasilkan gaya angkat yang besar untuk terbang dengan stabil, sedangkan ekor membantu untuk menjaga wahana tetap pada jalurnya. Dalam penelitian ini, penulis memulai dengan tahapan mendesain *ornithopter* robot menggunakan SolidWorks 2013. Setelah melakukan analisa kinematik selanjutnya melakukan analisa eksperimental mengenai beberapa metode gerak rotasi dari sebuah robot *ornithopter* untuk menghasilkan pembahasan, dari pembahasan didapatkan kesimpulan dari tujuan dari penelitian tersebut. Dimana dengan menggunakan radio kontrol dapat ditampilkan pergerakan motor dan ekor dengan mengubah sudut pergerakan servo. Dari penelitian dihasilkan *ornithopter* dengan lebar sayap 80 cm, berat 335gr dan didapatkan data *flapping frequency* sebesar 12.7 Hz pada throttle maksimal, dengan gaya angkat rata-rata maksimal 2.4447 N dan gaya dorong sebesar 1.8608 N.

Kata kunci: *Unmanned Aerial Vehicles, Unmanned Aerial System, Flapping Wing, Ornithopter, SolidWorks, flapping frequency, lift, thrust.*

Abstract

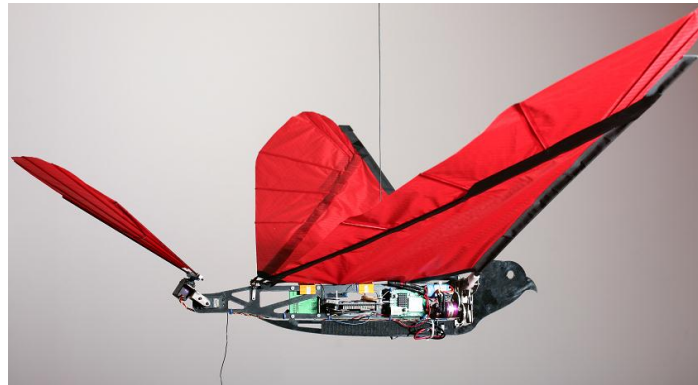
The development to use technologies that reduce the use of manpower in battle or *Unmanned Aerial System* (UAS) is accelerated significantly. This is because the contribution from the ability of this technology is very useful in addition to the military scope as well for commercial purposes. Military purposes in particular on the scope *intelligence, surveillance and reconnaissance* (ISR). *Ornithopter* is *unmanned Aerial Vehicles* (UAV), which has more advantages than *fixed-wing* and *rotary-wing* UAV, the success of the fly from this UAV obtained from the use of the tail to stabilize and control the direction of flight of the *ornithopter*. The flapping wings in general it aims to produce a great lift force to fly with stable, while the tail still helps to keep the vehicle on the track. In this study, the author begins with the stage of designing *ornithopter* robot using SolidWorks 2013. After kinematic analysis furthermore experimental analysis of the several methods of rotational motion of a robot *ornithopter* to generate discussion, from the discussion obtained conclusions of the purpose of the study. Using the radio control the motion of tail mechanism is driven using radio control. The research results *ornithopter* has a wingspan of 80 cm, weighs of 335 grams and *flapping frequency* 12.7 Hz at maximum throttle lift, with an average lift force up to 2.4447 N and thrust force up to 1.8608 N.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicles, Unmanned Aerial System, Flapping Wing, Ornithopter, SolidWorks, flapping frequency, lift, thrust.*

1. Pendahuluan

Pengembangan untuk menggunakan teknologi yang mengurangi penggunaan tenaga manusia dalam pertempuran atau *Unmanned Aerial System* (UAS) ini mengalami akselerasi yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena kontribusi dari kemampuan teknologi ini sangat bermanfaat selain bagi lingkup militer juga untuk keperluan komersial. Keperluan militer khususnya pada lingkup seperti intelijen, pengamatan dan pengintaian atau *intelligence, surveillance and reconnaissance* (ISR). Selain itu yang paling penting adalah dapat digunakan untuk serangan.

Sedangkan untuk keperluan sipil dan komersial adalah untuk keamanan perbatasan, pemantauan bencana dan bantuan kemanusiaan, serta pemantauan lingkungan [1].



Gambar 1. *Ornithopter Phoenix*

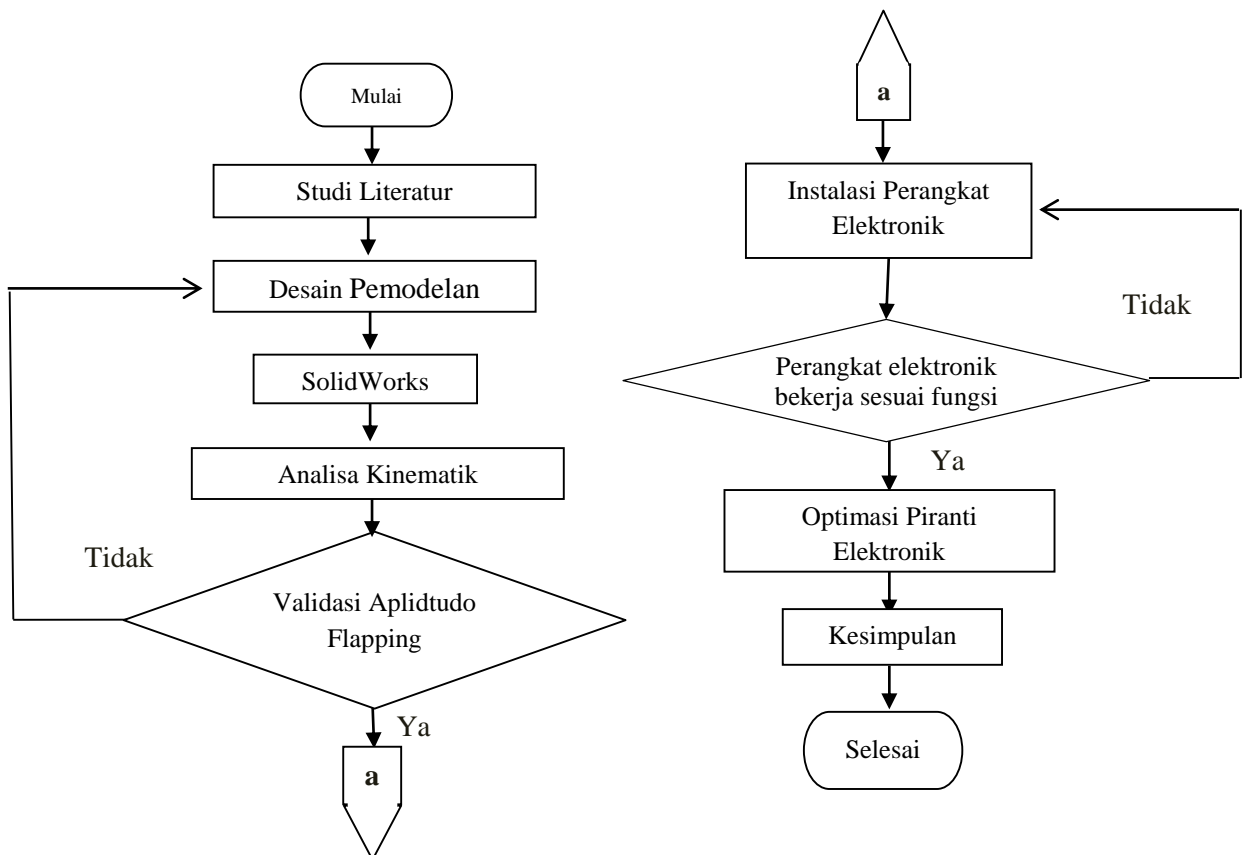
Gambar 1 merupakan *ornithopter Phoenix* UAV buatan Zachary John Jackowski dari MIT yang memiliki panjang sayap 1.8 m, menggunakan *plate gearbox* yang menginspirasi penulis sekaligus sebagai salah satu referensi utama dalam penelitian ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mendesain mekanisme gerak *flapping wing* MAV kemudian membuat barang jadi. Setelah itu disimulasikan menggunakan Solidwork 2013 untuk mengetahui amplitudo dan kecepatan sudut maksimalnya dan terakhir pengujian eksperimen untuk mengetahui gaya angkat dan gaya.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Alir Penelitian

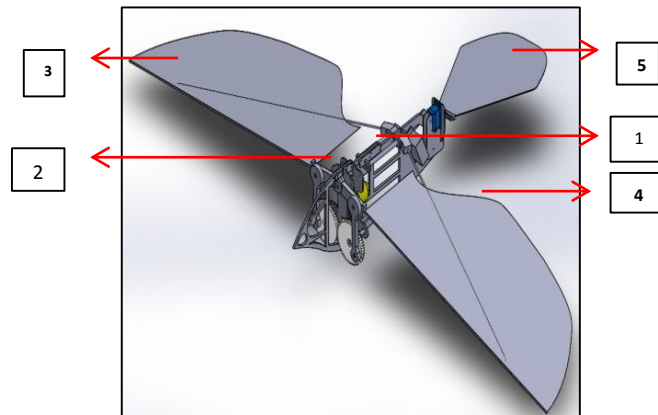
Dalam sebuah penelitian diperlukan diagram alir untuk menggambarkan jalannya proses penelitian mulai dari awal hingga akhir yang telah dilakukan. Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2. Desain Manipulator

Pada Gambar 1 adalah skema hasil pembuatan desain *ornithopter robot* dengan sudut pandang *isometric*.



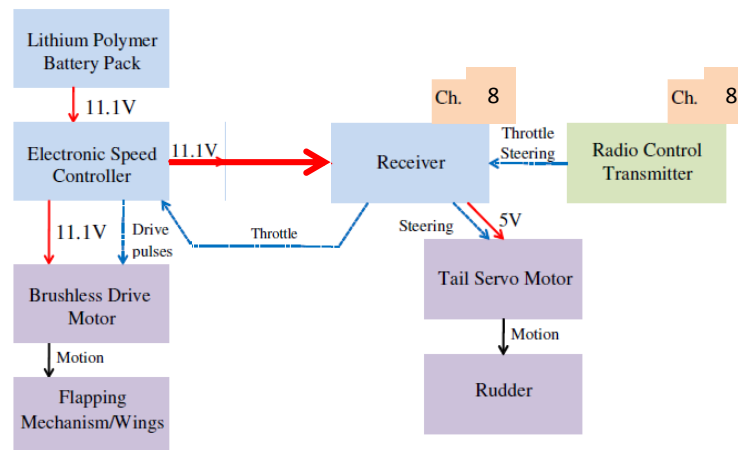
Gambar 3. Skema pembuatan desain *ornithopter robot*.

Keterangan Gambar :

- 1: Main frame
- 2: Gearbox
- 3: Sayap kanan
- 4: Sayap Kiri
- 5: Ekor

2.3. Rangkaian Hardware Elektrik

Untuk sistem elektronis pripotip *ornithopter robot* ini terdiri atas beberapa komponen elektronika. Beberapa komponen elektronika tersebut disusun untuk membentuk sebuah diagram desain *hardware* prototip snoopier hexapod robot. Diagram desainnya bisa dilihat pada Gambar 4 dibawah



Gambar 3. Skema rangkaian *hardware* elektrik

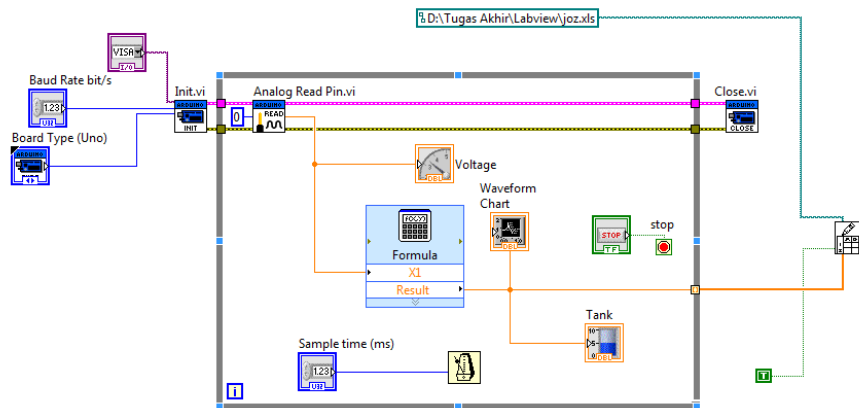
Dari skema pada Gambar 3 dapat digunakan untuk mengendalikan *ornithopter robot* dari *radio control* yang kemudian mengirimkan sinyal ke *receiver* sebagai perintah dalam menggerakkan motor brushless yang menggerakkan sayap dan perintah menggerakkan servo sebagai kendali ekor ke kanan maupun ke kiri, selain itu diperlihatkan pula skema dari daya yang mengalir dari baterai lipo yang melewati ESC menuju langsung *brushless motor* dan menuju *receiver* yang membagi sinyal PWM untuk menggerakkan servo.

2.4. Instrumentasi Pengukuran dan Apparatus Pengujian

2.4.1. Pembuatan Intrumentasi Pengukuran

Ornithopter yang sudah siap terbang akan melalui dua kali uji terlebih dahulu sebelum melakukan misi. Tahap pertama ialah melakukan kalibrasi terhadap sensor yang digunakan dengan software pengukuran yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan sensor *force sensing resistor* dan software LabVIEW 2012. Setelah

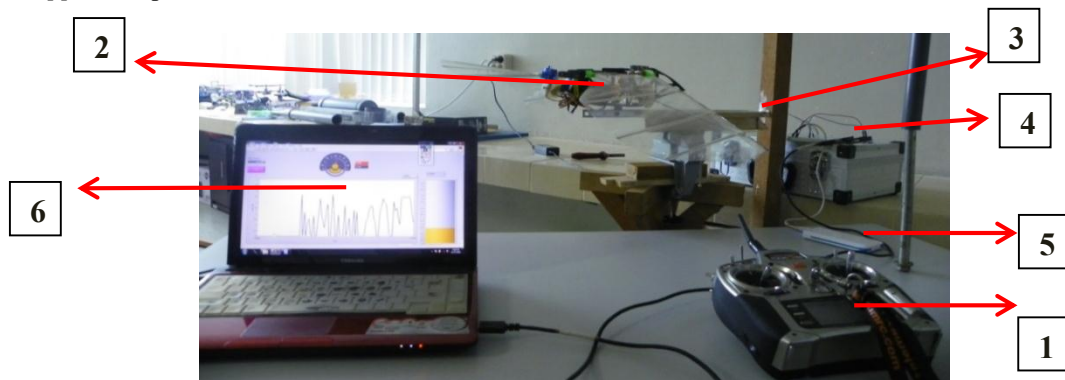
dikalibrasi dihasilkan blok diagram pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 4 kemudian dilakukan pembuatan *apparatus* pengujian.



Gambar 4. Blok diagram instrumentasi pengukuran

2.4.2. Pengujian *Thrust Ornithopter*

Ornithopter memerlukan *thrust* yang cukup besar untuk maju ke depan ketika terbang di udara. *Ornithopter* diasembi dengan *slider* dan dikunci pada ragum. *Ornithopter* yang sudah diasembi dengan *slider* diuji gaya *thrust* dengan menggunakan *Force Sensing Resistor*. Berikut gambar 5 menunjukkan *apparatus* pengujian *thrust*. Gambar 5 menunjukkan *apparatus* percobaan *thrust*.



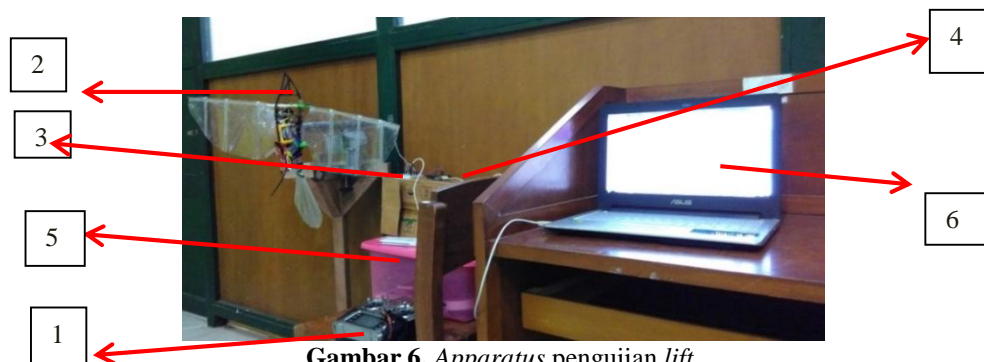
Gambar 5. *Apparatus* pengujian *thrust*

Keterangan gambar:

1. *Radio Control*
2. Wahana *Ornithopter*
3. *Force Sensing Resistor*
4. *Arduino Uno*
5. *Power Supply*
6. *Interface Labview*

2.4.3. Pengujian *Lift Ornithopter*

Tidak berbeda dengan pengujian *thrust*, pengujian *lift* juga dilakukan dengan tahapan yang sama namun dengan posisi yang berbeda yaitu arah kepankan *Ornithopter* diarahkan menuju *Force Sensing Resistor* sehingga yang terbaca ialah *lift* bukan lagi *thrust*. Gambar 6 menunjukkan *apparatus* percobaan *lift*.



Gambar 6. *Apparatus* pengujian *lift*

Keterangan Gambar:

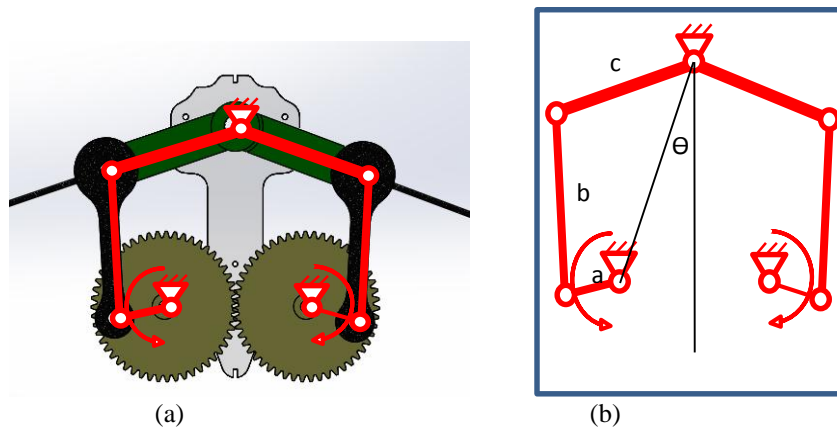
1. *Radio Control*
2. *Wahana Ornithopter*
3. *Force Sensing Resistor*
4. *Arduino Uno*
5. *Power Supply*
6. *Interface Labview*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa kinematik

3.1.1. Diagram Benda Bebas

Analisa kinematik yang dibahas mencakup beberapa hal yaitu diagram benda bebas, perhitungan *flapping frequency*, perhitungan *wing load*. Diagram benda bebas yang dibahas ialah bagian diagram benda bebas pada flapping mekanisme yang sangat berpengaruh pada sudut amplitudo dan kecepatan sudut nantinya. Berikut dapat dilihat pada Gambar 7 diagram benda bebas pada flapping mekanisme.



Gambar 7. Diagram benda bebas pada *flapping* mekanisme

Keterangan Gambar:

- a. 20.16 mm
- b. 52 mm
- c. 49.12 mm
- Θ 28.86°

3.1.2. Perhitungan *Flapping Frequency*

Flapping frequency adalah jumlah kepankan perdetik yang dinyatakan dalam Hz. Idealnya jumlah kepankan perdetik suatu *ornithopter* ialah 10 Hz, bila lebih dari itu akan berbahaya untuk struktur yang ada. Tetapi perbandingan besar dan lebar sayap juga perlu diperhatikan, semakin besar luas permukaan sayapnya semakin sedikit *flapping frequency*-nya. Dari data sheet motor didapat data bahwa kapasitas motor 1450 kv atau setara dengan 15950 rpm dan rasio gear yang ada sebesar 20.59:1 maka dapat dinyatakan

ω = Kecepatan Motor Brushless

$$\omega = 1450 \text{ rpm/v} \times 11 \text{ v} = 15950 \text{ rpm}$$

$$R_g = 20.59$$

Frequency Ideal = 10 Hz atau 600 rpm

$$\omega = \omega_{NL} / R_G$$

$$R_G = \omega / \omega_{NL}$$

$$R_G = 15950 \text{ rpm} / 600 \text{ rpm}$$

$$R_G = 26.58$$

$$\omega = \omega_{NL} / R_G$$

$$\omega = 600 \text{ rpm} / 20.59$$

$$\omega = 774.64 \text{ RPM}$$

Flapping frequency = 12.9 Hz

Dari perhitungan yang ada didapatkan flapping frekuensi sebesar 12.9 Hz .

3.1.3. Aspek Rasio

Perhitungan aspek rasio dapat dilakukan dengan dua cara yaitu yang pertama bagi wing span dengan rata-rata wing chord. Yang kedua *wing span* kuadrat dibagi oleh wing area. Karena untuk mencari data rata-rata *wing chord* pada permukaan sayap wahana *ornithopter* agak sulit maka digunakan persamaan kedua yaitu wing span pangkat dua sebesar 80^2 cm^2 dibagi dengan *wing area* sebesar 1100 cm^2 dihasilkan aspek rasio sebesar 5.8:1[3].

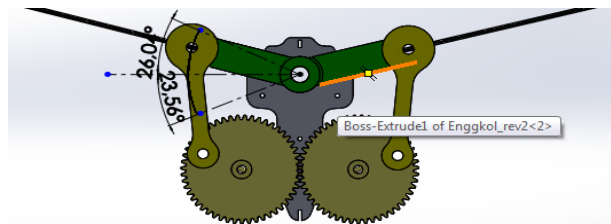
3.1.4. Perhitungan Wing Load

Perhitungan wing load didasarkan pada berat wahana terbang bukanlah berat wahana ketika berada di atas permukaan tanah, melainkan *wing load* yang merupakan pembagian antara masa total wahana dibagi dengan luas permukaan sayap. Dari data yang didapat setelah dilakukan perhitungan dengan timbangan digital didapatkan berat total *ornithopter* sebesar 335 gr dan luas permukaan sayap didapat dari penggunaan software SolidWork 2013 ialah 1100 cm^2 maka didapatkan hasil *wing load* sebesar 0.30 gr/cm^2 [3].

3.2. Simulasi

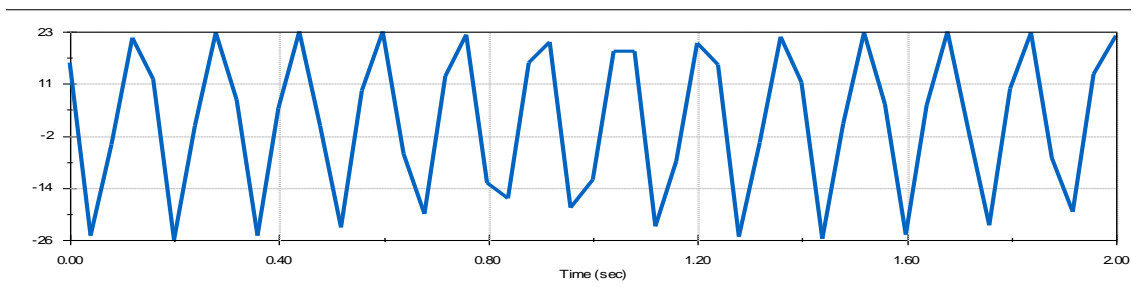
3.2.1. Amplitudo

Simulasi dilakukan untuk mengetahui amplitudo dan kecepatan sudut maksimal yang didapat secara teoritis dibandingkan dengan eksperimen apakah sudah cukup mampu untuk digunakan untuk menerbangkan *ornithopter* yang ada. Gambar 8 menunjukan amplitudo hasil simulasi dengan menggunakan *trace path* yang lalu diukur dengan *smart dimension*.



Gambar 8. Amplitudo hasil simulasi *trace path*

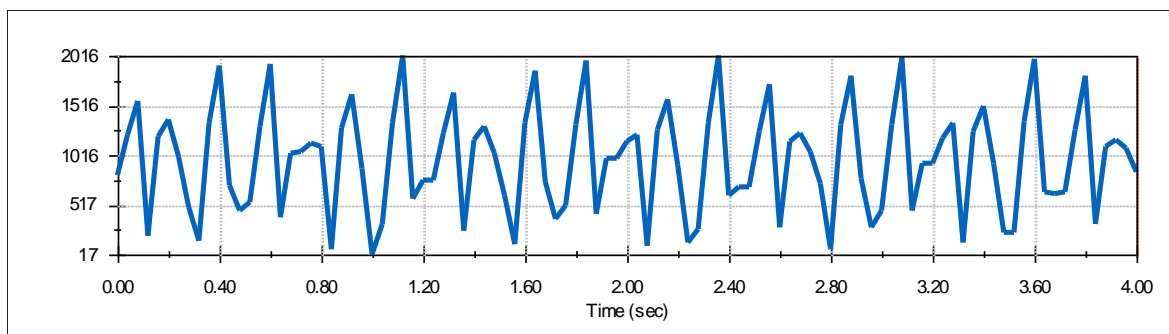
Setelah itu dilakukan pula menggunakan posisi sudut yang peletakan posisi yang dihitung pada rusuk sayap hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9 yang ditunjukkan berupa grafik.



Gambar 9. Posisi sudut sayap

3.2.2. Kecepatan Sudut

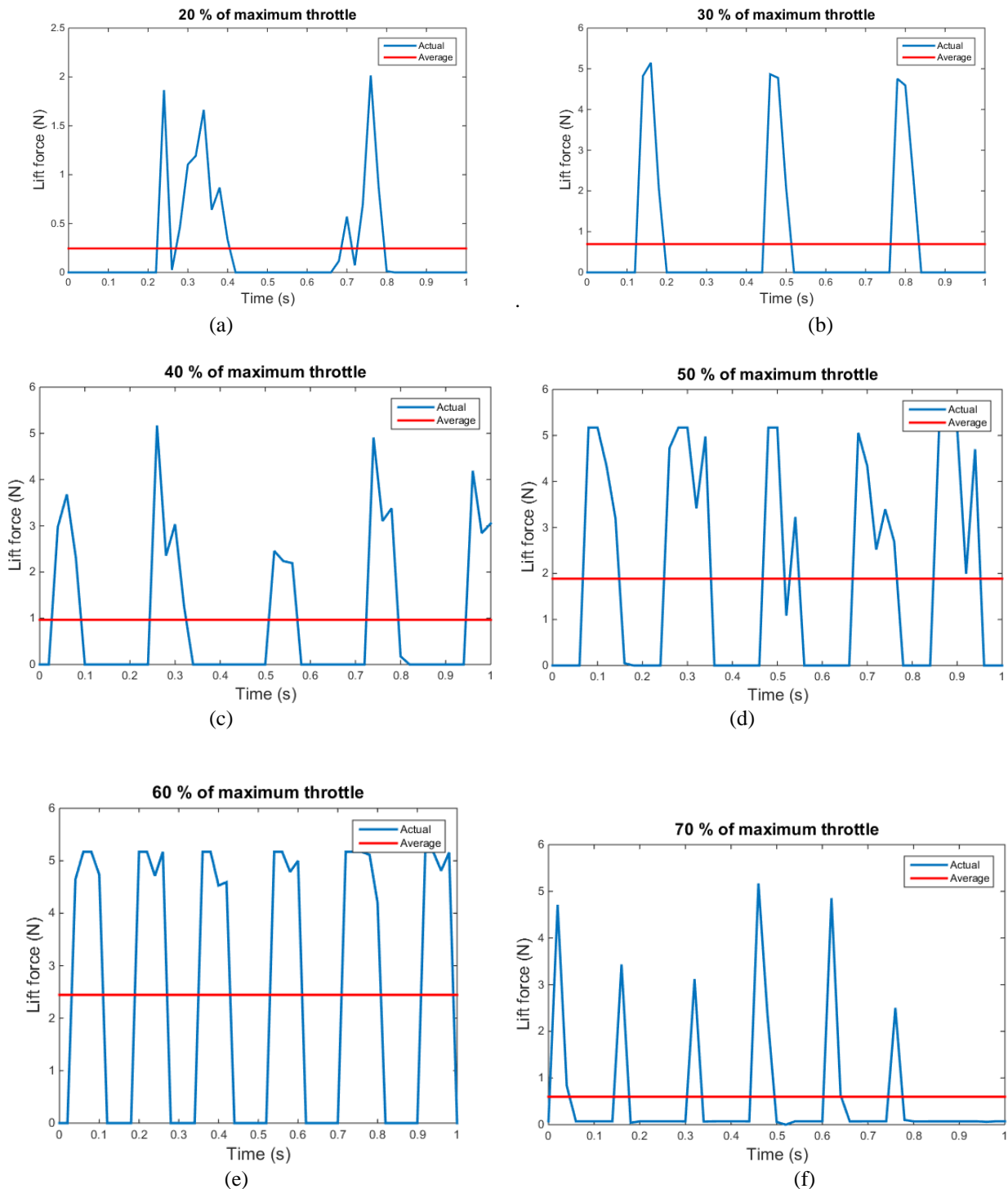
Setelah dilakukan simulasi selama 4 detik didapatkan hasil kecepatan sudut maksimal pada bukaan *throttle* 75% ialah sebesar 2016 deg/sec. Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi kecepatan sudut.



Gambar 10. Hasil simulasi kecepatan sudut

3.3. Hasil Pengujian Lift

Pengujian membahas mengenai gaya angkat ornithopter yang dihasilkan berdasarkan bukaan *throttle* dari *radio control*. Hasil pengujian kemudian dianalisa menggunakan software MATLAB untuk mengetahui data rata-rata setiap bukaan dan kecenderungan grafik yang didapat. Berikut hasil pengujian tiap bukaan *throttle* yang telah dilakukan menggunakan sensor *Force Sensing Resistor* dapat dilihat pada Gambar 11 a-f.



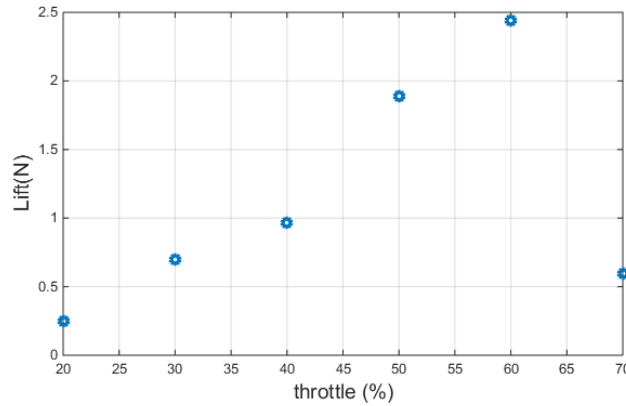
Gambar 11. Hasil analisa data pengujian lift

Setelah semua data pengujian didapat seperti yang terlihat pada Tabel 1 maka akan kita buat rata-ratanya untuk menentukan kecenderungannya.

Tabel 1. Data hasil pengujian *lift*.

Bukaan <i>Throttle</i> (%)	<i>Lift</i> (N)
20	0.2452
30	0.6956
40	0.9669
50	1.8871
60	2.4447
70	0.5982

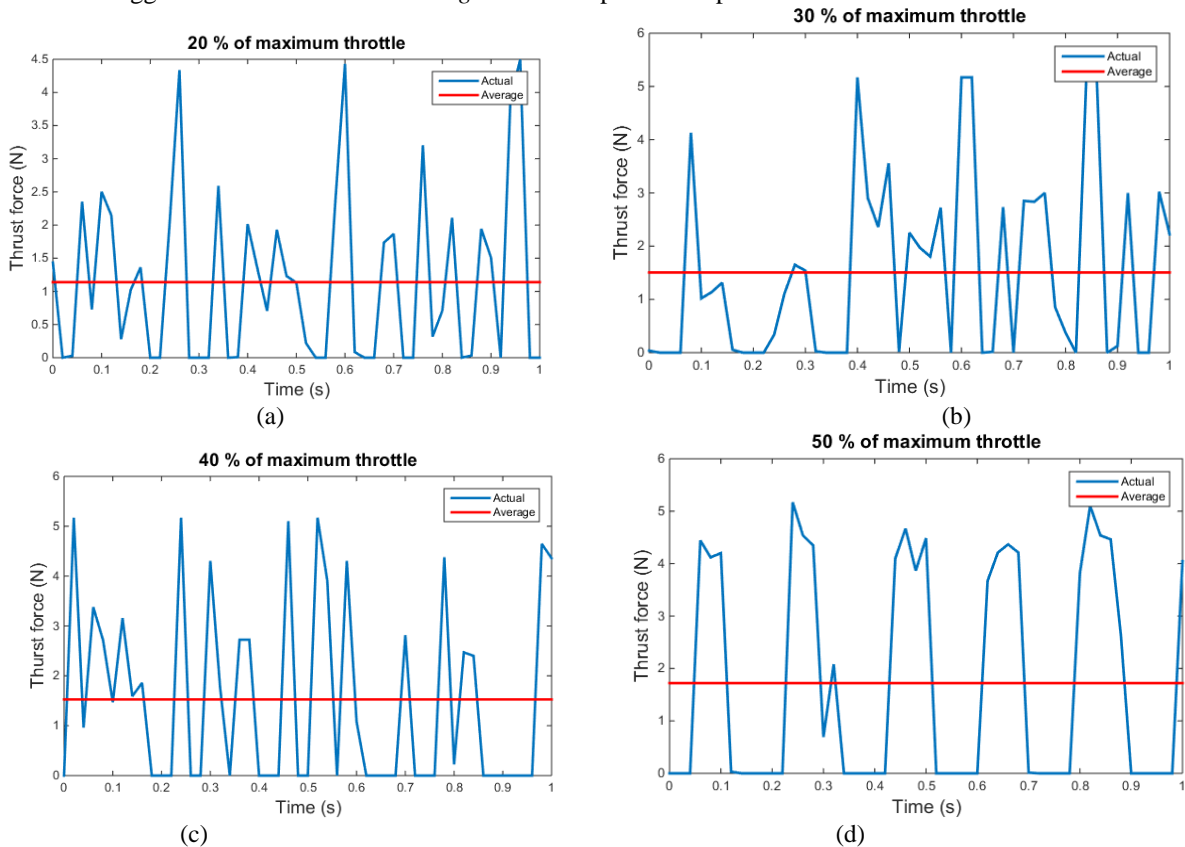
Kemudian dibuat grafik untuk menentukan kecenderungan dari data yang diperoleh dengan hasil seperti yang ditampilkan oleh Gambar 12.

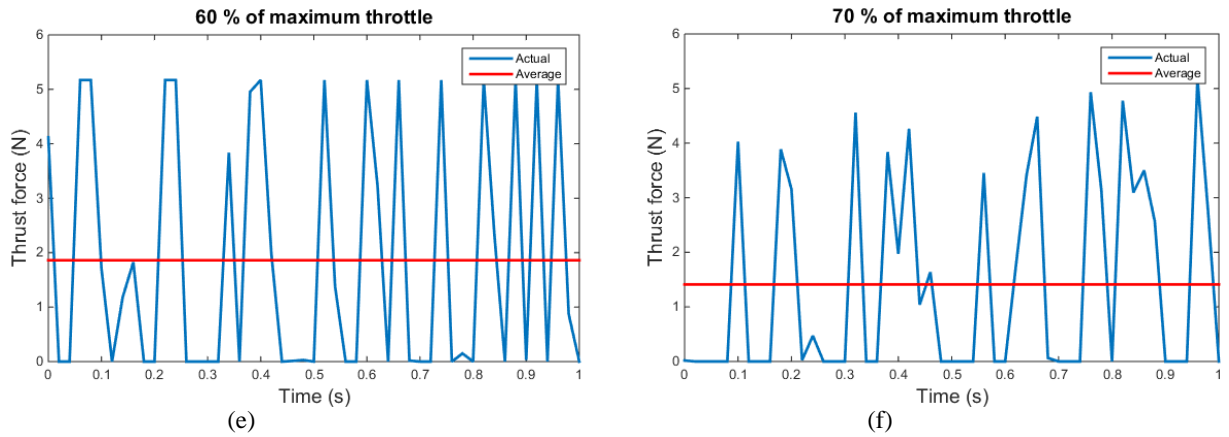


Gambar 12. Plot data hasil pengujian *lift*

3.4. Hasil pengujian *Thrust*

Pengujian membahas mengenai gaya dorong *ornithopter* yang dihasilkan berdasarkan bukaan *throttle* dari *radio control*. Hasil pengujian kemudian dianalisa menggunakan *software* MATLAB untuk mengetahui data rata-rata setiap bukaan dan kecenderungan grafik yang didapat. Berikut hasil pengujian tiap bukaan *throttle* yang telah dilakukan menggunakan sensor *Force Sensing Resistor* dapat dilihat pada Gambar 13 a-f.





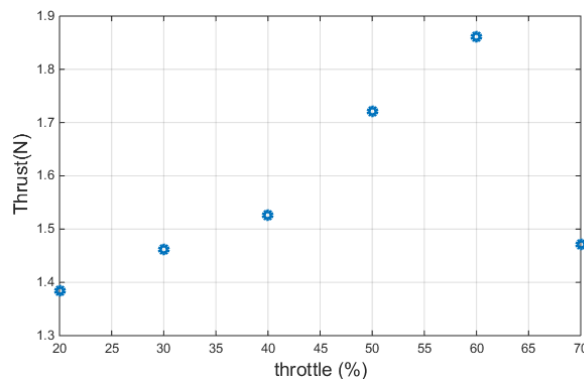
Gambar 13. Hasil analisa data pengujian *thrust*

Setelah semua data pengujian didapat seperti yang terlihat pada Tabel 2 maka akan kita buat rata-ratanya untuk menentukan kecenderungannya.

Tabel 2. Data hasil pengujian *thrust*.

Bukaan <i>Throttle</i> (%)	<i>Thrust</i> (N)
20	1.384
30	1.5056
40	1.5268
50	1.7217
60	1.8608
70	1.4718

Kemudian dibuat grafik untuk menentukan kecenderungan dari data yang diperoleh dengan hasil seperti yang ditampilkan oleh Gambar 14



Gambar 14. Plot data hasil pengujian *thrust*

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari jurnal ilmiah ini ialah desain ornithopter menggunakan mekanisme crank dengan tipe *plate crank* dan *double pulley* kemudian *ornithopter* berhasil dibuat menggunakan sistem *full open loop* dengan *wing span* 80 cm dan berat 335 gr menggunakan material carbon fiber dan akrilik dengan aktuator Motor *Brushless* dan servo. Ornithopter memiliki amplitudo sebesar 49.6° dan kecepatan sudut maksimal sebesar 2016deg/sec Ornithopter menghasilkan gaya angkat rata-rata maksimal 2.4447N dan gaya dorong sebesar 1.8608N.% pada saat bukaan *throttle* 60%.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sudjatmiko, Totok. 2014. “Analisa Kebijakan Pengembangan Pesawat Nir-Awak *Unmanned Aerial Vehicle/Drone* Sebagai Alat Kepentingan Negara Di Dunia Internasional Dalam Perspektif Hubungan Internasional”. Pusat Pengkajian dan Informasi Kedirgantaraan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- [2] Jackowski, Zachary J. 2009, “Design and Construction of an Autonomous Ornithopter”, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology.
- [3] http://www.airfieldmodels.com/information_source/math_and_science_of_model_aircraft/formulas/aspect_ratio.htm diakses tanggal 26 Oktober 2015 jam 12.30 WIB.
- [4] http://www.airfieldmodels.com/information_source/math_and_science_of_model_aircraft/formulas/wing_load.htm diakses tanggal 26 Oktober 2015 jam 12.40 WIB.