

**DESAIN DAN PENGEMBANGAN *UAV FIXED WING*  
MENGUNAKAN SUMBER DAYA *HYBRID SOLAR CELL*  
DAN BATERAI**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**ABDO AL AZER**

**03041381419139**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN DAN PENGEMBANGAN *UAV FIXED WING* MENGUNAKAN SUMBER DAYA *HYBRID SOLAR CELL* DAN BATERAI



### SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ABDO AL AZER**  
03041381419139


Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T, M.Eng, Ph.D.**  
NIP. 1971108141999031005

Palembang, Juli 2019  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

**Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197812072002122002

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan :  \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Hera Hikmanika, S.T., M.Eng.

Tanggal : 18 / Juli / 2019

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdo Al Azer  
NIM : 03041381419139  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Desain dan Pengembangan UAV *Fixed Wing*  
Menggunakan Sumber Daya *Hybrid Solar Cell*  
dan Baterai  
Hasil Pengecekan : 7 %  
*Software iThenticate/Turnitin*

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2019



Abdo Al Azer  
NIM. 03041381419139

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur atas rahmat dan ridho dari Allah SWT, penulis dapat membuat skripsi ini dengan judul, “Desain dan Pengembangan UAV Fixed Wing Menggunakan Sumber Daya *Hybrid Solar Cell* dan Baterai”.

Pembuatan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M. Eng. selaku Pembimbing Utama tugas akhir dan Dosen Pembimbing Akademik.
2. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pencetus dan pengembang ide pada tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Segenap Staf dan Pegawai Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu proses administrasi dan menyediakan fasilitas selama penyusunan skripsi ini.
7. Kedua Orangtua yang tersayang dan selalu dihormati, Mama (Erlina Salfa) dan Papa (Ali Azwir), atas segala doa, motivasi dan dukungan penuh yang menjadikan Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.
8. Saudara Kandung yang selalu dibanggakan dan disayangi, Kakak (Raifa Riska Azer), dan Adik (Afra Firma Azer) yang memberikan motivasi dan dukungan penuh kepada Penulis selama dalam proses penyusunan skripsi.
9. Teman satu tim pembuatan alat dan penyusunan skripsi, Muhammad Almi Yunus beserta keluarga yang telah banyak membantu penulis dalam proses pembuatan alat dan penyusunan skripsi.

10. Teman-teman konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer angkatan 2014 kampus Palembang: Reni Samara, Ahmad Afif Mahdi, Muhammad Alfathan Zaitama Putra, Muhammad Imam Pangestu, Muhammad Radhi, Muhammad Ramadhan Aditya Vandho, Achmad Budi Prakoso, Juliando, Aulya Annisa Dwi Larasati, Ghalib Nadhif Faisal, Irham Ahmadirizka, Afina Fiddaraini, Clara Cynthia Deby, Marhani Rosyadah, Dismeilinda, Rizky Ananda Putri, yang telah kebersamai Penulis selama proses perkuliahan dalam konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer.
11. Teman-teman angkatan 2014 lainnya kampus Palembang: Syanno Revy Aryadita Sutarno, Rheza Adhitya Siregar, Akhmad Mukhlis, Anisa Septiana, Della Astari, Muhammad Ajie Rekha Mokrates, Tri Buana Nurrahmat, Muhammad Rico Ardiyanto, Anwari Ramadhan, Fadilah Fuad, Dendi Nugraha, Muhammad Yoga Pratama, Mohammad Amha Abrijadi, Maria Dila Desta, Muhammad Riza Azfi, Ikni Yudistira, Arief Rachman Hakim, Wahyu Angga Putra, Rachmad Haryono, Muhammad Arif Akbar, Rommy Adi Satrio, Safnoviar Tiasdi, Retyo Wizi Nafa Utami, Molly Zazakurnia, Awwalu Abi, yang telah kebersamai selama perkuliahan dan mendukung penulis baik secara moral maupun material.
12. Keluarga Besar Electrant Ghazi angkatan 2014 yang telah menjadi bagian dari masa perkuliahan dan motivasi dalam kebersamaan.
13. Teman-teman dari Klub Robot Universitas Sriwijaya yang telah mendukung penulis selama dalam proses penyusunan skripsi.
14. Seluruh pihak yang telah membantu serta memotivasi dalam proses penyusunan skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Palembang, Juli 2019

Penulis

Abdo Al Azer



## ABSTRAK

### DESAIN DAN PENGEMBANGAN *UAV FIXED WING* MENGGUNAKAN SUMBER DAYA *HYBRID SOLAR CELL* DAN BATERAI

(Abdo Al Azer, 03041381419139, 2019, 83 Halaman)

---

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan teknologi kendaraan terbang tanpa awak yang dikembangkan dan digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam berbagai bidang seperti bidang pada sistem pemetaan, bidang logistik, pertahanan dan keamanan, dan beberapa bidang lainnya. Penggunaan UAV tidak terlepas dari sumber daya berupa baterai yang digunakan dalam jangka waktu yang lama untuk tujuan tertentu. Hal ini berarti, waktu terbang (*Flight Time*) UAV yang lama memengaruhi pasokan daya yang dibutuhkan. Semakin lama *flight time*, maka daya yang dibutuhkan akan semakin banyak. Sehingga dibutuhkan sumber daya tambahan pada UAV untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut. Sumber daya tambahan tersebut berupa *solar cell*. Namun karakteristik pada *solar cell* yang tipis dengan dimensi luas tertentu, membuat adanya pertimbangan khusus dalam memilih jenis UAV yang digunakan. Sehingga dipilih UAV jenis *Fixed Wing* agar *Solar Cell* dapat digunakan dalam jumlah yang banyak dan mampu direkatkan pada sayap. Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan desain *Fixed Wing* yang mampu melakukan penerbangan dengan pengaplikasian *Solar Cell* sebagai tambahan sumber daya pada *Fixed Wing* yang dapat menambah *flight time* pada *Fixed Wing*. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan nilai PWM yang dapat menerbangkan *Fixed Wing* sebesar 1730 dengan *Flight Time* sebesar 789 second atau 13 menit 9 detik.

**Kata Kunci:** *UAV, Fixed Wing, Baterai, Solar Cell, PWM, Flight Time*

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 1971108141999031005

Palembang, Juli 2019  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.  
NIP. 197812072002122002

## ABSTRACT

### DESIGN AND DEVELOPMENT OF UAV FIXED WING USING SOLAR CELL AND BATTERY AS HYBRID POWER SOURCE

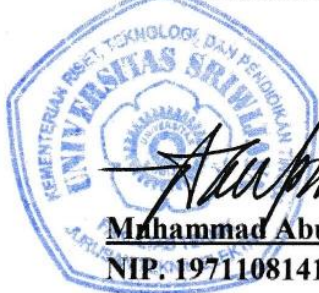
(Abdo Al Azer, 03041381419139, 2019)

---

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) is an unmanned flying vehicle technology developed and used to help human's work in many aspects such as for mapping system, logistics, defence and security and other sectors. UAV is inseparable from battery usage as a power source with long-period usage purposes. Which means UAV's flight time influences the power source needed. The long flight time will need a bigger power source. The increasing demand for power will need an additional power source for the UAV which in this case has chosen solar cell as a solution to the problem. A fixed-wing UAV is chosen as it aligns with solar cells' thin shape which can be taped to the UAV's wings. The purpose of this research is to apply the design of the fixed wing which can take flight with the usage of solar cell as an additional power source to increase its flight time. Research result shows the PWM value required to fly the fixed wing is 1730 with a flight time for 789 seconds or 13 minutes and 9 seconds.

**Keywords:** UAV, Fixed Wing, Battery, Solar Cell, PWM, Flight Time

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu/Bakar Sidik, S.T, M.Eng, Ph.D.**  
NIP. 1971108141999031005

**Palembang, Juli 2019  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing**



**Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197812072002122002



## DAFTAR ISI

<b>Daftar Isi</b>	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penulisan.....	3
1.4. Pembatasan Masalah.....	3
1.5. Keaslian Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	6

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1. UAV ( <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> ).....	8
2.1.1. Pengertian UAV.....	8
2.1.2. Sejarah UAV.....	8
2.1.3. Jenis-jenis UAV.....	13
2.1.4. Sistem Kerja UAV.....	14
2.1.5. Tujuan Perancangan dan Pengembangan UAV.....	14
2.2. <i>Fixed Wing</i> .....	17
2.2.1. Pengertian <i>Fixed Wing</i> .....	17
2.2.2. Perancangan Sayap Pada <i>Fixed Wing</i> .....	17
2.2.3. Perancangan <i>Fuselage</i> dan Ekor Pada <i>Fixed Wing</i> .....	26
2.2.4. Sistem Pergerakan Pada <i>Fixed Wing</i> .....	27
2.3. Motor <i>Brushless</i> DC (BLDC) dan <i>Propeller</i> .....	28
2.4. <i>Flight Controller</i> .....	30
2.5. Modul GPS ( <i>Global Positioning System</i> ).....	31
2.6. Baterai.....	32
2.7. <i>Electronic Speed Control</i> (ESC).....	33
2.8. Motor Servo.....	34
2.9. <i>Remote Control</i> .....	34
2.10. <i>Power Module</i> .....	35
2.11. <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM).....	36

<b>BAB III PERANCANGAN</b> .....	38
3.1. Diagram Alir dan Penjelasan Penelitian .....	38
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	48
4.1. Perancangan Mekanik Pada <i>Fixed Wing</i> .....	48
4.1.1. Perhitungan Ukuran Sayap, <i>Fuselage</i> , dan Ekor .....	49
4.1.2. Penggambaran <i>Center of Gravity</i> pada Pesawat .....	56
4.1.3. Permodelan Pesawat Tiga Dimensi Menggunakan <i>Software Solidworks</i> .....	57
4.1.4. Perhitungan Beban pada Pesawat .....	62
4.2. Perancangan Sistem Elektronik pada <i>Fixed Wing</i> .....	63
4.2.1. Penentuan Kebutuhan Daya Motor <i>Brushless</i> DC pada <i>Fixed Wing</i> .....	64
4.2.2. Penentuan Kebutuhan Baterai pada <i>Fixed Wing</i> .....	67
4.3. Pengujian Nilai PWM .....	67
4.3.1. Pengujian Nilai PWM Motor <i>Brushless</i> Pada <i>Throttle</i> Penuh .....	68
4.3.2. Pengujian Nilai PWM Motor <i>Brushless</i> Pada <i>Throttle</i> Setengah .....	69
4.3.3. Pengujian Nilai PWM Simulasi Manuver ( <i>Aileron</i> , <i>Elevator</i> , <i>Motor Brushless</i> , dan <i>Rudder</i> ) .....	70
4.4. Hasil Data Simulasi Manuver <i>Roll</i> , <i>Pitch</i> , dan <i>Yaw</i> pada <i>Fixed</i> <i>Wing</i> .....	73
4.5. Hasil Data <i>Flight Time</i> Terhadap Penggunaan Baterai .....	75
4.6. Analisa Hasil Pengujian Pada <i>Fixed Wing</i> .....	77

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
5.1. Kesimpulan .....	81
5.2. Saran .....	82

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Pesawat Udara Otomatis <i>Hewitt-Sperry</i> .....	9
Gambar 2.2. <i>Liberty Eagle Aerial Torpedo</i> .....	9
Gambar 2.3. <i>Queen Bee Target Drone</i> .....	10
Gambar 2.4. <i>Falconer MQM-57 (SD-1)</i> .....	10
Gambar 2.5.	
(a) <i>AQM-34Q</i> .....	11
(b) <i>BGM 34C</i> .....	11
Gambar 2.6.	
(a) <i>Tupolev Tu-123 Yastreb</i> .....	11
(b) <i>Tupolev Tu-143 Reys</i> .....	11
Gambar 2.7. <i>CL-289</i> .....	12
Gambar 2.8. <i>UAS Scout</i> .....	12
Gambar 2.9.	
(a) <i>UAV Single-Rotor</i> .....	13
(b) <i>UAV Multirotor</i> .....	13
Gambar 2.10. UAV dalam bidang fotografi dan videografi dengan pemasangan kamera khusus.....	15
Gambar 2.11. UAV dalam bidang logistik yang memungkinkan dalam membawa barang melalui jalur udara .....	15



Gambar 2.12. UAV dalam bidang kartografi. Memudahkan proses pemetaan pada suatu wilayah .....	16
Gambar 2.13. UAV dalam bidang militer. Penggunaannya dikhususkan dalam mengintai wilayah musuh saat dalam peperangan .....	16
Gambar 2.14. UAV dalam bidang agrikultur yang memudahkan dalam proses penyemprotan pestisida di daerah perkebunan .....	16
Gambar 2.15. UAV <i>Fixed Wing</i> .....	17
Gambar 2.16. <i>Airfoil</i> dan Bagian-Bagiannya .....	18
Gambar 2.17. Arah gaya yang Berperan Pada <i>Fixed Wing</i> .....	19
Gambar 2.18. Gaya pada <i>Airfoil</i> .....	20
Gambar 2.19. <i>Aspect Ratio</i> Pada Sayap Pesawat .....	21
Gambar 2.20. Berbagai Bentuk <i>Fixed Wing</i> Berdasarkan <i>Aspect Ratio</i> Pada Sayap .....	22
Gambar 2.21. <i>Wing Vortex</i> .....	23
Gambar 2.22. <i>Angle of Attack</i> .....	24
Gambar 2.23. Skema Pada <i>Induced Drag</i> .....	25
Gambar 2.24. <i>Center of Gravity</i> .....	25
Gambar 2.25. <i>Rule of Thumb Fuselage</i> dan Ekor <i>Fixed Wing</i> .....	26
Gambar 2.26. Sistem Pergerakan pada <i>Fixed Wing</i> .....	27
Gambar 2.27.	
(a) Motor BLDC .....	28
(b) <i>Propeller</i> .....	28
Gambar 2.28. <i>Flight Controller</i> .....	31

Gambar 2.29. Modul GPS .....	31
Gambar 2.30. Baterai <i>LiPo</i> UAV <i>Fixed Wing</i> .....	32
Gambar 2.31. <i>Electronic Speed Control</i> (ESC) .....	33
Gambar 2.32. Motor Servo.....	34
Gambar 2.33. <i>Remote Control</i> .....	35
Gambar 2.34. <i>Power Module</i> .....	35
Gambar 2.35. Sinyal PWM .....	37
Gambar 3.1. Diagram Alir Perancangan <i>Fixed Wing</i> .....	39
Gambar 3.2. Diagram Perancangan Mekanik <i>Fixed Wing</i> .....	40
Gambar 3.3. Diagram Perancangan Sistem Elektronik <i>Fixed Wing</i> .....	40
Gambar 3.4. Diagram Komponen Sistem Elektronik <i>Fixed Wing</i> .....	40
Gambar 3.5. <i>T-Motor AT3520-5 KV880 Brushless Motor</i> .....	41
Gambar 3.6. <i>T-Motor 80A Brushless ESC</i> .....	42
Gambar 3.7. <i>Revox Pro 4S 5500mAh 30C Lithium Polymer Battery</i> .....	43
Gambar 3.8. <i>GemFan 13x6.5E Nylon Composite Electric Propeller</i> .....	44
Gambar 3.9. <i>Futaba T8FG Super 14-Channels 2.4GHz Radio System</i> .....	44
Gambar 3.10. <i>ArduPilot APM 2.8 Flight Control Board</i> .....	45
Gambar 3.11. <i>Ublox NEO 7M GPS With Compass</i> .....	46
Gambar 3.12. <i>Micro Servo TowerPro SG90</i> .....	46
Gambar 3.13. <i>Power Module</i> .....	47
Gambar 4.1. Skema <i>Airfoil Tipe NACA 2412</i> .....	49
Gambar 4.2. Hasil Data Bilangan Reynold.....	51
Gambar 4.3. Tabel Viskositas dan Viskositas Kinematik pada Air dan Udara ..	51

Gambar 4.4. Pembagian Nilai $NCrit$ .....	52
Gambar 4.5. Tampilan Set Data Bilangan Reynold dan Nilai $NCrit$ .....	53
Gambar 4.6. Tampilan Polarisasi pada <i>Wing Chord</i> NACA 2412 .....	54
Gambar 4.7. <i>Polar File</i> untuk Nilai Alpha Sebesar $12^\circ$ .....	55
Gambar 4.8. <i>Center of Gravity</i> dengan Ukuran Sayap yang Sudah Ditentukan.	57
Gambar 4.9. Sketsa Rancangan Pesawat .....	58
Gambar 4.10. Hasil Perancangan Tampak Depan .....	58
Gambar 4.11. Hasil Perancangan Tampak Belakang .....	58
Gambar 4.12. Hasil Perancangan Tampak Atas .....	59
Gambar 4.13. Hasil Perancangan Tampak Bawah .....	59
Gambar 4.14. Hasil Perancangan Tampak Kanan .....	60
Gambar 4.15. Hasil Perancangan Tampak Kiri .....	60
Gambar 4.16. Hasil Akhir Berupa Bentuk Fisik Sesuai Perancangan yang Telah Dibuat .....	61
Gambar 4.17. Hasil Akhir Berupa Bentuk Fisik Dengan Tambahan Solar Cell..	61
Gambar 4.18. Perancangan Sistem Elektronik Pesawat <i>Fixed Wing</i> .....	63
Gambar 4.19. Pengujian Nilai PWM Pada <i>Throttle</i> Dalam Posisi Penuh. Ditandai Dengan Lingkaran Merah Pada Level Tuas Penggerak Motor di <i>Remote Control</i>	68
Gambar 4.20. Grafik Nilai PWM <i>Throttle</i> Penuh pada Motor <i>Brushless</i> .....	69
Gambar 4.21. Pengujian Nilai PWM Pada <i>Throttle</i> Setengah. Ditandai Dengan Lingkaran Merah Pada Level Tuas Penggerak Motor di <i>Remote Control</i> .....	69
Gambar 4.22. Grafik Nilai PWM <i>Throttle</i> Setengah pada Motor <i>Brushless</i> .....	70
Gambar 4.23. Grafik Nilai PWM pada <i>Aileron</i> Saat Manuver <i>Fixed Wing</i> .....	71

Gambar 4.24. Grafik Nilai PWM pada <i>Elevator</i> Saat Manuver <i>Fixed Wing</i> .....	71
Gambar 4.25. Grafik Nilai PWM pada Motor <i>Brushless</i> Saat Manuver <i>Fixed Wing</i>	72
Gambar 4.26. Grafik Nilai PWM pada <i>Rudder</i> Saat Manuver <i>Fixed Wing</i> .....	72
Gambar 4.27. Grafik Pergerakan <i>Roll</i> pada <i>Fixed Wing</i> .....	73
Gambar 4.28. Grafik Pergerakan <i>Pitch</i> pada <i>Fixed Wing</i> .....	74
Gambar 4.29. Grafik Pergerakan <i>Yaw</i> pada <i>Fixed Wing</i> .....	74
Gambar 4.30. Grafik Penggunaan Baterai Pada <i>Fixed Wing</i> .....	76

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 4.1. Tabel Beban dan Komponen Elektronik Pesawat.....	62
Tabel 4.2. Tabel Interval <i>Wing Loading</i> .....	65
Tabel 4.3. Tabel Interval <i>Power Loading</i> .....	66
Tabel 4.4. Tabel Nilai Penggunaan Baterai Pada <i>Fixed Wing</i> .....	75



## DAFTAR RUMUS

<b>Rumus</b>	<b>Halaman</b>
Rumus 2.1. ....	20
Rumus 2.2. ....	20
Rumus 2.3. ....	21
Rumus 2.4. ....	21
Rumus 2.5. ....	24
Rumus 2.6. ....	24
Rumus 2.7. ....	25
Rumus 2.8. ....	29
Rumus 2.9. ....	30
Rumus 2.10. ....	30
Rumus 2.11. ....	30
Rumus 4.1. ....	50
Rumus 4.2. ....	64
Rumus 4.3. ....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Grafik Hasil *Plotting* Pada Polarisasi *Airfoil NACA 2412*
- Lampiran 2. *Polar File NACA 2412*
- Lampiran 3. Tabel Nilai PWM *Throttle* Penuh
- Lampiran 4. Tabel Nilai PWM *Throttle* Setengah
- Lampiran 5. Tabel Nilai PWM Manuver (*Aileron, Elevator, Motor Brushless, dan Rudder*)
- Lampiran 6. Tabel Nilai *Roll, Pitch, dan Yaw Fixed Wing*
- Lampiran 7. Foto *Flight Test* Pada *Fixed Wing*
- Lampiran 8. Berita Acara Seminar Skripsi / Laporan Hasil Revisi Skripsi
- Lampiran 9. Hasil Pengecekan *iThenticate / Turnitin*

## NOMENKLATUR

$F_L$	: Gaya angkat atau <i>Lift</i> (N)
$F_D$	: Gaya seret atau <i>Drag</i> (N)
$C_L$	: Koefisien gaya angkat atau <i>Lift</i>
$C_D$	: Koefisien gaya seret atau <i>Drag</i>
$\rho$	: Massa jenis udara (1,2 kg/m <sup>3</sup> )
$A$	: Luas daerah pada sayap (m <sup>2</sup> )
$v$	: Kecepatan angin (m/s)
AR	: Aspect ratio pada sayap
$s$	: Wing span (m)
$c$	: Chord line (m)
$C_{Di}$	: Gaya seret pada sayap / <i>Induced Drag</i> (N)
$\pi$	: Nilai phi = 3,14
$e$	: Nilai efisiensi rentang sayap ( <i>Span Efficiency</i> = 0,8)
$\rho$	: Densitas Fluida (kg/m <sup>3</sup> )
$v_s$	: Kecepatan Fluida (m/s)
$l$	: Panjang wing chord (m)
$\mu$	: Viskositas absolut fluida dinamis (Pa)
$\nu$	: Viskositas kinematik fluida (m <sup>2</sup> /s)
$\alpha$	: Sudut serang / <i>Angle of Attack</i> (°)
CG	: <i>Center of Gravity</i>
<i>Wing Loading</i>	: Perbandingan berat <i>Fixed Wing</i> dan luas sayap (kg/m <sup>2</sup> )
<i>Power Loading</i>	: Perbandingan daya motor dan berat <i>Fixed Wing</i> (Watt/kg)
<i>Aileron</i>	: Penggerak pada sayap untuk gerakan <i>roll</i>
<i>Elevator</i>	: Penggerak pada sayap belakang ekor untuk gerakan <i>pitch</i>
<i>Rudder</i>	: Penggerak pada sayap belakang tegak untuk gerakan <i>yaw</i>
<i>Roll</i>	: Gerakan berputar dan mengayun pada pesawat
<i>Pitch</i>	: Gerakan melayang dan menukik pada pesawat
<i>Yaw</i>	: Gerakan berbelok pada pesawat
<i>Flight Time</i>	: Jam terbang pada pesawa

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, membuat banyak kegiatan penelitian yang ditujukan agar dapat memudahkan berbagai pekerjaan manusia. Salah satunya adalah penelitian mengenai UAV yang ditujukan untuk memberikan kemudahan bagi manusia dalam melakukan beberapa pekerjaan melalui jalur udara. Dimana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), merupakan teknologi kendaraan terbang tanpa awak yang dikembangkan dan digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam berbagai bidang. Dewasa ini, teknologi UAV pada umumnya sudah diterapkan dalam bidang fotografi melalui jalur udara. Dan hingga saat ini, penelitian terkait dengan UAV masih terus dilakukan untuk bidang lain yang membantu memudahkan pekerjaan manusia di jalur udara. Sebagai contoh bidang yang saat ini masih dikembangkan adalah bidang pada sistem pemetaan, bidang logistik, pertahanan dan keamanan, dan beberapa bidang lainnya[3].

Penggunaan UAV tidak terlepas dari sumber daya yang digunakan berupa baterai. Namun ada kalanya, UAV digunakan dalam jangka waktu yang lama untuk tujuan tertentu. Hal ini berarti, jam terbang (*Flight Time*) UAV yang lama memengaruhi pasokan daya yang dibutuhkan. Semakin lama *Flight Time*, maka daya yang dibutuhkan akan semakin banyak. Dalam istilah penerbangan, *Flight Time* atau jam terbang menurut CASA (*Civil Aviation Safety Authority*) adalah kurun waktu pesawat mulai bergerak dengan kekuatan mesin sendiri sampai dengan berhenti dan seluruh mesin dimatikan dalam suatu misi penerbangan[1]. Dan dalam penggunaan pada UAV, *Flight Time* dihitung saat berada pada posisi awal menuju suatu tujuan dengan pembacaan beberapa sensor yang mengunggah data terbang berdasarkan penggunaan daya pada jumlah tertentu[2].

Dengan kebutuhan daya yang banyak, tentunya akan semakin baik apabila dibutuhkan sumber daya tambahan pada UAV. Maka dari itu, dipilihlah *Solar Cell*, sebagai sumber daya tambahan tersebut. Dimana pemilihan *Solar Cell* sebagai sumber daya tambahan dikarenakan faktor cuaca dan iklim dari wilayah negara Indonesia, khususnya wilayah Sumatera Selatan, yang mendukung kinerja *Solar Cell* dalam penambahan daya. Dengan kondisi cuaca yang panas disertai iklim tropis, *Solar Cell* mampu menjawab ketersediaan dalam penambahan daya tersebut. Selain itu, karakteristik pada *Solar Cell* yang tipis dengan dimensi luas tertentu, membuat adanya pertimbangan khusus akan pemilihan jenis UAV itu sendiri. Maka dari itu, dipilihlah UAV jenis *Fixed Wing*. Dimana *Solar Cell* bisa digunakan dengan jumlah yang banyak dan mampu direkatkan pada sayap. Dengan pemilihan pada *Solar Cell* sebagai sumber daya tambahan dan *Fixed Wing* sebagai jenis UAV yang baik untuk penambahan *Solar Cell* tersebut, maka diharapkan akan mampu menambah *flight time* saat UAV melakukan penerbangan.

Dalam tugas akhir ini, penulis ingin melakukan penelitian terkait dengan penentuan dimensi *Fixed Wing*, pembuatan *Fixed Wing* secara mandiri, dan mengaplikasikan *Solar Cell* pada *Fixed Wing* dalam uji terbang (*Flight Test*). Hal ini dimaksudkan agar tujuan tugas akhir ini dalam menambah *Flight Time* pada UAV dapat tercapai.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penulisan tugas akhir ini yaitu apakah UAV *Fixed Wing* yang akan didesain mampu melakukan penerbangan dengan baik. Hal ini menjadi pertimbangan dalam penyesuaian *Solar Cell* agar dapat dipasang dan digunakan sebagai pemberi daya tambahan pada *Fixed Wing*. Sehingga *Flight Time* pada *Fixed Wing* dapat bertambah dengan adanya pengisian daya tambahan melalui *Solar Cell*.



### 1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk membuat dan menerapkan perancangan *Fixed Wing* agar mampu melakukan penerbangan.
2. Untuk mengetahui penggunaan *Solar Cell* pada *Fixed Wing* sehingga mampu menambah *Flight Time* saat *Fixed Wing* melakukan penerbangan.
3. Untuk mengetahui jumlah *Flight Time* yang bertambah saat *Solar Cell* digunakan pada *Fixed Wing*.

### 1.4. Pembatasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini, pembahasan lebih terfokus dengan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Desain *Fixed Wing* yang dibuat agar dapat melakukan penerbangan saat ditambahkan sumber daya tambahan *Solar Cell*, akan melalui perhitungan khusus pada desain yang akan dikerjakan. Dengan perhitungan yang berasal dari beberapa referensi dalam bidang teknik dirgantara dan *aeromodelling*.
2. Dalam proses desain pada *Fixed Wing*, tidak akan dibahas lebih lanjut mengenai perhitungan aerodinamika dan gaya pada pesawat secara kompleks.
3. Nilai putaran pada motor penggerak pesawat juga menjadi acuan dalam penentuan kebutuhan daya dan jam terbang pada *Fixed Wing*.
4. Tegangan yang dihasilkan pada *Solar Cell* juga akan dibahas untuk analisa penambahan jam terbang (*Flight Time*) pada *Fixed Wing*. Sehingga *Fixed Wing* mampu digunakan dalam jangka waktu yang lama.

### 1.5. Keaslian Penelitian

Penelitian dalam bidang ini sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terkait dengan permasalahan desain UAV *Fixed Wing* maupun penggunaan *Solar Cell* sebagai sumber daya tambahan pada *Fixed Wing*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Scott Morton, Ruben D'Sa, dan Nikolaos Papanikolopoulos yang berjudul *Solar Powered UAV: Design and Experiments*. Dimana dalam penelitian yang telah dikerjakan membahas tentang desain pada sebuah purwarupa UAV berukuran kecil dengan pemasangan *Solar Cell* pada sayap yang memiliki ukuran rentang sayap sebesar 4 meter serta beban total UAV sebesar 3,1 kg. Dan daya yang dihasilkan maksimum sebesar 180 Watt. Adapun dari daya yang dihasilkan menjadi kelebihan pada penelitian ini. Namun kekurangannya adalah tidak ada pembahasan lebih lanjut mengenai *Flight Time*. Dikarenakan pada penelitian ini lebih terfokus kepada daya yang dihasilkan oleh UAV saat dipasang *Solar Cell* pada sayap. Serta adanya faktor lain yang memengaruhi seperti efisiensi aerodinamis, dan ketahanan pesawat saat terbang sehingga perhitungan *Flight Time* pada penelitian ini dibatasi[3].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Md. Shaiful Islam, Mohammad Mukit Hasan, Mir Md. Al Kamah Tamal, Md. Jamal Mian, dan Md. Touhidur Rahman Evan yang berjudul *Detail Solidworks Design and Simulation of an Unmanned Air Vehicle*. Pada penelitian ini diperlihatkan bagaimana sebuah UAV jenis *Fixed Wing* didesain menggunakan *software Solidworks*. Desain UAV ini kemudian disimulasikan dengan melakukan uji tekanan pada sayap. Pada penelitian ini, dibahas mengenai bagaimana sebuah desain pada UAV dikerjakan dan disimulasikan dengan teratur. Namun desain yang dikerjakan tidak membahas lebih lanjut bagaimana spesifikasi dari kebutuhan motor penggerak dan sumber daya yang akan digunakan. Dan penelitian ini dapat dijadikan referensi saat melakukan proses desain pada UAV melalui *software Solidworks*[8].

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Moisés García<sup>1</sup>, Cristian Grano, J. Fermi Guerrero, Roberto C. Ambrosio, Mario Moreno, W. Fermín Guerrero, Gerardo Mino, dan Victor R. González yang berjudul *Modeling and Simulation of a Photovoltaic Array for a Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle*.

Penelitian ini membahas mengenai simulasi penambahan daya yang dihasilkan dari susunan *fotovoltaik* atau panel surya pada *Fixed Wing*. Dan simulasi dibantu dengan *software MATLAB/SIMULINK* dengan mengambil dan melakukan pengujian pada *sample data*. Sehingga didapatkan data simulasi sebesar  $1000\text{Watt/m}^2$  pada daya maksimum dengan suhu  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Namun dari data tersebut belum bisa ditentukan seberapa besar ukuran sayap yang dibutuhkan pada UAV serta belum dapat menentukan *Flight Time* pada UAV karena harus dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penerapan *fotovoltaik* pada UAV[6].

Dan penelitian terakhir yang menjadi rujukan dalam keaslian penelitian pada skripsi ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Haiyang Chao, Yongcan Cao, dan YangQuan Chen yang berjudul *Autopilots for Small Fixed-Wing Unmanned Air Vehicles: A Survey*. Dalam penelitian ini membahas mengenai sistem *Autopilot* yang terdapat pada *Fixed Wing*. Fokus pada penelitian ini adalah melakukan perbandingan pada beberapa perangkat *Autopilot* dan membuat rancangan penelitian terkait dengan pengembangan pada sistem *Autopilot* dengan beberapa metode seperti penambahan kendali *Fuzzy* dan penambahan kendali PID. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah berupa data perbandingan pada *Autopilot* yang akan menjadi rujukan untuk pengembangan pada sistem *Autopilot* untuk kedepannya. Dan dalam hal ini, tidak dibahas lebih jauh mengenai *Flight Time* yang dibutuhkan saat sistem *Autopilot* dioperasikan[5].

Dari penelitian yang akan dilakukan, maka penulis mengangkat judul tugas akhir yaitu, *Desain dan Pengembangan UAV Fixed Wing Menggunakan Sumber Daya Hybrid Solar Cell dan Baterai*. Dan penelitian yang akan dilakukan berdasarkan kepada penelitian sebelumnya yang tidak membahas lebih jauh mengenai penambahan *Flight Time* pada UAV *Fixed Wing* saat ditambahkan *Solar Cell*. Sehingga hal ini yang nantinya akan menjadi fokus utama pada penelitian dalam tugas akhir ini.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan dalam tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, pembatasan masalah, keaslian penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi penjelasan tentang UAV *Fixed Wing*, komponen yang digunakan, dan sistem kerja pada UAV *Fixed Wing*.

### **BAB III PERANCANGAN**

Bab ini berisi perancangan yang dibutuhkan pada *Fixed Wing* yang meliputi:

- Diagram Alir Perancangan *Fixed Wing*
- Perancangan Mekanik
- Perancangan Sistem Elektronik

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini berisi penjelasan terkait dengan analisa data hasil pengukuran dan pembahasan lanjut terhadap analisa yang sudah dilaksanakan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran terhadap keseluruhan isi dan pembahasan pada tugas akhir ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] CASA, *Duty Time, Flight Time and Flight Duty Period*, 2018. [Online]. Available: <https://www.casa.gov.au/standard-page/duty-time-flight-time-and-flight-duty-period> [Diakses: 22 Mei 2019].
- [2] J. Gong, T. Chang, C. Shen, and X. Chen, "Flight Time Minimization of UAV for Data Collection Over Wireless Sensor Networks", in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp. 1942-1954, 2018.
- [3] S. Morton, R. D'Sa, and N. Papanikolopoulos, "Solar Powered UAV: Design and Experiments", in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on*, pp. 2460-2466, 2015.
- [4] J. Rennie and A. Chapman, *Types of Drones: Multi-Rotor vs Fixed-Wing vs Single Rotor vs Hybrid VTOL*, 2016. [Online]. Available: <https://www.auav.com.au/articles/drone-types/> [Diakses: 26 Januari 2018].
- [5] C. Haiyang, C. Yongcan, and C. YangQuan, "Autopilots for Small Fixed-Wing Unmanned Air Vehicles: A Survey", in *Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), Harbin, China, 2007*.
- [6] M. García, C. Grano, J. F. Guerrero, R. C. Ambrosio, M. Moreno, W. F. Guerrero, et al., "Modeling and Simulation of a Photovoltaic Array for a Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle", in *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2016 IEEE 43rd*, pp. 2682-2687, 2016.
- [7] PUSTEKHANKAM-ITB, *Sejarah UAV (2)*, 2017. [Online]. Available: <https://pustekhan.itb.ac.id/sejarah-uav-2/> [Diakses: 26 Januari 2018].

- [8] S. Islam, M. Hasan, A. K. Tamal, J. Mian, and T. R. Evan, "Detail Solidworks Design and Simulation of an Unmanned Air Vehicle", *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, vol. 8, pp. 95-100, 2013.
- [9] C. Wiratama, *Aero Engineering*, 2016. [Online]. Available: <https://aeroengineering.co.id/> [Diakses: 26 Januari 2018].
- [10] J. Dansie, "Model Aircraft Design", Adelaide, University of Adelaide, 2014.
- [11] K. Wright, "Investigating the Use of Wing Sweep for Pitch Control of a Small Unmanned Air Vehicle", San Diego, University of California, San Diego, 2011.
- [12] NASA, *Induced Drag Coefficient*, 2015. [Online]. Available: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/induced.html> [Diakses: 26 Januari, 2018].
- [13] Flight-Mechanic, *Thrust and Drag*, 2017. [Online]. Available: <http://www.flight-mechanic.com/thrust-and-drag/> [Diakses: 26 Januari 2018].
- [14] J. S. Duncan, "Aircraft Weight and Balance Handbook". United States, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2016.
- [15] I. E. Prabowo., *Pengertian Brushless DC Motor*, 2016. [Online]. Available: <https://onexperience.wordpress.com/2016/09/04/first-blog-post/> [Diakses: 26 Januari 2018].
- [16] Zona-Elektro, *Motor Servo*, 2013. [Online]. Available: <http://zoniaelektro.net/motor-servo/> [Diakses: 26 Januari 2018].
- [17] Jesse, Candy, Andy, and Chueng, "3DR Power Module User Manual". China, GEEETECH, 2015.

- [18] L. Teschler and A. Kalnoskas. *PWM: Pulse Width Modulation: What is it and how does it work?*, 2017. [Online]. Available: <https://www.analogictips.com/pulse-width-modulation-pwm/> [Diakses: 16 Mei 2019].
- [19] R. Keim, M. Hughes, and K. Smith, *Pulse Width Modulation*, 2019. [Online]. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/semiconductors/chpt-11/pulse-width-modulation/> [Diakses: 16 Mei 2019].
- [20] N. Seidle, *Pulse Width Modulation*, 2013. [Online]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation/all> [Diakses: 16 Mei 2019].
- [21] M. T. Hidayat, "Perancangan Prototype Octocopter Sebagai Robot Pemadam Api," Skripsi Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2017.
- [22] M. Drela and H. Youngren, *NACA 4 digit airfoil generator (NACA 2412 AIRFOIL)*, 2019. [Online]. Available: <http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit> [Diakses: 16 Mei 2019].
- [23] D. S. Maulana, "Perancangan Awal UAV Flying Wing S774-M Untuk Misi Pemantauan Aktivitas Gunung Merapi," Skripsi Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta, 2018.
- [24] Y. S. Widiarno, *Statistika Data Tunggal*, 2015. [Online]. Available: <http://aksiomaid.com/Matematika/Ringkasan-Materi/0123010700000000/Statistika-Data-Tunggal/Semua-Sub-Bab> [Diakses: 17 Mei 2019].