

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA
BERBASIS TELEMETRI PADA IMPLEMENTASI SEL SURYA
SEBAGAI CATU DAYA HIBRIDA DAN PENGISI BATERAI
UNTUK QUADCOPTER**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

MUHAMMAD IQBAL ZHALIFUNNAS

NIM 220441040



**PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Berbasis Telemetri pada
Implementasi Sel Surya sebagai Catu Daya Hibrida dan Pengisi Baterai
untuk Quadcopter**

Oleh:

Muhammad Iqbal Zhalifunnas

NIM 220441040

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, Tanggal Januari, 2025

Disetujui,

Pembimbing I,

Abdur Rohman Harits M. S.Si., M.T.

NIP 198803132019031009

Pembimbing II,

Anggraeni Mulyadewi, S.Si., M.T.

NIP 199612172024062002

Disahkan,

Penguji I,

Nuryanti, S.T., M.Sc.

NIP 197604262009122002

Penguji II,

Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T.,

M.Sc. Eng.

NIP 199704192022032012

Penguji III,

Sarosa Castrena A, S.Pd.,

M.T.

NIP 198702252020121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Zhalifunnas
NIM : 220441040
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Berbasis Telemetry pada Implementasi Sel Surya sebagai Catu Daya Hibrida dan Pengisi Baterai untuk Quadcopter

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 08 – 01 – 2025
Yang Menyatakan,



(Muhammad Iqbal Zhalifunnas)
NIM 220441040

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Zhalifunnas
NIM : 220441040
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Berbasis Telemetry pada Implementasi Sel Surya sebagai Catu Daya Hibrida dan Pengisi Baterai untuk Quadcopter

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 08 – 01 – 2025
Yang Menyatakan,



(Muhammad Iqbal Zhalifunnas)
NIM 220441040

MOTO PRIBADI

Jangan lupakan bagianmu dari dunia, lakukanlah sebab dan jemputlah takdir-takdir Allah yang baik walaupun pada awalnya tampaknya tidak baik. Allah senantiasa sesuai dengan prasangka baik hamba-Nya, maka bersyukurlah saat kita lapang dan bersabarlah ketika sedikit ujian menjadikan kita merasa sempit.

Tugas akhir ini saya dedikasikan untuk kedua orang tua saya tercinta, teman-teman saya, dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakumullahu Khairan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Berbasis Telemetri pada Implementasi Sel Surya sebagai Catu Daya Hibrida dan Pengisi Baterai untuk Quadcopter”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
4. Wali Kelas AEB-2 2020, Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., M.Sc. Eng.
5. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Abdur Rohman Harits Martawireja, S.Si., M.T. dan Ibu Anggraeni Mulyadewi, S.Si., M.T.

6. Para Penguji sidang tugas akhir Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc., Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc. Eng., dan Bapak Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T.
7. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd., Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., serta dosen panitia tugas akhir lainnya.
8. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Yayah Rukiyah (Ibu), Noneng Ratnasih (Nenek), dan Nyangin (Almarhum Bapak) yang semasa hidupnya selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril dan materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan hingga tersusunnya tugas akhir ini.
9. Buat teman-teman saya di kelas AEB-2 2020 dan juga AE 2020 serta lingkungan organisasi IKRAR di Cibeureum. Terkhusus teman-teman seperjuangan perpanjangan Tugas Akhir 2024-2025.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Yaa Robbal ‘Alamin.

Bandung, 8 Januari 2025

Penulis

ABSTRAK

Quadcopter telah mengalami berbagai perkembangan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap teknologi drone, durasi *flight time* menjadi salah satu indikator kualitas penerbangan. Keterbatasan kapasitas baterai menjadi tantangan utama, karena quadcopter tidak dapat menggunakan catu daya langsung melalui kabel. Penerbangan quadcopter di siang hari membuka potensi pemanfaatan sel surya sebagai catu daya tambahan dan pengisi baterai. Penambahan sel surya membuat monitoring parameter-parameter daya quadcopter menjadi penting dilakukan untuk memberikan informasi dan estimasi yang dibutuhkan bagi pengguna. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan sel surya sebagai catu daya tambahan serta pengisi baterai dan melakukan monitoring parameter daya quadcopter. Metode pengembangan dan eksperimen digunakan untuk merancang dan menguji integrasi sel surya pada rangka quadcopter F450 serta sistem monitoring berbasis telemetri menggunakan Processing IDE dan IoT Ubidots. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengisian baterai dengan sistem dimatikan meningkatkan tegangan sebesar 0,64 V dalam 3 jam 11 menit, sedangkan pengisian dengan sistem aktif tidak efektif dan justru mengurangi tegangan. Penambahan *arming time* mencapai 3 menit 53 detik pada konsumsi arus 5036 mA. Sistem monitoring berfungsi dengan baik, dengan jangkauan komunikasi maksimum 65 meter pengujian di darat dan 5 meter ketika terbang serta pengiriman data ke platform IoT setiap 10 detik. Namun, metode estimasi *flight time* berbasis regresi linear yang digunakan kurang relevan karena pengisian daya oleh sel surya memengaruhi pola penurunan tegangan baterai.

Kata kunci: *Solar UAV, Hybrid Power Supply, Ground Station, MAVLink, Processing IDE*

ABSTRACT

Quadcopters have undergone various developments to meet the growing demand for drone technology, with flight time duration being a key indicator of flight performance. Limited battery capacity poses a significant challenge, as quadcopters cannot rely on a direct power supply through cables. Daytime flights offer the potential to utilize solar cells as an additional power source and battery charger. The integration of solar cells emphasizes the importance of monitoring power parameters to provide users with necessary information and estimates. This research evaluates the implementation of solar cells as an auxiliary power supply and battery charger while monitoring quadcopter power parameters. Development and experimental methods were employed to design and test the integration of solar cells on the F450 quadcopter frame, along with a telemetry-based monitoring system using Processing IDE and IoT Ubidots. Test results show that charging the battery with the system turned off increased the voltage by 0.64 V in 3 hours and 11 minutes, whereas charging with the system active was ineffective and instead decreased the voltage. Additional arming time reached 3 minutes and 53 seconds at a current consumption of 5036 mA. The monitoring system performed well, with a maximum communication range of 65 meters when testing on the ground and 5 meters when flying and also sending data to the IoT platform every 10 seconds. However, the linear regression-based flight time estimation method was found to be less relevant, as charging with solar cells affects the battery voltage drop pattern.

Keywords: Solar UAV, Hybrid Power Supply, Ground Station, MAVLink, Processing IDE

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-3
I.3 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.4 Batasan Masalah.....	I-4
I.5 Hipotesis.....	I-5
I.6 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)	II-1
II.1.2 Prinsip Kerja Quadcopter.....	II-2
II.1.3 Beban dan Gaya Angkat Quadcopter	II-5

II.1.4	Sel Surya	II-5
II.1.5	Protokol MAVLink.....	II-6
II.1.6	Mission Planner.....	II-8
II.1.7	Protokol TCP.....	II-9
II.1.8	Processing IDE.....	II-9
II.1.9	Platform Ubidots	II-10
II.2	Tinjauan Alat.....	II-11
II.2.1	<i>Flight Controller</i> Ardupilot Pixhawk 2.4.8	II-11
II.2.2	<i>Remote Control</i> Flysky FS-I6	II-11
II.2.3	Modul GPS Ublox Neo-7M	II-12
II.2.4	Modul 3DR Radio Telemetry	II-13
II.2.5	<i>Electronic Speed Controller</i> (ESC) BLDC 30A	II-13
II.2.6	Motor <i>Brushless</i> DC	II-14
II.2.7	Propeller.....	II-14
II.2.8	Baterai Lithium Polymer.....	II-15
II.2.10	Modul <i>Battery Management System</i> (BMS).....	II-16
II.2.11	Arduino Nano	II-17
II.2.12	Sensor BH1750	II-18
II.2.13	Sensor INA219	II-19
II.2.14	Micro SD Card Module.....	II-19
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-20
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....		III-1
III.1	Tujuan dan Metode	III-1
III.2	Metode Pengembangan	III-2
III.3	Metode Eksperimen	III-4
III.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-5

III.5	Perancangan Sistem	III-6
III.5.1	Rancangan Keseluruhan Sistem	III-6
III.5.2	Rancangan Perangkat Keras.....	III-8
III.5.3	Rancangan Perangkat Lunak.....	III-10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
IV.1	Implementasi <i>Hardware</i>	IV-1
IV.2	Pengukuran Bobot Quadcopter dan Desain Rangka Pemasangan Sel Surya pada <i>Frame</i> F450	IV-2
IV.3	Implementasi <i>Software</i>	IV-3
IV.4	Pengujian Sensor dan Modul BMS	IV-4
IV.4.1	Pengujian Sensor BH1750	IV-4
IV.4.2	Pengujian Sensor Arus INA219	IV-5
IV.4.3	Pengujian Sensor Tegangan 3DR Power Module Pixhawk.....	IV-6
IV.4.4	Pengujian Sensor Arus 3DR Power Module Pixhawk	IV-7
IV.4.5	Pengujian Modul BMS (<i>Battery Manajemen System</i>).....	IV-7
IV.5	Pengujian Pengisian Baterai Lipo Menggunakan Sel Surya	IV-9
IV.7	Pengujian Mode <i>Arming</i> dan Mode Terbang Quadcopter.....	IV-12
IV.7.2	Pengujian <i>Arming</i> Menggunakan Catu Daya Baterai dan Sel Surya (Hibrida)	IV-13
IV.7.4	Pengujian Terbang Hanya Menggunakan Catu Daya Baterai....	IV-17
IV.7.5	Pengujian <i>Throttle</i> Penuh untuk Estimasi Quadcopter Terbang dengan Membawa Rangka Sel Surya.....	IV-18
IV.7.6	Pengujian Terbang Parsial untuk Estimasi Quadcopter Terbang dengan Membawa Rangka Sel Surya.....	IV-19
IV.7.7	Perkiraan Peningkatan Waktu Terbang Menggunakan Catu Daya Baterai dan Sel Surya (Hibrida).....	IV-20
IV.8	Pengujian Sistem Monitoring	IV-20

IV.8.1	Sistem Monitoring Berbasis Telemetry	IV-20
IV.8.2	Sistem Monitoring Berbasis IoT	IV-23
IV.9	Pengujian Akurasi Estimasi <i>Flight Time</i>	IV-27
BAB V PENUTUP		V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xix
LAMPIRAN		xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu	II-20
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Sensor INA219	IV-5
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Sensor Tegangan 3DR Power Module.....	IV-6
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Sensor Arus 3DR Power Module	IV-7
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian BMS 3S	IV-8
Tabel IV. 5 Pengujian Fungsional	IV-21
Tabel IV. 6 Pengujian Fungsional	IV-23
Tabel IV. 7 Pengujian Akurasi Estimasi Waktu Terbang Ketika <i>Arming</i>	IV-28

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Quadcopter [14]	II-1
Gambar II. 2 Hukum Ketiga Newton pada Quadcopter [15]	II-2
Gambar II. 3 Arah Gerak Quadcopter [15]	II-3
Gambar II. 4 Arah Putar Baling-Baling Quadcopter [15].....	II-3
Gambar II. 5 Dua Bentuk Baling-Baling untuk Rekayasa Gerak Quadcopter [15]	II-4
Gambar II. 6 Performa Modul Surya Paralel dan Serial [20].....	II-6
Gambar II. 7 Format Paket Data MAVLink 2 [21]	II-7
Gambar II. 8 Menu Utama Mission Planner	II-8
Gambar II. 9 Tampilan Menu Processing IDE [23]	II-10
Gambar II. 10 Pixhawk 2.4.8 dengan Sensor Onboard [22]	II-11
Gambar II. 11 Alat Pengirim dan Penerima RC Flysky FS-I6.....	II-12
Gambar II. 12 Modul GPS Neo 7M.....	II-12
Gambar II. 13 Modul 3DR Radio Telemetry [27].....	II-13
Gambar II. 14 Electronic Speed Controller 30A [28].....	II-14
Gambar II. 15 Propeller 1045	II-15
Gambar II. 16 Baterai LiPo 3S 4200 mAh.....	II-15
Gambar II. 17 3DR Power Module [31]	II-16
Gambar II. 18 Battery Management System (BMS) 100A.....	II-17
Gambar II. 19 Arduino Nano	II-18
Gambar II. 20 Modul Sensor BH1750 [35]	II-18
Gambar II. 21 Modul Sensor INA219 [36].....	II-19
Gambar II. 22 Micro SD Card Module [38].....	II-20
 Gambar III. 1 Alur Metodologi Penyelesaian Masalah	 III-2
Gambar III. 2 Arsitektur Keseluruhan Sistem.....	III-6
Gambar III. 3 Alur Kerja Keseluruhan Sistem.....	III-7
Gambar III. 4 Rangkaian Elektrikal Quadcopter Dan Sel Surya	III-8
Gambar III. 5 Massa Komponen Sistem.....	III-9
Gambar III. 6 Desain 3D Assembly Quadcopter Sel Surya F450.....	III-10

Gambar III. 7 Flowchart Keseluruhan Sistem.....	III-11
Gambar III. 8 Flowchart Sistem Data Logging	III-13
Gambar IV. 1 Perakitan Hardware Sel Surya pada Quadcopter	IV-1
Gambar IV. 2 Pengukuran Bobot Quadcopter Dengan Sel Surya.....	IV-2
Gambar IV. 3 Tampilan Sistem Monitoring Telemetry pada Processing IDE ...	IV-3
Gambar IV. 4 Tampilan Sistem Monitoring pada Platform Ubidots	IV-4
Gambar IV. 5 Hasil Pengujian Sensor BH1750	IV-4
Gambar IV. 6 Rangkaian Pengujian BMS	IV-8
Gambar IV. 7 Grafik Tegangan Baterai Berdasarkan Waktu Pengisian	IV-9
Gambar IV. 8 Grafik Arus Sel Surya Berdasarkan Waktu Pengisian	IV-10
Gambar IV. 9 Grafik Pengisian Baterai Dengan Kondisi Sistem Diaktifkan ..	IV-11
Gambar IV. 10 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 8% Tanpa Sel Surya	IV-12
Gambar IV. 11 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 16% Tanpa Sel Surya	IV-12
Gambar IV. 12 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 24% Tanpa Sel Surya	IV-13
Gambar IV. 13 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 8% Dengan Sel Surya	IV-13
Gambar IV. 14 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 16% Dengan Sel Surya	IV-14
Gambar IV. 15 Grafik Tegangan Baterai Throttle Arming 24% Dengan Sel Surya	IV-15
Gambar IV. 16 Grafik Tegangan Baterai Arimng Dengan Sel Surya Pada Rata-rata Intensitas Cahaya 40787 lux	IV-16
Gambar IV. 17 Grafik Tegangan Baterai Arimng Dengan Sel Surya Pada Rata-rata Intensitas Cahaya 55728 lux	IV-16
Gambar IV. 18 Grafik Tegangan Baterai Uji Terbang Tanpa Sel Surya Ke-1	IV-17
Gambar IV. 19 Grafik Tegangan Baterai Uji Terbang Tanpa Sel Surya Ke-2	IV-17
Gambar IV. 20 Grafik Penurunan Tegangan Arming dengan Throttle 100% .	IV-18

Gambar IV. 21 Grafik Regresi Linear dari Pengujian Terbang Tanpa Sel Surya.....	IV-19
Gambar IV. 22 Hubungan Kemiringan Grafik dan Waktu Arming	IV-20
Gambar IV. 23 Pengujian Jangkauan dan Kekuatan Sinyal Transmisi Telemetry	IV-22
Gambar IV. 24 Perekaman Pengiriman Data Ke Ubidots Menggunakan Wireshark	IV-25
Gambar IV. 25 Perekaman Packet Loss	IV-26
Gambar IV. 26 Grafik Waktu Terhadap Tegangan Baterai Ketika Arming dengan Sel Surya	IV-28

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Komponen-komponen Penelitian
- Lampiran 2** Skematik dan PCB Sistem Menggunakan Arduino Nano
- Lampiran 3** Desain Rangka Sel Surya pada F450
- Lampiran 4** *Source Code* Arduino untuk Monitoring
- Lampiran 5** Dokumentasi

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

E = Daya dalam waktu tertentu (Wh / Watt hour)

V = Tegangan (V / volt)

I = Kuat arus listrik (A / ampere)

t = Waktu pengisian (jam)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan drone memberikan pengaruh besar karena lebih cepat dan efisien digunakan dalam keamanan, pemetaan, penelitian, pertanian, fotografi, pengiriman barang, dan beragam keperluan lainnya [1]. Hasil pendataan tahun 2022, metode penggunaan drone terbanyak adalah 34% untuk pemetaan dan survei, 25% untuk inspeksi, dan 10% untuk fotografi serta pembuatan film. Adapun bidang penggunaannya cukup bervariasi dengan didominasi bidang energi, konstruksi, dan pertanian [2]. Pemanfaatan drone yang luas harus mempertimbangkan penerapan energi bersih yang berkelanjutan dalam pengembangan teknologi drone itu sendiri.

Quadcopter merupakan drone multirotor yang memiliki banyak kelebihan, yaitu strukturnya sederhana, tidak perlu tempat luas untuk lepas landas, dapat terbang vertikal, mudah bermanuver, pemeliharaan cukup mudah, dan kelebihan lainnya. Namun, dibandingkan dengan jenis drone lainnya, durasi terbang quadcopter tergolong pendek [3]. Jika drone *fixed-wing* mampu terbang hingga beberapa jam, quadcopter dan jenis drone multirotor lainnya hanya memiliki durasi terbang rata-rata 10 hingga 28 menit tergantung kelas drone tersebut [4]. Keterbatasan kapasitas suplai daya pada empat rotor penggerak menjadi faktor pendeknya durasi terbang. Hal ini mempengaruhi jarak tempuh, kapasitas bawaan, dan kecepatan terbang quadcopter [3]. Penggantian baterai quadcopter belum menjadi solusi yang efisien. Penerbangan quadcopter yang dilakukan siang hari memberikan ruang penyerapan energi matahari menggunakan sel surya. Meskipun jumlah daya yang dihasilkan tidak besar, namun tetap menarik karena konversi dayanya sederhana [5].

Diantara rangka quadcopter komersial yang aman dan aplikatif pada beban yang berbeda adalah model F450 [6]. Penggunaan sel surya sebagai satu-satunya catu daya quadcopter membutuhkan jumlah yang cukup banyak sehingga belum memungkinkan untuk diterapkan pada *frame* F450 [7]. Catu daya tambahan sel surya pada quadcopter merupakan konsep hibrida yang cukup banyak diteliti dan terbukti meningkatkan *flight time* yang bervariasi melalui perlambatan penurunan

tegangan baterai [3,8-10]. Konsep lainnya adalah dengan adanya stasiun pengisian daya quadcopter dengan konsep WPT (*Wireless Power Transfer*) berbasis sel surya [11]. Hal ini dapat digunakan untuk eksekusi penerbangan jarak jauh dengan *waypoint charging*, namun biaya investasi tergolong tinggi dan membutuhkan perawatan. Selain sebagai catu daya tambahan, sel surya juga dapat menjadi pengisi baterai ketika di darat. Penelitian terkait hal tersebut belum ditemukan.

Pemantauan daya quadcopter terlebih dengan adanya penambahan catu daya sel surya diperlukan bagi pengguna. Pemantauan estimasi *flight time* juga penting dalam pengoperasian drone agar operator dapat mencegah terjatuhnya drone secara tiba-tiba karena kehabisan daya [12-13]. Penambahan sel surya sebagai pemberi catu daya selain baterai akan mempengaruhi estimasi *flight time*. Perlu dilakukan pengujian akurasi terkait penggunaan metode perhitungan estimasi *flight time* yang telah dilakukan pada penerapan quadcopter dengan catu daya tambahan sel surya.

Desain, simulasi, dan pemodelan mengenai quadcopter bertenaga surya telah dilakukan di banyak penelitian, diantaranya menunjukkan hasil peningkatan *flight time* sebesar 96,43 menit [8]. Implementasi penambahan sel surya dilakukan pada quadcopter komersial dengan peningkatan *flight time* 75,2 % pada kondisi cerah dan 25,2% pada kondisi berawan [10]. Pada penelitian tersebut, intensitas cahaya belum diukur untuk memberikan hasil pengujian yang lebih aktual. Penambahan sel surya pada quadcopter buatan bertenaga baterai 11,1 volt dan 2 buah parallel sel surya 4,5 Wp hanya mampu meningkatkan *flight time* selama 56 detik [5].

Salah satu penelitian mengenai estimasi waktu terbang quadcopter berhasil memberikan estimasi dengan penyimpangan 1,14% pada sistem monitoring berbasis web dan komunikasi WiFi [12]. Studi lebih terkini berhasil memberikan estimasi waktu terbang dengan error 1,5% menggunakan metode regresi linear terhadap penurunan tegangan baterai dan ditampilkan pada platform IoT Antares dengan komunikasi LoRa [13]. Penggunaan radio telemetri sebagai komunikasi data nirkabel dapat menjadi alternatif pembuatan monitoring daya quadcopter karena memanfaatkan transmisi data bawaan drone. Hasil penelusuran studi terkait pemantauan *real-time* dari sisa *flight time* quadcopter setelah adanya catu daya tambahan sel surya belum ditemukan. Selain itu, pengiriman data yang telah diolah

dapat diteruskan dari perangkat pemantauan untuk pengiriman ke platform IoT guna pemantauan lebih lanjut oleh pihak terkait lain yang tidak berada di lapangan.

Berdasarkan fakta-fakta tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun pemasangan sel surya sebagai implementasi catu daya tambahan sekaligus pengisi baterai pada quadcopter dengan rangka F450 serta sistem monitoring daya dan estimasi *flight time* menggunakan komunikasi data telemetri serta akuisisi data menggunakan *platform* IoT. Pengujian dilakukan pada seberapa besar perubahan *arming time* pada rata-rata arus tertentu yang dikonsumsi quadcopter, skema pengisian daya menggunakan sel surya, fungsional sistem monitoring, dan pengukuran akurasi estimasi *arming time* terhadap pengukuran waktu aktual.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dibuat rumusan masalah yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pengisian baterai quadcopter dengan dan tidak diaktifkannya sistem untuk pemantauan?
2. Bagaimana peningkatan *arming time* quadcopter yang diperoleh setelah penambahan sel surya sebagai catu daya tambahan pada rata-rata konsumsi arus dan rata-rata intensitas cahaya tertentu dari sebelumnya hanya menggunakan catu daya baterai saja?
3. Bagaimana hasil pembuatan sistem monitoring daya quadcopter dengan komunikasi data telemetri serta GUI (*Graphical User Interface*) berbasis Processing IDE dan *platform* IoT Ubidots?
4. Bagaimana akurasi estimasi *flight time* quadcopter dengan catu daya tambahan sel surya menggunakan metode regresi linear dari sisa tegangan baterai dengan perolehan *flight time* yang diukur secara aktual menggunakan *data logging*?

I.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Melakukan perancangan dan perakitan rangka pemasangan sel surya pada rangka quadcopter F450 serta pengkabelan arsitektur daya quadcopter dengan adanya sel surya sebagai catu daya tambahan dan pengisi baterai beserta sensor

pendukungnya untuk dilakukannya pengisian baterai quadcopter dengan dan tidak diaktifkannya sistem untuk pemantauan.

2. Melakukan pengujian mengenai pengaruh adanya catu daya tambahan sel surya terhadap *arming time* quadcopter pada tiga variasi rata-rata konsumsi daya quadcopter dan dua variasi intensitas cahaya.
3. Pembuatan dan pengujian fungsional sistem pengiriman data berbasis telemetri dari quadcopter untuk ditampilkan dalam bentuk GUI desktop Processing IDE serta akuisisi data melalui platform IoT Ubidots.
4. Melakukan pengujian akurasi estimasi sisa *flight time* quadcopter secara *real-time* dengan pengukuran *flight time* aktualnya.

Penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat berkontribusi dalam perkembangan teknologi dengan penggunaan energi yang lebih *sustainable* dan dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya juga masyarakat pada umumnya, yaitu sebagai berikut.

1. Berkontribusi dalam pengembangan teknologi quadcopter pada pengembangan sistem monitoring daya berbasis telemetri.
2. Evaluasi *flight time* dengan adanya sel surya sebagai catu daya tambahan sekaligus *charger* baterai untuk dapat meningkatkan kemampuan quadcopter dalam pemenuhan kebutuhan pemantauan dan pengawasan dengan misi terbang yang lebih lama serta pengurangan penggunaan dan penggantian baterai cadangan.
3. Memberikan rancangan dan hasil pengujian quadcopter sel surya dengan adanya informasi estimasi *flight time* yang diperlukan pengguna untuk dapat menentukan sisa waktu misi penerbangan yang dapat ditempuh.
4. Penelitian ini juga dapat menunjukkan contoh konkret potensi penggunaan sel surya sebagai salah satu energi terbarukan dalam konteks drone.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah berdasarkan objek dan metode yang akan diteliti sebagai berikut.

1. Pengujian terbang setelah dipasangnya sel surya tidak dilakukan. Pengujian *flight time* dan akurasi estimasi *flight time* dilakukan dengan pendekatan *arming time* (waktu pemutaran baling-baling di darat).

2. Perancangan rangka pemasangan sel surya dibuat menyesuaikan dengan rangka quadcopter F450, yaitu menggunakan jenis monocrystalline dengan tegangan 12 volt dan arus 200 mA yang dirangkai paralel sebanyak 5 buah.
3. Baterai yang digunakan berjenis lithium polymer dengan kapasitas 4200 mAh dan jumlah sel 3S 25C.
4. Pengujian terbang sebelum penambahan sel surya dilakukan dengan menggunakan kendali *remote control* dan keadaan terbang *hover* mempertahankan posisi yang terdeteksi GPS (tidak bermanuver).
5. Pengujian skema pengisian baterai dilakukan mulanya selama 3 jam untuk mengetahui keandalan fungsi pengisian dan peningkatan tegangan baterai, kemudian hanya dilakukan selama 1 jam untuk mengetahui peningkatan tegangan baterai dan *arming time* yang dapat dilanjutkan hingga batas penurunan tegangan baterai yang sama.
6. Informasi intensitas cahaya belum menjadi parameter pengukuran tambahan pada seluruh pengujian, melainkan sebagai informasi tambahan pada sistem monitoring dan pada pengujian pengaruh intensitas cahaya saja.
7. Estimasi sisa waktu terbang (*flight time*) hanya diperkirakan berdasarkan penurunan sisa tegangan baterai dan mengabaikan nilai arus sel surya dan intensitas cahaya yang terukur.

I.5 Hipotesis

Ide penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan hasil dengan hipotesis atau dugaan awal sebagai berikut.

1. Penambahan sel surya dan komponen pendukung lainnya pada rangka quadcopter F450 akan menambah beban terbang yang cukup besar sehingga quadcopter perlu diuji coba untuk terbang dengan meminimalisir bobot dan membuat perancangan desain pemasangannya sebaik mungkin.
2. Peningkatan *flight time* quadcopter dengan adanya catu daya tambahan sel surya dapat terwujud. Ini dihasilkan jika perbandingan dilakukan pada penggunaan baterai saja dibandingkan dengan diterapkannya catu daya tambahan sel surya setelah pemasangan sel surya pada rangka di kedua pengujian. Namun, peningkatan yang akan terjadi diperkirakan tidak akan signifikan karena hanya menggunakan 5 buah sel surya dengan total daya 12 Wp.

3. Transfer data *real-time* dengan telemetri diperkirakan dapat berhasil dilakukan. Integrasi dengan GUI Processing IDE juga dapat dilakukan karena menggunakan komunikasi serial dari hasil penerimaan modul telemetri.
4. Estimasi *flight time* yang akan dihasilkan dapat memberikan informasi cukup akurat dengan *error* di bawah 5% dari waktu aktualnya.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil implementasi alat dan hasil pengujian variabel penelitian.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.