

**Perancangan, Pengembangan dan Optimasi Waktu Terbang
Quadcopter Drone untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis
di Daerah Urban**

Tugas Akhir

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

Oleh

Ginan Maulana Muqaddam

NIM. 221421009



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR

POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

2025

**Perancangan, Pengembangan dan Optimasi Waktu Terbang
Quadcopter Drone untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis
di Daerah Urban**

Tugas Akhir

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

Oleh

Ginan Maulana Muqaddam

NIM. 221421009



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR

POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan, Pengembangan, dan Optimasi Waktu Terbang
Quadcopter Drone untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis
di Daerah Urban**

Oleh

Ginan Maulana Muqaddam

NIM. 221421009

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

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 30 Mei 2025

Disetujui

Pembimbing I,



Muhamad Aditya Royandi, Ph.D.

NIP. 199411122024061001

Disahkan,

Penguji I,



**Dinny Indrian, S.Tr.T,
M.T., IPP.**

NIP.

199201062018032001

Penguji II,



**Riky Adhianto. ST.,
MT.**

NIP.

198506162014041002

Penguji III,



**Dr.Eng. Pipit Anggraeni,
S.T., M.T., M.Sc.Eng.**

NIP.

197908242005012001

PERNYATAAN ORINSINALITAS

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

Nama : Ginan Maulana Muqaddam

NIM : 221421009

Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur

Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur

Jenjang Studi : Diploma 4

Jenis Karya : Tugas Akhir

Judul Karya : Perancangan, Pengembangan, dan Optimasi Waktu Terbang *Quadcopter Drone* untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis di Daerah Urban

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 sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 30-05-2025

Yang Menyatakan,



(Ginan Maulana Muqaddam)

NIM 221421009

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Ginan Maulana Muqaddam
NIM : 221421009
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan, Pengembangan, dan Optimasi Waktu Terbang *Quadcopter Drone* untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis di Daerah Urban

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 Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 30-05-2025

Yang Menyatakan,



(Ginan Maulana Muqaddam)

NIM 221421009

MOTTO

“Seorang mukmin yang kuat lebih baik dan lebih Allah cintai daripada seorang mukmin yang lemah, dan masing-masing berada dalam kebaikan. Bersungguh-sungguhlah pada perkara-perkara yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan kepada Allah dan janganlah kamu bersikap lemah. Jika kamu tertimpa sesuatu, janganlah kamu katakan: ‘Seandainya aku berbuat demikian, pastilah akan demikian dan demikian’ Akan tetapi katakanlah: ‘Qoddarallah wa maa syaa fa’ala (Allah telah mentakdirkan hal ini dan apa yang dikehendakiNya pasti terjadi)’. Sesungguhnya perkataan ‘Seandainya’ membuka pintu perbuatan setan.”

(HR. Ahmad 9026, Muslim 6945)

“Hoping drains your energy. Action creates energy.”

(Robert Kiyosaki)

“I am not a product of my circumstances, I am a product of my decisions”

(Stephen Covey)

“مَنْ جَدَّ وَجَدَّ، وَمَنْ صَبَرَ ظَوَّرَ، وَمَنْ سَارَ عَلَى الدَّرَبِ وَصَلَّ”

(Pepatah Arab)

“SIKATTLAH, TRABASS!!”

(Ginan)

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 sembahyan 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: “Perancangan, Pengembangan, dan Optimasi Waktu Terbang *Quadcopter Drone* untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis di Daerah Urban”.

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

Terselesainya 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 tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.ST., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Ibu Dinny Indrian, S.Tr.T, M.T., IPP.
4. Pembimbing tugas akhir Bapak Muhamad Aditya Royandi, Ph.D.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Ibu Dinny Indrian, S.Tr.T, M.T., IPP., Bapak Ricky Adhianto. ST., MT., dan Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., MSc. Eng.
 6. Panitia tugas akhir Bapak Reka Ardi Prayoga, M.T. serta jajarannya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
 7. Teristimewa kepada Orang Tua, Ade, Eneng, dan Raka yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dukungan, serta pengorbanannya baik secara moril kepada penulis. Terima kasih atas semangat, perhatian, kebersamaan, dan doa yang senantiasa menyertai selama proses penyusunan tugas akhir ini.
 8. Sahabat – sahabat PMR SMA Telkom A8 serta kawan-kawan kelas DEC-1 terima kasih atas persahabatan, bantuan, dan kenangan yang telah mewarnai perjalanan ini. Kehadiran kalian menjadi penyemangat tersendiri bagi penulis.
- 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 bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, April 2025

Ginan Maulana Muqaddam

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas yang terjadi di Kota Bandung menjadi tantangan serius dalam upaya distribusi material medis yang cepat dan efisien, terutama dalam kondisi darurat. Permasalahan ini mendorong perlunya transportasi alternatif yang tidak bergantung pada infrastruktur jalan darat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengoptimasi *Quadcopter Drone* yang mampu digunakan untuk pengangkutan material medis di daerah urban. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan pendekatan *design thinking* dan dua tahap iterasi perancangan, yaitu *Drone V1* dan *V2*. *Drone V1* dirancang menggunakan komponen yang tersedia di inventory logistik dan diuji berdasarkan performa waktu terbang dan kapasitas payload. Hasil menunjukkan bahwa *Drone V1* belum mampu memenuhi waktu terbang minimum 45 menit dan payload masih terlalu kecil di 2 kg. Oleh karena itu, dilakukan optimasi melalui *Drone V2* menggunakan pemodelan numerik dengan Solver Excel dan tabulasi serta optimasi melalui simulasi CAE pada fitur topologi. Berdasarkan hasil optimasi, *Drone V2* dirancang menggunakan sistem propulsi Xrotor X8 dengan *propeller* 30×11 inci dan dua baterai Li-ion 44 Ah 6S. Hasil akhir menunjukkan *Drone V2* mampu mengangkut payload sebesar 5,008 kg dan secara teoritis dapat mencapai hingga 7 kg. Waktu terbang dalam kondisi *hover* mencapai 47,3 menit dengan jarak tempuh teoritis di 21,73 km. Rata-rata kenaikan waktu terbang dari *Drone V1* ke *V2* mencapai 33%. Analisis kekuatan struktur menunjukkan *safety factor* di atas 3 yang menunjukkan bahwa *Drone V2* dan *V1* sudah cukup kuat. *Drone V2* dinyatakan berhasil sebagai solusi pengangkut material medis darurat di wilayah urban, khususnya di Kota Bandung.

Kata Kunci: *Design thinking*, Material medis, Optimasi, *Payload*, *Quadcopter Drone*, Solver Excel, Waktu terbang

ABSTRACT

Traffic congestion in Bandung City presents a serious challenge to the fast and efficient distribution of medical supplies, particularly during emergencies. This issue highlights the need for alternative transportation systems that are not dependent on ground infrastructure. This study aims to design, develop, and optimize a quadcopter drone capable of transporting medical materials in urban areas. The research adopts a design thinking approach and involves two stages of design iteration, namely Drone V1 and V2. Drone V1 was developed using available components from logistics inventory and evaluated based on its flight duration and payload capacity. The results indicated that Drone V1 was unable to meet the minimum flight time requirement of 45 minutes and had a limited payload capacity of only 2 kg. Therefore, optimization was conducted through the development of Drone V2 using numerical modeling with Excel Solver and tabulation, along with CAE-based topology optimization simulations. Based on the optimization results, Drone V2 was designed with an Xrotor X8 propulsion system, 30×11 inch propellers, and two 44 Ah 6S Li-ion batteries. Final results show that Drone V2 is capable of carrying a payload of 5.008 kg and, theoretically, up to 7 kg. The drone achieves a hover time of 47.3 minutes with a theoretical maximum range of 21.73 km. The average increase in flight time from Drone V1 to V2 is approximately 33%. Structural strength analysis reveals a safety factor above 3, indicating that both Drone V1 and V2 are structurally sound. Drone V2 is considered a successful solution for emergency medical delivery in urban areas, particularly in Bandung City.

Keywords: Design thinking, Excel Solver, Flight duration, Medical supplies, Optimization, Payload, Quadcopter Drone

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Orinsinalitas.....	iii
Pernyataan Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	iv
Motto.....	v
KATA PENGANTAR	iv
Abstrak	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
Simbol dan Singkatan	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-5
I.3 Batasan Masalah	I-5
I.4 Tujuan	I-6
I.5 Manfaat	I-6
I.6 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Drone	II-1
II.1.1 Pengertian <i>Drone</i>	II-1
II.1.2 Klasifikasi <i>Drone</i>	II-1

II.1.3 Jenis-jenis <i>Drone</i> Berdasarkan Konfigurasi.....	II-2
II.1.4 Keunggulan dan Keterbatasan <i>Quadcopter Drone</i>	II-5
II.1.5 <i>Drone</i> Medis.....	II-6
II.2 <i>Quadcopter Drone</i>	II-9
II.2.1 Komponen Utama <i>Quadcopter Drone</i>	II-10
II.2.2 <i>Quadcopter Physical model</i>	II-13
II.2.3 Faktor yang memengaruhi durasi terbang <i>drone</i>	II-15
II.3 Perhitungan Performa <i>Drone</i>	II-17
II.3.1 Perhitungan Rencana Awal Spesifikasi <i>Drone</i>	II-17
II.3.2 Analisa Performa Terbang <i>Drone</i>	II-18
II.4 Gaya Tahanan (<i>Drag</i>).....	II-25
II.4.2 Simulasi Aliran (CFD) untuk Analisis Gaya Hambat	II-28
II.5 Perhitungan Sudut <i>Rolling</i> pada <i>Quadcopter</i>	II-29
II.6 Proses Optimasi Waktu Terbang <i>Drone</i>	II-29
II.6.1 Proses Optimasi.....	II-31
II.6.2 Optimasi menggunakan <i>solver excel</i>	II-32
II.6.3 Optimasi Menggunakan Aljabar dan Numerik.....	II-33
II.6.4 Optimasi <i>design study</i>	II-35
II.6.5 Optimasi Topologi.....	II-36
II.7 Metode <i>Design Thinking</i>	II-37
II.7.2 <i>Emphasize</i>	II-40
II.7.3 <i>Define</i>	II-40
II.7.4 <i>Ideate</i>	II-41
II.7.5 <i>Prototype</i>	II-41
II.7.6 Test	II-42
II.8 Studi Penelitian Terdahulu	II-42

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH ITERASI 1	III-1
III.1 Metodologi Penelitian	III-1
III.2 Proses <i>Emphatize</i> Iterasi 1	III-3
III.2.1 Konsumen	III-3
III.2.2 Identifikasi Masalah	III-3
III.2.3 Masalah	III-4
III.3 Proses <i>Define</i> Iterasi 1	III-4
III.3.1 Mengumpulkan Data	III-4
III.3.2 Daftar Tuntutan	III-10
III.3.3 Komponen yang Tersedia	III-11
III.4 Proses <i>Ideate</i> Iterasi 1	III-18
III.4.1 Perancangan Awal <i>Quadcopter Drone V1</i>	III-18
III.4.2 Konsep Rancangan <i>Drone V1</i>	III-22
III.4.3 Gaya Hambat/ <i>Drag Drone V1</i>	III-25
III.4.4 Analisa Kekuatan	III-30
III.4.5 Evaluasi Berat <i>Drone V1</i>	III-49
III.4.6 Rancangan Final <i>Quadcopter Drone V1</i>	III-50
III.4.7 Spesifikasi <i>Quadcopter Drone</i>	III-50
III.4.8 <i>Performance Analysis</i>	III-51
III.5 Proses Prototype Iterasi 1	III-58
III.5.1 <i>Manufacturing Quadcopter drone</i>	III-58
III.6 Test	III-63
III.6.1 Pengujian <i>Quadcopter Drone</i>	III-63
III.6.2 <i>Test Report</i>	III-65
III.7 Perhitungan Sudut <i>Rolling Drone V1</i>	III-66
III.8 Membandingkan Spesifikasi Rancangan dengan Daftar Tuntutan	III-67

BAB IV METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH ITERASI 2.....	IV-1
IV.1 Metodologi Penelitian.....	IV-1
IV.2 Proses <i>Emphatize</i> Iterasi 2	IV-3
IV.2.1 Identifikasi Masalah.....	IV-3
IV.3 Proses <i>Define</i> Iterasi 2	IV-4
IV.3.1 Mengumpulkan Data.....	IV-4
IV.3.2 Daftar Tuntutan.....	IV-6
IV.4 Proses <i>Ideate</i> Iterasi 2	IV-6
IV.4.1 Penyusunan Strategi Solusi.....	IV-6
IV.4.2 Optimasi Komponen Propulsi dan Daya	IV-7
IV.4.3 Perancangan CAD <i>Drone V2</i>	IV-24
IV.4.4 Konsep Rancangan <i>Drone V2</i>	IV-31
IV.4.5 Gaya Hambat/ <i>Drag Drone V2</i>	IV-35
IV.4.6 Optimasi Topologi	IV-39
IV.4.7 Analisa Kekuatan	IV-47
IV.4.8 Evaluasi Berat <i>Drone V2</i>	IV-61
IV.4.9 Rancangan Final <i>Quadcopter Drone V2</i>	IV-65
IV.4.10 Kemampuan <i>Drone V2</i>	IV-66
IV.5 Perhitungan Sudut <i>Rolling</i> dan <i>Pitcing Drone V2</i>	IV-74
IV.6 Simpulan Rancangan <i>Drone V2</i>	IV-75
BAB V PEMBAHASAN	V-1
V.1 Perbandingan Daftar Tuntutan	V-1
V.1.1 Perbandingan Daftar Tuntutan dengan hasil Rancangan <i>Drone V1</i> .	V-1
V.2 Perbaikan utama yang dilakukan.....	V-3
V.3 Perbandingan Umum <i>Drone V1</i> dan <i>V2</i>	V-3
V.3.1 Persentasi kenaikan performa.....	V-4

V.4 Evaluasi kekuatan dan gaya hambatan.....	V-6
V.5 Perbandingan Ukuran Rancangan	V-7
V.6 Perbandingan Pengiriman Material Medis Menggunakan <i>Drone</i> dengan Transportasi Darat.....	V-10
BAB VI PENUTUP	VI-1
VI.1 Kesimpulan	VI-1
VI.2 Saran	VI-3
Daftar Pustaka	xxvi
Lampiran	xxxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tiga konfigurasi <i>Drone</i> yang umum yaitu sebuah multirotor (kiri), <i>Fixed wing</i> (tengah), dan <i>Vertical takeoff landing</i> (VTOL) (kanan).	I-2
Gambar 2. 1 <i>Drone Fixed Wing</i>	II-2
Gambar 2. 2 <i>Drone TriCopter</i>	II-3
Gambar 2. 3 <i>Drone Quacopter</i>	II-3
Gambar 2. 4 <i>Drone Hexacopter</i>	II-4
Gambar 2. 5 <i>Drone Octocopter</i>	II-4
Gambar 2. 6 <i>Drone VTOL</i>	II-5
Gambar 2. 7 <i>Drone Fixedwing Zipline</i> Sumber: Zipline	II-7
Gambar 2. 8 Komponen Umum <i>Quadcopter Drone</i>	II-10
Gambar 2. 9 Ilustrasi ESC dan <i>Receiver</i>	II-11
Gambar 2. 10 Ilustrasi Motor <i>Mount</i>	II-11
Gambar 2. 11 Ilustrasi Baterai dan Baterai Monitor	II-13
Gambar 2. 12 <i>Quadcopter Basic Diagram</i>	II-14
Gambar 2. 13 <i>Copter profile with forces and momenta diagram; θ is the copter's pitch angle</i>	II-14
Gambar 2. 14 Konsep Gerakan Motor <i>Quadcopter</i>	II-15
Gambar 2. 15 nilai <i>drag coefficient</i> untuk berbagai bentuk objek.....	II-27
Gambar 2. 16 Contoh <i>Flow Simulation</i> pada SolidWorks.....	II-28
Gambar 2. 17 Proses Optimasi <i>Drone</i>	II-30
Gambar 2. 18 Tahapan Optimasi pada Buku Jasbir	II-31
Gambar 2. 19 Contoh Proses SolidWorks Design Study	II-35
Gambar 2. 20 Contoh Proses Topologi	II-36
Gambar 2. 21 Proses <i>Design Thinking</i>	II-38

Gambar 2. 22 Ilustrasi pelaksanaan metode <i>Agile</i>	II-39
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	III-2
Gambar 3. 2 Infografis PM 37 Tahun 2020	III-5
Gambar 3. 3 <i>Madical Box Transport</i>	III-7
Gambar 3. 4 Jarak terjauh rumah sakit di Bandung	III-9
Gambar 3. 5 Baterai Diamond 16 Ah.....	III-12
Gambar 3. 6 Xrotor X6 Plus	III-12
Gambar 3. 7 <i>Power VS Thrust</i> Xrotor X6 Plus	III-14
Gambar 3. 8 <i>Carbon Tube</i>	III-14
Gambar 3. 9 <i>Carbon plate</i> 2mm	III-15
Gambar 3. 10 <i>Carbon fiber glass</i>	III-15
Gambar 3. 11 PLA-LW.....	III-16
Gambar 3. 12 Esttimasi Flight Time VS Payload Saat Hover	III-20
Gambar 3. 13 Sketsa Rancangan <i>Drone</i> V1.....	III-21
Gambar 3. 14 <i>Arm Drone</i> V1	III-23
Gambar 3. 15 <i>Cargo Bay Drone</i> V2	III-23
Gambar 3. 16 Posisi pemasangan <i>body</i> dengan <i>Arm</i>	III-24
Gambar 3. 17 Hubungan <i>Body</i> dengan <i>Cargo Bay</i>	III-24
Gambar 3. 18 Posisi kaki <i>drone</i>	III-25
Gambar 3. 19 Daerah Gaya Hambat Pada <i>Cargo Bay</i> V1	III-27
Gambar 3. 20 Aliran udara pandangan samping <i>drone</i> V1.....	III-29
Gambar 3. 21 Hasil Simulasi CFD <i>Drone</i> V2.....	III-29
Gambar 3. 22 Posisi Fixed Support dan Force <i>Cargo Bay</i>	III-31
Gambar 3. 23 Hasil Simulasi <i>Cargo Bay</i> V1	III-31
Gambar 3. 24 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	III-32

Gambar 3. 25 Potongan Posisi Tegangan Normal <i>Cargo Bay V1</i>	III-33
Gambar 3. 26 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Upper Plate</i>	III-34
Gambar 3. 27 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	III-34
Gambar 3. 28 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Upper Plate</i>	III-35
Gambar 3. 29 Hasil Konvergensi Simulasi <i>Battery Plate V1</i>	III-36
Gambar 3. 30 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Poros Carbon 24 mm</i>	III-37
Gambar 3. 31 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	III-37
Gambar 3. 32 DBB <i>Carbon Tube</i> dia 25 P	III-38
Gambar 3. 33 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Poros Carbon</i> dia 10 mm.....	III-41
Gambar 3. 34 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	III-41
Gambar 3. 35 DGG dan DMB <i>Carbon tube 10 mm V1</i>	III-42
Gambar 3. 36 Potongan Pemegang <i>Payload</i> Gaya Normal	III-47
Gambar 3. 37 Potongan Pemegang <i>Payload</i> Gaya Geser	III-47
Gambar 3. 38 Rancangan Akhir <i>Drone V1</i>	III-50
Gambar 3. 41 Ilustrasi Waktu terbang <i>drone</i> terhadap besar <i>payload</i>	III-58
Gambar 3. 42 <i>Carbone Plate</i>	III-59
Gambar 3. 43 <i>Lower Carbon Composite</i>	III-59
Gambar 3. 44 Part 3D print penahan baterai.....	III-60
Gambar 3. 45 Part 3D print pengunci <i>box payload</i>	III-60
Gambar 3. 46 <i>Electrical Motor Drone</i>	III-61
Gambar 3. 47 Proses Assembly	III-62
Gambar 3. 48 Hasil Assembly Akhir	III-63
Gambar 3. 49 Uji Terbang <i>Quadcopter Drone</i>	III-63
Gambar 3. 50 Rata-rata Tegangan dan aus	III-65

Gambar 4. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	IV-2
Gambar 4. 2 <i>Medical Box</i> MT4.....	IV-5
Gambar 4. 3 Penggunaan Fitur IF.....	IV-16
Gambar 4. 4 Proses Iterasi Solving`.....	IV-16
Gambar 4. 5 Fitur <i>Solver</i>	IV-17
Gambar 4. 6 Flight time VS Payload Kondisi Hover	IV-19
Gambar 4. 7 Flight time VS Payload Kondisi Maksimum Range	IV-19
Gambar 4. 8 Flight time VS Payload Kondisi Endurance	IV-20
Gambar 4. 9 <i>Flight Time</i> VS <i>Payload Drone</i> V2 asumsi awal.....	IV-23
Gambar 4. 10 Xrotor X8	IV-24
Gambar 4. 11 Diamond Battery 44 Ah	IV-25
Gambar 4. 12 Sketsa Rancangan <i>Drone</i> V2.....	IV-25
Gambar 4. 13 <i>Arm Drone</i> V2.....	IV-31
Gambar 4. 14 <i>Cargo Bay Drone</i> V2	IV-32
Gambar 4. 15 <i>Body Drone</i> V2.....	IV-32
Gambar 4. 16 Posisi pemasangan <i>body</i> dengan <i>Arm</i>	IV-33
Gambar 4. 17 Hubungan <i>Body</i> dengan <i>Cargo Bay</i>	IV-33
Gambar 4. 18 Rancangan slot <i>baterai swapping</i>	IV-34
Gambar 4. 19 Posisi kaki <i>drone</i>	IV-34
Gambar 4. 20 Area Gaya Hambat pada <i>Cargo Bay</i>	IV-36
Gambar 4. 21 Aliran udara pandangan samping <i>drone</i> V2.....	IV-38
Gambar 4. 22 Hasil Simulasi CFD <i>Drone</i> V2.....	IV-38
Gambar 4. 23 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Dargo Bay</i>	IV-40
Gambar 4. 24 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	IV-41
Gambar 4. 25 Hasil Topologi.....	IV-41

Gambar 4. 26 Rancangan Perbaikan Hasil Topologi	IV-42
Gambar 4. 27 Potongan Tegangan Normal <i>Cargo Bay V2</i>	IV-43
Gambar 4. 28 Hasil Konvergensi Setelah Topologi.....	IV-44
Gambar 4. 29 Hasil Konvergensi Simulasi Awal, <i>Fixed Support</i> dan <i>Force</i> ..	IV-45
Gambar 4. 30 Hasil Topologi.....	IV-45
Gambar 4. 31 Rancangan Perbaikan Hasil Topologi	IV-46
Gambar 4. 32 Hasil simulasi Setelah Topologi.....	IV-46
Gambar 4. 33 Konvergensi <i>Upper Plate V1</i>	IV-47
Gambar 4. 34 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Poros Carbon 40 mm</i>	IV-48
Gambar 4. 35 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	IV-48
Gambar 4. 36 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Poros Carbon</i> dia 10 mm.....	IV-51
Gambar 4. 37 Hasil Konvergensi Simulasi Awal	IV-52
Gambar 4. 38 DGG dan DMB <i>Carbon Tube 10 mm</i>	IV-52
Gambar 4. 39 Penampang Potong Gaya Normal Pemegang <i>Payload</i>	IV-57
Gambar 4. 40 Penampang Potong Gaya Normal Pemegang <i>Payload</i>	IV-58
Gambar 4. 41 Posisi <i>Fixed Support</i> dan <i>Force Upper Plate</i>	IV-59
Gambar 4. 42 Hasil Konvergensi Simulasi	IV-59
Gambar 4. 43 Rancangan Akhir <i>Drone V2</i>	IV-65
Gambar 4. 44 Flight Time VS Payload.....	IV-72
Gambar 4. 45 Flight Time VS Payload.....	IV-74
Gambar 5. 1 Sketsa <i>Wheelbase V1</i>	V-8
Gambar 5. 2 Sketsa <i>Wheelbase V2</i>	V-8
Gambar 5. 3 Perbandingan Visual <i>Drone V1</i>	V-9
Gambar 5. 4 Perbandingan Visual <i>Drone V2</i>	V-10
Gambar 5. 5 Jarak Tempuh Transportasi Darat Pukul 23.00.....	V-11

Gambar 5. 6 Jarak Tempuh Transportasi Darat Pukul 21.00..... V-12

Gambar 5. 7 Jarak Tempuh Transportasi Darat Pukul 11.00..... V-12

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-42
Tabel 3. 1 klasifikasi <i>drone</i> berdasarkan berat.....	III-6
Tabel 3. 2 Daftar Tuntutan <i>Drone V1</i>	III-11
Tabel 3. 3 Spesifikasi Baterai.....	III-12
Tabel 3. 4 Xrotor X6 Plus <i>Technical Parameter</i>	III-13
Tabel 3. 5 Komponen Standar Lainnya.....	III-16
Tabel 3. 6 Komponen <i>Avionic Drone V1</i>	III-17
Tabel 3. 7 Nilai acuan untuk pemilihan baut	III-48
Tabel 3. 8 Detail Berat <i>Quadcopter drone</i>	III-49
Tabel 3. 9 Parameter Analisa Performa	III-52
Tabel 3. 10 Hasil Uji Terbang.....	III-64
Tabel 4. 1 Daftar Tuntutan	IV-6
Tabel 4. 2 Berat asumsi <i>Drone V2</i>	IV-12
Tabel 4. 3 Database Baterai	IV-13
Tabel 4. 4 <i>Database Rotor dan Propeller</i> Lengkap.....	IV-14
Tabel 4. 5 Database rotor dan Propeller.....	IV-15
Tabel 4. 6 <i>Constrain</i>	IV-15
Tabel 4. 7 Hasil Solver.....	IV-18
Tabel 4. 8 Hasil Metode Tabulasi	IV-22
Tabel 4. 9 Penentuan Komponen	IV-27
Tabel 4. 10 Komponen <i>Avionic Drone V2</i>	IV-28
Tabel 4. 11 Jenis <i>Cargo Bay</i>	IV-29
Tabel 4. 12 Sistem Pengisian Baterai <i>Drone V2</i>	IV-30

Tabel 4. 13 <i>Goal Plot</i>	IV-39
Tabel 4. 14 Nilai acuan untuk pemilihan baut	IV-60
Tabel 4. 15 Berat <i>Arm Drone V2</i>	IV-61
Tabel 4. 16 Berat <i>Cargo Bay Drone V2</i>	IV-62
Tabel 4. 17 Berat <i>Body V2</i>	IV-62
Tabel 4. 18 Berat Kaki <i>Drone V2</i>	IV-63
Tabel 4. 19 Berat <i>Battery Slot</i>	IV-63
Tabel 4. 20 Berat Kosong dan MTOW V2	IV-64
Tabel 4. 21 Data yang sudah diketahui	IV-66
Tabel 5. 1 Daftar Tuntutan	V-1
Tabel 5. 2 Komparasi Performa <i>Drone V1 dan V2</i>	V-4
Tabel 5. 3 Perbandingan Performansi V1 dan V2.....	V-5
Tabel 5. 4 Kesimpulan Perbandingan Performansi V1 dan V2	V-5
Tabel 5. 5 Perbandingan Gaya Drag V1 dan V2.....	V-7
Tabel 5. 6 Perbandingan Kekuatan Komponen V1 dan V2.....	V-7
Tabel 5. 7 Perbedaan Geometri V1 dan V2	V-9
Tabel 5. 8 Kemampuan <i>Drone VS Tansportsdi Darat</i>	V-13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Diri	xxxiii
Lampiran 2 Tabel Data Baterai	xxxvi
Lampiran 3 Database Rotor.....	xl
Lampiran 4 Tabel Konvergensi Pada Simulasi Solidworks.....	lvi
Lampiran 5 Bentuk Optimasi Drone Solver Excel.....	lxii
Lampiran 6 Perbandingan Payload VS Flight Time	lxvi
Lampiran 7 Gambar Kerja Drone V1	lxx
Lampiran 8 Gambar Kerja Drone V2.....	viii

SIMBOL DAN SINGKATAN

TA	: Tugas Akhir
CAD	: <i>Computer-Aided Design</i>
CAE	: <i>Computer-Aided Engineering</i>
CFD	: <i>Computational Fluid Dynamics</i>
UAV	: <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
ESC	: Electronic speed controller
MTOW	: massa quadcopter keseluruhan (kg)
V1	: Versi ke 1
V2	: Versi ke 2
g	: percepatan gravitasi
N_r	: jumlah motor
$W_{E_{batt}}$: <i>Battery Energy Capacity</i> (Wh)
W_{batt}	: <i>Battery Weight</i> (g)
T_h	: <i>Thrust</i> (kgf)
MBW	: <i>Maximum Battery Weight</i> (g)
BED	: <i>Battery Energy Density</i> (Wh/kg)
BWR	: <i>Battery Weight Ratio</i>
WWB	: <i>Weight Without Battery</i> (g)
TW	: <i>Total Weight</i> (g)
MT	: <i>Max Thrust</i> (g) Thr' terbesar
T_p	: <i>Thrust/Propeller @hover</i> (g)
\hat{Y}	: nilai variabel terikat yang diprediksi (W/Prop)
x	: Nilai Variabel Bebas (T_p)
a	: Titik potong sumbu y
b	: gradien/kemiringan
\bar{x}	: nilai rata-rata variabel bebas (EP)
\bar{y}	: nilai rata-rata variabel terikat (Thr')
n	: Banyak sampel (pasangan variabel)
EP	: <i>Electrical Power</i> (W)
W_{pr}	: <i>Thrust/Propeller @hover</i> (g)

P_{tot}	: Total Power (W)
KV	: Motor KV Rating
V_{batt}	: <i>Battery Voltage (Volt)</i>
Q_{batt}	: <i>Battery Charge Capacity (mAh)</i>
W_{ebatt}	: <i>Battery Energy Capacity (Wh)</i>
W_{empt}	: <i>Empty Weight (gm)</i>
W_{batt}	: <i>Battery Weight (gm)</i>
Payload	: Berat Bawaan (gm)
MTOW	: Total Berat (gm)
N_r	: <i>Motor Amount (Pcs)</i>
T_h	: <i>Thrust (N)</i>
THF	: <i>Thrust Hover Factor</i>
P	: <i>Power (Watt)</i>
FT	: <i>Flight Time (hr)</i>
V	: <i>Battery Voltage</i>
C_T	: <i>Thrust coefficient (typically ranges from 0.1 to 0.2)</i>
ρ	: <i>Air density (approx 1.225 kg/m³ at sea level)</i>
n	: <i>Rotational speed in revolutions per second (RPS)</i>
D	: <i>Propeller diameter in meters</i>
T	: <i>Thrust (N)</i>
MTOW	: Total Berat
T_{tot}	: <i>Total Thrust</i>
ToW	: <i>Thrust-to-weight ratio</i>
R_{prop}	: <i>Propeller radius</i>
T_h	: <i>Total Require to Hover</i>
A_{prop}	: <i>Propeller Area</i>
$v_{i,h}$: <i>Induced Velocity at Hover</i>
η_p	: <i>Propeller Efficiency</i>
P_h	: <i>Hover Power</i>
P_e	: <i>Power at Optimal Endurance</i>
P_r	: <i>Power at Optimal Range</i>
η_M	: <i>Motor efficiency (assumed, typical value for electric motors)</i>
$P_{mot.e}$: <i>Electric Power Demand at Optimal Endurance</i>
$P_{mot.r}$: <i>Electric Power Demand at Optimal Range</i>

N_{cell}	: <i>Battery Cell Count</i>
C_{batt}	: <i>Battery Capacity</i>
$P_{cell.e}$: <i>Normalized Power Consumption at Optimal Endurance</i>
$P_{cell.r}$: <i>Normalized Power Consumption at Optimal Range</i>
d_0	: <i>Constant term</i>
d_1	: <i>Linear term coefficient</i>
d_2	: <i>Quadratic term coefficient</i>
d_3	: <i>Cubic term coefficient</i>
k_e	: <i>Battery Capacity at Optimal Endurance</i>
k_r	: <i>Battery Capacity at Optimal Range</i>
$C_{eff.e}$: <i>Total Effective Battery Capacity for Endurance</i>
$C_{eff.r}$: <i>Total Effective Battery Capacity for Range</i>
t_e	: <i>Maximum Endurance</i>
t_r	: <i>Flight Time at Maximum Range</i>
v_e	: <i>Optimal Flight Speed for Maximum Endurance</i>
v_r	: <i>Optimal Flight Speed for Maximum Range</i>
x_r	: <i>Maximum Range</i>
N	: <i>Normal Force (N)</i>
A	: <i>Luas Penampang (mm²)</i>
M	: <i>Moment (N.mm)</i>
y	: <i>Jarak dari sumbu netral ke serat terluar (mm)</i>
I	: <i>Momen inersia penampang (m⁴)</i>
V	: <i>Shear Force (N)</i>
Q	: <i>Momen statis area terhadap sumbu netral (mm³)</i>
I	: <i>Momen inersia penampang (mm⁴)</i>
t	: <i>Lebar penampang di lokasi geser (mm)</i>
y	: <i>Jarak dari pusat massa area A' ke sumbu netral</i>
A'	: <i>Luas bagian penampang di atas atau di bawah titik yang dihitung</i>
T	: <i>Torsion (N.mm)</i>
c	: <i>Jari-jari dari sumbu (mm)</i>
J	: <i>Momen kutub inersia (m⁴)</i>
σ_{izin}	: <i>Tegangan normal izin material (yield/ultimate) (MPa)</i>
σ_{aktual}	: <i>Tegangan kerja aktual pada komponen (MPa)</i>
τ_{izin}	: <i>Tegangan geser izin material (yield/ultimate) (MPa)</i>

τ_{aktual}	: Tegangan geser aktual pada komponen (MPa)
A	: Luas penampang fronta benda (m^2)
Cd	: <i>Drag Coefficient</i>
v	: Kecepatan fluida relatif terhadap benda (m/s)
ρ	: Massa jenis fluida (kg/mm^3)
Fd	: <i>Gaya Drag</i> (N)
L	: Panjang karakteristik benda (mm)
μ	: Viskositas dinamis fluida ($\text{kg}/(\text{m}^*\text{s})$)
ν	: Viskositas kinematik fluida (mm^2*s)
RS	: Rumah Sakit
RSUD	: Rumah Sakit Umum Daerah

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Distribusi material medis seperti darah, vaksin, dan obat-obatan memiliki peran vital dalam menunjang keberlangsungan pelayanan kesehatan, terutama dalam kondisi darurat. Kecepatan dan ketepatan pengiriman menjadi faktor krusial yang dapat memengaruhi keselamatan pasien. Namun, kenyataannya, pengiriman logistik medis di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, baik dari sisi geografis maupun kondisi infrastruktur transportasi. Di kawasan urban seperti Bandung, tingkat kemacetan yang tinggi pada jam-jam sibuk menyebabkan keterlambatan distribusi material medis antar rumah sakit. Sementara itu, di wilayah suburban dan daerah pinggiran, aksesibilitas terbatas akibat kondisi jalan yang rusak yang juga menjadi kendala. Dalam situasi genting seperti kebutuhan transfusi darah atau pengiriman obat-obatan khusus, keterlambatan selama beberapa menit saja dapat berdampak fatal terhadap nyawa pasien.

Saat ini, distribusi material medis umumnya mengandalkan transportasi darat seperti ambulans atau kendaraan logistik biasa. Meskipun sistem ini telah lama digunakan, efektivitasnya sangat tergantung pada kondisi lalu lintas, serta infrastruktur jalan. Selain itu, belum terdapat sistem transportasi medis alternatif yang mampu beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jalur darat. Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, diperlukan transportasi alternatif yang mampu menembus keterbatasan geografis dan kemacetan lalu lintas. Salah satu inovasi yang berkembang dalam beberapa dekade terakhir adalah penggunaan *drone* (*unmanned aerial vehicle/UAV*) untuk misi pengiriman logistik medis. *Drone* memiliki keunggulan berupa kemampuan lepas landas dan mendarat secara vertikal, fleksibilitas manuver di ruang sempit, serta efisiensi waktu tempuh dalam misi jarak menengah.

Drone adalah nama umum untuk *uncrewed aerial vehicle* (UAV) atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang jika dibahasa Indonesiakan menjadi pesawat terbang tanpa awak, beberapa contoh *Drone* yang umum dapat dilihat pada Gambar 1.1. *Drone* adalah robot terbang yang menunjukkan tingkat otonomi tertentu, dan dapat

dikendalikan dari jarak jauh atau diprogram sebelumnya untuk melaksanakan rute tertentu [1]. Sistem pesawat terbang tanpa awak (UAV) telah menjadi kata kunci secara global, karena teknologi baru ini merevolusi setiap aspek kehidupan, mulai dari sipil hingga pertahanan, serta dari perusahaan fotografi kecil hingga industri besar dan keamanan [2]. Gambar 1.1 memperlihatkan perkembangan *drone*.



Gambar 1. 1 Tiga konfigurasi *Drone* yang umum yaitu sebuah multirotor (kiri), *Fixed wing* (tengah), dan *Vertical takeoff landing* (VTOL) (kanan).

Sumber : [1]

Pemanfaatan teknologi *Drone* terus mengalami perkembangan, tidak hanya untuk keperluan militer, tetapi juga untuk berbagai kebutuhan lain, salah satunya adalah pengiriman barang. Saat ini, proses pengiriman barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya masih banyak dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan tenaga manusia [3]. Semakin jauh jarak pengiriman, semakin banyak waktu yang dibutuhkan. Cara ini dinilai kurang efektif karena keterbatasan manusia dalam memindahkan barang serta waktu kerja yang terbatas, *Drone* dapat menjadi metode transportasi alternatif untuk pengiriman barang.

Implementasi nyata pemanfaatan teknologi *Drone* adalah pada daerah urban. Daerah urban merupakan sektor penunjang utama mobilitas masyarakat dan angkutan barang yang merupakan unsur penting dalam kegiatan ekonomi dan pembangunan perkotaan, namun seiring pertumbuhan jumlah penduduk yang relatif tinggi disertai urbanisasi menyebabkan bertambahnya kendaraan yang membuat kemacetan di daerah urban [4]. Hal ini berpengaruh pada penanganan medis yang lambat dapat berujung pada situasi yang berbahaya atau bahkan fatal karena keterlambatan pengiriman material medis. Oleh karena itu, distribusi kebutuhan kesehatan perlu mendapatkan perhatian serius sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di Indonesia [5]. Ada beberapa solusi

untuk mengatasi kelemahan tersebut, salah satunya adalah memanfaatkan jalur udara dengan menggunakan transportasi *Drone*. *Drone* dapat mengirimkan material medis seperti darah, vaksin, obat-obatan, peralatan medis dan lain sebagainya antar rumah sakit dengan lebih cepat pada kondisi darurat. *Drone* memiliki keunggulan ramah lingkungan karena menggunakan sumber daya baterai yang dapat diisi ulang, sehingga tidak menghasilkan polusi udara. Selain itu, *Drone* mampu melakukan perjalanan langsung ke lokasi tujuan tanpa perlu mengikuti jalur jalan, sehingga lebih efisien dalam hal waktu [6]. Di antara berbagai jenis *drone*, *copter* menjadi pilihan karena kemampuannya dalam kemudahan manuver, kemudahan pengopersaian, dan fleksibel untuk berbagai kebutuhan pengangkutan medis.

Pemilihan jenis *drone* dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik pengiriman material medis di wilayah Bandung, dengan jarak antar rumah sakit berkisar 15–16 km yang tergolong menengah. Untuk kebutuhan tersebut, dipilih *drone* tipe *copter* karena mampu melakukan lepas landas dan mendarat secara vertikal pada area sempit, tanpa memerlukan landasan pacu seperti halnya *drone* *fixed-wing*. Tipe ini dinilai lebih fleksibel untuk lingkungan urban yang padat. Dari berbagai konfigurasi *copter*, dipilih *quadcopter* (4 rotor) karena konfigurasi 2 rotor (*bicopter*) memiliki kestabilan rendah dan kontrol yang kompleks, sedangkan 3 rotor (*tricopter*) menghasilkan gerakan *yaw* yang tidak seimbang. Konfigurasi dengan jumlah rotor genap lebih stabil dan simetris, dan berdasarkan analisis awal, empat rotor sudah mampu menghasilkan *thrust* yang mencukupi untuk membawa muatan medis sesuai kebutuhan desain. Penggunaan *Quadcopter Drone* untuk pengangkutan medis di daerah urban adalah solusi yang efektif untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dan mempermudah pengiriman darurat.

Tidak dipungkiri bahwa saat ini masih terdapat regulasi yang membatasi penggunaan *Drone* pada daerah urban. Sejauh ini setidaknya terdapat empat permenhub terkait penerbangan *Drone*. Regulasi ini secara umum mengharuskan pengguna *drone* untuk memiliki izin terbang di wilayah tertentu, membatasi penerbangan di atas kawasan pemukiman padat, serta mewajibkan adanya sistem identifikasi dan pelaporan penerbangan. Empat regulasi itu adalah Permenhub Nomor 34 Tahun 2021, Permenhub Nomor 63 Tahun 2021, Permenhub Nomor 37 Tahun 2020 dan Permenhub Nomor 27 Tahun 2021 [7]. Meskipun regulasi *Drone*

belum mendukung yang menyebabkan terbatasnya ruang gerak *Drone*. Politeknik Manufaktur Bandung tetap mempersiapkan diri, sehingga ketika regulasi sudah siap maka banyak hal yang dapat diterapkan. Politeknik Manufaktur Bandung bekerjasama dengan PT. Bentara Tabang Nusantara melakukan penelitian, perancangan, dan pengembangan *Quadcopter Drone* pengangkut material medis untuk daerah urban dengan judul “*Optimizing Path Planning and Reconfiguration for Drones in Urgent Transport of Medicines and Medical Equipment between Hospitals*”. Dalam proses penelitian, perancangan, dan pengembangan *Quadcopter Drone* banyak hal yang perlu dikaji, salah satunya adalah bagaimana proses perancangan untuk menghasilkan desain awal dari *Drone* dibatasi oleh komponen-komponen yang sudah tersedia pada *Inventory* di bagian logistik. Kemudian, desain awal itu diverifikasi terhadap daftar tuntutan berdasarkan kebutuhan performa yang diinginkan. Beberapa daftar tuntutan yang wajib tercapai adalah dapat mengangkut *payload* yang berupa *Blood Bag Container* seberat 1.8 kg, 5 kg, dan 10.8 kg. Namun diharapkan rancangan mampu membawa *payload* minimal 5 kg dan 10.8 kg, karena daya tampung *Blood Bag Container* bisa lebih dari 4 kantong darah sekaligus. Lalu *drone* memiliki waktu terbang 45 menit pada kecepatan 6 - 10 m/s. Selanjutnya, jika tuntutan tidak terpenuhi maka proses optimasi perlu dilakukan terhadap rancangan awal *drone*, terutama dalam memilih ulang komponen-komponen yang dapat meningkatkan performa dari *drone* tersebut. Optimasi waktu tempuh rancangan *drone* adalah dengan melakukan analisis data pada *tools* yang dibuat berdasarkan spesifikasi komponen *drone*. Jika memungkinkan, *propeller* dan motor akan dilakukan pengujian *thrust* dan torsi untuk memvalidasi apakah komponen yang dipilih sudah sesuai. Oleh karena itu penulis mengembangkan judul “Perancangan, Pengembangan, dan Optimasi Waktu Terbang *Quadcopter Drone* untuk Kebutuhan Pengangkut Material Medis di Daerah Urban” yang diharapkan dapat membantu pengembangan *Quadcopter Drone* pengangkut material medis menjadi lebih baik lagi.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhri ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang *Quadcopter drone* untuk pengangkutan medis dibatasi oleh komponen-komponen yang sudah tersedia pada *Inventory* di bagian logistik?
2. Bagaimana spesifikasi *Drone V1* dari komponen-komponen yang sudah tersedia pada *Inventory* di bagian logistik yang ada terutama berdasarkan daya angkat dan baterai yang berhubungan dengan waktu terbang?
3. Bagaimana mengoptimalkan waktu terbang *Quadcopter drone* sehingga dapat menjadi saran lanjutan untuk pengembangan *drone* selanjutnya?
4. Bagaimana spesifikasi *Drone V2* berdasarkan hasil optimasi?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar penelitian yang dilakukan dapat terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan, maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Rancangan yang dibuat menggunakan komponen yang ada pada untuk mendapatkan performa awal yang dibutuhkan.
2. Optimasi waktu terbang *Drone* dilihat dari konstruksi dan pemilihan part *Drone* yang akan dirancang.
3. Optimasi sistem avionik tidak termasuk dalam lingkup penelitian.
4. Perancangan, perhitungan, simulasi, dan test dilakukan pada kondisi ideal.
5. Faktor ekonomis tidak diperhitungkan dalam optimasi yang dilakukan.
6. Biaya perancangan dan optimasi dibebankan pada dana penelitian dosen vokasi.
7. Tidak dilakukan analisa fluida dalam proses perancangan dan optimasi *Quadcopter Drone*.

I.4 Tujuan

Tugas akhir ini memiliki tujuan, yaitu:

1. Mendapatkan rancangan *Quadcopter Drone* untuk kebutuhan pengangkutan material medis dibatasi oleh komponen-komponen yang sudah tersedia pada *Inventory* di bagian logistik.
2. Dapat menentukan spesifikasi rancangan *Quadcopter Drone* yang optimal berdasarkan waktu terbang dan berat *payload*.
3. Mendapatkan cara untuk mengoptimalkan waktu terbang *Quadcopter drone* berdasarkan rancangan awal sehingga dapat menjadi saran lanjutan untuk pengembangan *drone* selanjutnya sesuai daftar tuntutan.
4. Menentukan spesifikasi teknis *Drone V2* berdasarkan hasil dari proses optimasi yang telah dilakukan.

I.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini, yaitu:

1. Mempersiapkan teknologi *Drone* untuk masa yang akan datang, hingga regulasi siap untuk pengimplementasian *Quadcopter Drone* pengangkut material medis di daerah urban.
2. Membantu pengembangan dan penelitian *Drone* di perguruan tinggi Politeknik Manufaktur Bandung.
3. Memberikan wawasan baru tentang perancangan dan optimasi waktu terbang *Quadcopter Drone*.
4. Meningkatkan efisiensi pengiriman material medis untuk mempercepat penanganan darurat dan meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di daerah urban.

I.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini terdiri dari enam bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka serta lampiran yang disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan. Pendahuluan juga mencakup identifikasi masalah yang ingin diselesaikan dan urgensi dari topik yang dibahas.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teori dan literatur yang relevan dengan topik tugas akhir. Di sini juga diuraikan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait, sehingga memberikan landasan teoritis untuk mendukung solusi yang diusulkan.

BAB III METODE PENYELESAIAN ITERASI 1

Bagian ini menjelaskan metode penyelesaian pada rancangan *Drone V1*. Pendekatan dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang diidentifikasi dalam laporan ini meliputi langkah-langkah teknis, alat dan bahan yang digunakan, serta metode perhitungan atau analisis.

BAB IV METODE PENYELESAIAN ITERASI 2

Bagian ini menjelaskan metode penyelesaian pada rancangan *Drone V2*. Pendekatan dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang diidentifikasi dalam laporan ini meliputi langkah-langkah teknis, alat dan bahan yang digunakan, serta metode perhitungan atau analisis.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis hasil dari kedua iterasi, perbandingan performa, serta interpretasi dari hasil perancangan dan optimasi. Selain itu, dibahas juga pemenuhan daftar tuntutan serta implikasi pengembangan lebih lanjut.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang mengacu pada rumusan masalah dan tujuan tugas akhir, serta saran sebagai masukan untuk pengembangan lebih lanjut bagi peneliti atau pihak lain yang berkepentingan.