

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Pengantaran barang menggunakan *drone* atau UAV (*unmanned aerial vehicle*) sudah dimulai sejak satu dekade yang lalu dan terus berkembang. Inovasi dalam perkembangan teknologi, memacu *drone* untuk bisa memiliki beragam aplikasi, mulai dari pertambangan, keamanan, fotografi udara, hingga keadaan darurat (Sanjana & Prathilothamai, 2020). Teknologi *drone delivery* telah menjadi bagian dari transformasi sistem logistik modern, terutama dalam sektor pelayanan medis. Kemampuan dalam menjangkau area terpencil secara cepat dan fleksibel menjadikan *drone* sebagai alternatif dalam distribusi barang-barang penting seperti obat-obatan, alat medis, dan alat pertolongan pertama.

Kecepatan dan ketepatan dalam pengantaran peralatan medis darurat menjadi aspek krusial dalam upaya penyelamatan nyawa manusia. Salah satu kondisi darurat yang membutuhkan respons cepat adalah situasi medis yang masuk dalam kategori Golden Hour, yakni satu jam pertama pascakejadian kritis yang sangat menentukan tingkat keselamatan pasien. Dalam konteks ini, efektivitas logistik untuk mengantarkan peralatan pertolongan pertama (*first aid kit*) ke lokasi pasien—baik berupa perban, cairan antiseptik, oksigen portabel, hingga autoinjektor epinefrin—harus terjamin baik dari segi kecepatan, akurasi titik lokasi, maupun kondisi fisik barang yang tetap aman hingga tujuan.

Meskipun demikian, tantangan geografis Indonesia yang sangat kompleks terdiri dari wilayah pegunungan, pesisir, serta daerah pedalaman dengan infrastruktur jalan yang terbatas menyulitkan pengiriman medis secara konvensional. Banyak tenaga medis kesulitan menjangkau area terpencil karena keterbatasan akses darat dan waktu tempuh yang tinggi (Su'udi et al., 2022). Di sisi lain, sekitar 51% daratan Indonesia masih tertutup hutan lebat (Djaenudin et al., 2018), menambah kompleksitas dalam distribusi darurat melalui jalur konvensional. Penggunaan *drone* sebagai media distribusi peralatan medis menjadi solusi potensial untuk menjawab kebutuhan intervensi cepat, terutama di lokasi yang tidak memungkinkan dijangkau oleh ambulans atau tenaga medis dalam waktu singkat.

Pengiriman *drone* dapat dilakukan dengan beberapa teknik, diantaranya pada gambar I-1.

Last meter delivery methods



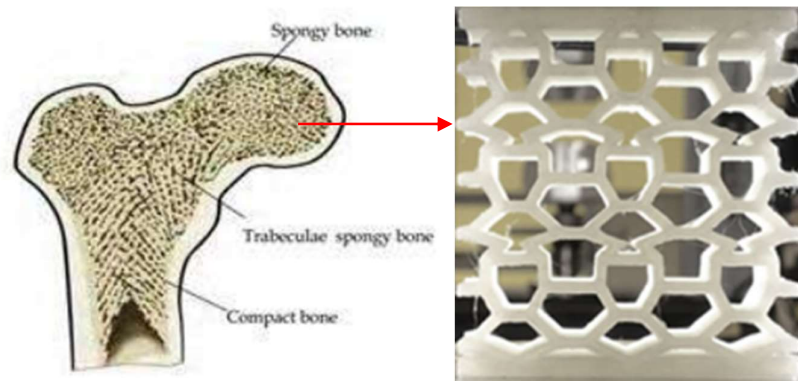
Gambar I-1 Empat teknik pengiriman barang menggunakan *drone* yang digunakan amazon (McKinsey & Company, 2023).

Terdapat beberapa pendekatan diantaranya seperti teknik *tether*, *parachute*, *dock*, dan *drop*. Penggunaan *drone* juga menghadapi tantangan teknis tersendiri, khususnya dalam proses pengiriman barang tanpa kontak langsung dengan tanah. Medan yang tertutup kanopi hutan dengan kerapatan hingga 86,9% (Muhammad et al., 2010) menghalangi *drone* untuk melakukan pendaratan langsung. Oleh karena itu, metode yang paling sesuai adalah teknik *drop delivery*, yaitu melepaskan barang dari udara ke lokasi target. Kompartemen berbentuk kapsul menjadi solusi desain yang banyak dikembangkan karena bentuknya yang aerodinamis dan kapasitas perlindungan yang baik terhadap benturan. Bentuk kapsul memiliki permukaan kontur halus dan simetri aksial yang mampu mengurangi gaya hambat (*drag force*) dan turbulensi saat melayang atau jatuh di udara, sehingga menghasilkan pergerakan yang lebih stabil dan terarah menuju target (Vachálek et al., 2025). Karakteristik ini menjadikan kapsul sangat sesuai digunakan dalam sistem pengiriman tanpa pendaratan, karena selain menjaga keutuhan struktur selama jatuh bebas, kapsul juga meningkatkan akurasi lokasi jatuh dan mengurangi risiko rotasi tak terkendali.

Untuk mendukung metode ini, diperlukan desain kompartemen pengangkut barang berbentuk kapsul yang mampu menahan benturan saat jatuh dari ketinggian tanpa merusak isi di dalamnya. Agar proses *drop delivery* ini efektif, kompartemen harus memiliki karakteristik mekanik yang mampu menyerap energi tumbukan secara efisien, ringan, dan tetap mampu menjaga integritas barang yang dibawa. Salah satu pendekatan desain struktural yang relevan adalah penggunaan struktur berdinging

tipis (*thin-walled structure*) yang telah banyak diterapkan dalam industri otomotif dan kedirgantaraan karena kemampuannya dalam menyerap energi secara optimal.

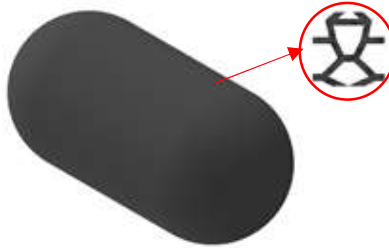
Pendekatan biomimikri yakni meniru desain alami untuk kebutuhan teknik dapat diadopsi untuk meningkatkan efisiensi struktur penyerapan energi. Dalam hal ini, struktur tulang trabekular (*trabecular bone*), yang ditemukan dalam tulang spons manusia, dikenal memiliki struktur berongga multisel dengan geometri kompleks yang terbukti efektif dalam menyebarkan gaya secara merata serta menyerap energi dari tumbukan. Struktur ini mampu menghasilkan performa penyerapan energi yang lebih tinggi dibandingkan struktur konvensional seperti *honeycomb* dan *re-entrant auxetics*, berkat mekanisme buckling progresif dan distribusi gaya yang optimal di seluruh jaringan trabekular. Dengan membentuk struktur seluler biomimetik berbasis tulang trabekular melalui pendekatan Voronoi 3D printing, mereka berhasil mengembangkan unit sel dengan *strain energy density* tinggi serta daya tahan tumbukan yang unggul (Ghazlan et al., 2020).



Gambar I-2 Desain 3D *Printed* bentuk multisel yang menyerupai struktur tulang trabekular (Ghazlan et al., 2020).

Dengan mengadaptasi struktur multisel tulang trabekular, kompartemen pengangkut dapat dirancang agar memiliki *force strength* yang tinggi untuk meredam tumbukan dan mencegah kerusakan pada peralatan medis di dalamnya. Optimalisasi struktur ini juga memungkinkan dilakukannya simulasi dan eksperimen *drop test* guna memastikan kinerjanya dalam kondisi nyata. Dalam perancangan kompartemen diperlukan kompartemen yang memiliki keaerodinamisan yang baik guna memudahkan *drone* dalam melakukan penerbangan, pada penelitian ini bentuk kompartemen yang digunakan berbentuk

kapsul. Dengan mengkombinasikan multisel dengan kompartemen berbentuk kapsul diharapkan mampu merancang desain yang optimal yang dapat digunakan dalam pengantaran barang menggunakan teknik *drop*.



Gambar I-3 Kombinasi kompartemen berbentuk kapsul (Vachálek et al., 2025) yang ditambahkan dengan struktur multisel dari tulang trabekular (Ghazlan et al., 2020).

Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk merancang dan menganalisis kompartemen penyimpanan berbasis struktur tulang trabekular multisel berbentuk kapsul. Fokus utama adalah mengevaluasi kemampuan penyerapan energinya saat diuji melalui simulasi *drop test*, sehingga dapat mendukung upaya evakuasi dan pertolongan medis dalam medan ekstrem tanpa membahayakan isi pengiriman.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan pada proposal tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh struktur tulang trabekular yang sudah dioptimalkan dapat meningkatkan ketahanan kapsul ketika terjadi tumbukan akibat gaya jatuh?

I.3 Tujuan Penelitian

Penulis membuat penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil simulasi dari implementasi *biomimicry* tulang trabekular pada desain kompartemen dan melakukan eksperimen analisis stress ketika benturan terjadi.

I.4 Manfaat Penelitian

Penulis berharap dari hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada masyarakat, diantaranya sebagai berikut:

1. Menjadi acuan dalam penerapan *biomimicry* pada pengembangan alat transportasi ringan.

2. Menyediakan solusi teknologi yang mendukung keselamatan pendaki melalui pengembangan alat transportasi darurat.

I.5 Sistematika Penulisan

Laporan hasil studi ini disusun dalam beberapa bab, masing-masing memuat penjabaran dan penjelasan terkait seluruh aktivitas serta kegiatan yang dilakukan sepanjang pelaksanaan studi. Penyusunan ini bertujuan untuk memastikan pembahasan masalah menjadi lebih terstruktur dan terfokus sesuai dengan topik yang diangkat.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini memberikan gambaran umum penelitian yang dimulai dari latar belakang mengenai penerapan *biomimicry* yang berupa *tulang trabekular* yang dimodifikasi menjadi struktur multisel. Selain itu, penjelasan terkait alternatif solusi, rumusan masalah, tujuan penelitian, hingga sistematika penulisan dari laporan penelitian mengenai analisis pengaruh ukuran dan bentuk desain kompartemen penyimpanan barang, beban ukuran, dan material yang digunakan dalam pembuatan kompartemen penyimpanan barang.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab landasan teori menjelaskan studi literatur pendukung objek permasalahan serta Solusi dari penelitian bersumber dari jurnal penelitian serta buku yang relevan. Tujuan dari bab ini adalah untuk membantu dalam merancang pola pemikiran pada studi yang diteliti.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH

Dalam bab metodologi penyelesaian masalah akan diuraikan langkah-langkah pengolahan dan hasil yang diperoleh dari serangkaian data, beserta uji menggunakan metode yang telah dipilih untuk menghasilkan hasil berupa rekomendasi solusi dari perumusan masalah. Semua ini bertujuan untuk memenuhi tujuan yang telah ditetapkan dalam proposal penelitian tugas akhir.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan proses dan hasil dari seluruh rangkaian pengolahan data serta pengujian data menggunakan metode yang terpilih untuk menghasilkan output berupa usulan solusi dari rumusan masalah dan mencapai tujuan dari penelitian proposal tugas akhir.

BAB V VALIDASI DAN EVALUASI HASIL PERANCANGAN

Pada bab validasi dan evaluasi berisikan validasi dari proses pengujian yang dilakukan dalam rangka menguji kelayakan dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap permasalahan yang telah ditentukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran memberikan jawaban dari rumusan masalah serta hasil dan ulasan mengenai perbaikan dari rancangan yang telah dibuat dimana itu menjadi objek dari penelitian proposal tugas akhir ini.