

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Jakarta merupakan salah satu kota terpadat penduduk di dunia, Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil (Dukcapil) Kementerian Dalam Negeri, jumlah penduduk Provinsi DKI Jakarta pada pertengahan tahun 2024 mencapai 11,34 juta jiwa. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk tiap tahunnya mengakibatkan bertambah ruang yang dibutuhkan untuk kawasan pemukiman. Salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada permukiman padat adalah masalah kebakaran yang dapat merugikan keselamatan jiwa dan harta benda. Di mana, kebakaran yang terjadi pada pemukiman padat memiliki potensi bahaya dengan korban jiwa dan kerugian dalam jumlah besar (Maudy Intan Astari, 2022).

Kebakaran merupakan salah satu fenomena bencana alam yang sangat berbahaya karena dapat menghancurkan kebutuhan dasar Masyarakat yaitu pangan, sandang dan papan. Sumber daya disekitar masyarakat selalu ada ancaman dari kebakaran yang dapat mengganggu ketahanan ekonomi, kesehatan dan kerusakan lingkungan. Berdasarkan data Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan (Gulkarmat) Provinsi DKI Jakarta menyebutkan terdapat 637 kejadian kebakaran yang mayoritas melanda perumahan di wilayah DKI Jakarta sepanjang tahun 2023.

Pada beberapa kasusnya terjadi kesulitan ketika ada kebakaran di daerah padat penduduk dikarenakan perumahan di area gang sempit membuat tim pemadam kebakaran sulit dalam mengevakuasi lokasi kebakaran (Sukmo et al., 2016). Akibatnya, proses pemadaman seringkali mengalami keterlambatan yang beresiko memperluas area terdampak dan meningkatkan jumlah korban serta kerugian material.

Pentingnya pelaksanaan tanggap darurat kebakaran disebabkan karena banyaknya kasus kebakaran seperti kondisi tersebut, begitu juga dengan tuntutan pengembangan teknologi canggih yang dapat mempermudah kerja pemadam sehingga dapat meminimalisir penyebaran

api ketika terjadi kebakaran. Salah satunya adalah teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) drone atau pesawat tanpa awak yang dirancang sebagai alat bantu dalam mengatasi masalah pemadaman kebakaran pada permukiman padat yang sulit diakses oleh tim pemadam kebakaran.

Drone merupakan jenis pesawat tanpa awak berteknologi canggih yang sedang berkembang signifikan di industri penerbangan (Alfaridzi & Kurniawan, 2022), dalam beberapa tahun terakhir drone telah banyak digunakan pada beberapa sektor, diantaranya adalah industri, pertanian, militer hingga kebutuhan rekreasi sehari-hari, sehingga menjadikan nilai pasar yang tinggi khususnya di negara Indonesia. Menurut Asosiasi Sistem dan Teknologi Tanpa Awak (ASTTA, 2023) potensi pasar drone di Indonesia akan mencapai 93 juta dolar AS pada 2028, dari total 48,6 miliar dolar AS potensi pasar *drone* dunia. Peningkatan potensi pasar drone ini didorong oleh berbagai inovasi teknologi, diantaranya pengembangan sistem navigasi, sensor, dan desain aerodinamis yang lebih efisien sehingga lebih terasa manfaatnya, memenuhi kebutuhan pasar dan memudahkan aktivitas kerja manusia sehari-hari.

Secara prinsip, drone atau pesawat tanpa awak merupakan pesawat udara yang dikendalikan jarak jauh oleh pilot atau sistem secara otomatis dengan menerapkan hukum aerodinamika (Alfaridzi & Kurniawan, 2022). *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terdiri dari 2 jenis, yaitu tipe *Fixed-wing* dan *Multi rotary-wing*. UAV jenis *Fixed-wing* adalah tipe pesawat tanpa awak bersayap yang terdapat *aileron* pada kedua sisi pesawat. berfungsi untuk mengontrol gerak *rolling* (miring) pesawat supaya dapat bermanuver dengan baik. Sedangkan, pada UAV jenis *Multi rotary-wing* tidak memiliki sayap seperti pesawat pada umumnya, tetapi UAV jenis ini terbang menggunakan baling-baling atau *propeller* yang terdapat pada setiap lengannya yang berfungsi sebagai pendorong (*Thrust Force*) (Ilhami, 2015).

Propeller merupakan baling-baling yang diputar oleh motor listrik sehingga dapat menghasilkan *thrust* atau gaya dorong pada saat pesawat tanpa awak itu melakukan penerbangan (Alfaridzi & Kurniawan, 2022). Ketika motor menggerakkan *propeller*, udara terhisap dari atas dan didorong

ke bawah, sehingga, menciptakan daya angkat yang mengangkat drone dari tanah atau tempat landing menuju ketinggian tertentu.

Namun, Salah satu tantangan utama dalam pengembangan drone, khususnya untuk misi pemadam kebakaran, adalah kemampuan menghasilkan daya angkat (*lift force*) yang optimal (Khabib Alwi, Latuhorte Wattimury, 2024). Drone pemadam harus mampu membawa beban tambahan seperti nozzle, selang mini, hingga air, namun banyak penelitian dan laporan penggunaan di lapangan menunjukkan bahwa kapasitas angkut dan *thrust* masih menjadi kendala utama. Pada beberapa kasus, drone pemadam memang sudah digunakan, tetapi efektivitasnya terbatas karena daya tampung air kecil dan kemampuan angkat yang belum mencukupi. Sehingga untuk mencapai daya angkat (*Lift Force*) yang optimal, desain *propeller* menjadi salah satu faktor yang sangat krusial bagi drone. *Propeller* harus dirancang dengan perhitungan yang matang sehingga bisa menghasilkan angka gaya angkat (*Lift Force*) yang optimal untuk beban tersebut.

Perancangan *propeller* pada drone harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya gaya angkat, seperti diameter, jumlah bilah, sudut *twist*, serta kecepatan putar motor. Secara teori, rumus *propeller* klasik menunjukkan bahwa *thrust* dipengaruhi oleh diameter, RPM, dan koefisien *thrust* (C_t), di mana C_t sangat ditentukan oleh bentuk bilah dan sudut *twist* (Faishal et al., 2025). Pada drone pengaturan diameter dan sudut *twist* menjadi sangat penting karena drone harus tetap berukuran kecil agar bisa bermanuver di area sempit seperti gang permukiman, namun tetap mampu menghasilkan gaya angkat yang besar untuk membawa beban tambahan (Khabib Alwi, Latuhorte Wattimury, 2024). Sehingga dalam perancangan desain *propeller* dibutuhkan perhitungan yang teliti agar dapat menghasilkan angka *thrust* sesuai kebutuhan (Yonardy & Wirawan, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan berfokus pada perancangan pengaruh perubahan diameter *propeller* dan sudut *twist* pada UAV jenis *Multi rotary-wing* dengan memperhatikan ukuran *propeller* (diameter), pitch (sudut kemiringan), jumlah bilah (blades), RPM, serta

massa beban yang harus diangkat UAV. Dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan daya angkat pada drone melalui variasi perubahan diameter dan sudut *twist* propeller dalam pengaplikasiannya pada operasional pemadam kebakaran. Penelitian dilakukan menggunakan metode simulasi CFD pada *Software* ANSYS Fluent guna mengevaluasi performa desain propeller yang diusulkan. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Perubahan Diameter dan Sudut *Twist Propeller* Pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Pemadam Kebakaran Terhadap Gaya *Thrust* (Angkat)”.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah diatas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Keterbatasan akses kendaraan pemadam kebakaran di wilayah padat pemukiman, sehingga dibutuhkan solusi inovatif berupa penggunaan UAV sebagai alat bantu pemadam kebakaran.
2. Optimalisasi Gaya angkat UAV masih menjadi tantangan, terutama dalam mengangkat beban seperti: nozzle, selang pemadam api dan beban air.
3. Propeller UAV yang perlu dioptimalkan agar dapat menghasilkan gaya angkat (*thrust*) yang maksimum dengan mempertimbangkan faktor aerodinamis seperti diameter, sudut *twist*, dan RPM.

1.3. Batasan Masalah

Dari perumusan masalah yang ada diperlukan batasan masalah dalam merancang *propeller* UAV yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Simulasi hanya dilakukan pada *propeller*, dengan asumsi bahwa propeller tersebut digunakan pada UAV konfigurasi X Frame *Multi-Rotary Wing*.
2. Parameter yang diteliti meliputi diameter *propeller*, jumlah bilah, sudut *twist*, dan kecepatan putar (RPM) yang berpengaruh terhadap daya angkat UAV.

3. Material yang digunakan untuk membuat *propeller* UAV adalah karbon komposit karena dapat menghasilkan *thrust* yang lebih besar dibandingkan material plastic.
4. Kondisi aliran udara yang digunakan saat pengujian adalah stabil, dengan asumsi bahwa aliran udara di sekitar *propeller* bersifat stasioner dan tidak mengalami fluktuasi akibat faktor eksternal.
5. Penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap simulasi menggunakan Software ANSYS Fluent untuk menganalisis performa aerodinamik *propeller* tanpa melakukan eksperimen fisik atau uji coba lapangan. Seluruh nilai yang diperoleh merupakan data dari perhitungan perangkat lunak.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang telah dipaparkan, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh perubahan diameter pada desain *propeller* UAV terhadap *thrust* yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh variasi besar sudut *twist* *propeller* UAV terhadap *thrust* yang dihasilkan?
3. Bagaimana rancangan *propeller* UAV yang paling optimal menghasilkan gaya *thrust* guna mendukung aplikasi drone pemadam kebakaran di daerah padat pemukiman??

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh perubahan diameter *propeller* terhadap gaya angkat (*thrust*) yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh sudut *twist propeller* terhadap terhadap gaya angkat (*thrust*) yang dihasilkan.
3. Merancang desain drone dari variasi *propeller* yang optimal untuk mengangkat beban dalam aplikasinya pada kebutuhan pemadam kebakaran.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharap dapat memberikan manfaat antara lain sebagai berikut:

1. Menambah referensi penelitian dalam bidang perancangan *propeller* pada UAV jenis *Multi rotary-wing*, khususnya dalam optimasi aerodinamik gaya angkat.
2. Menjadi bahasan studi lanjutan terkait penggunaan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam analisis desain *propeller* drone.
3. Memberikan data dan analisis yang dapat digunakan dalam pengembangan drone pemadam kebakaran, khususnya perancangan *propeller* yang optimal.
4. Menyediakan solusi teknologi yang dapat meningkatkan efektivitas penanganan kebakaran di kawasan permukiman padat.
5. Memberikan dasar penelitian yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk eksperimen fisik dan uji coba lapangan guna memvalidasi hasil simulasi yang diperoleh.