



Analisis Perbandingan *Propeller Quadcopter* dengan Aplikasi *Ansys* dan Uji *Thrust* dalam meningkatkan Efisiensi Penggunaan Baterai

Comparative Analysis of Quadcopter Propeller with Ansys Application and Thrust Test in improving Battery Usage Efficiency

Stefanus Andri Fabian¹, Sya'ban Tri H², Purnomo Herlambang³

^{1,2} Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: stefanusaau2025@gmail.com, syabantri@gmail.com, purnomoharlambang@gmail.com

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam dan perbandingan mengenai efisiensi baterai dari berbagai jenis *propeller quadcopter* dengan memanfaatkan aplikasi *Ansys* serta melakukan uji *thrust*. Dalam konteks penggunaan *drone* untuk berbagai keperluan, baik militer maupun sipil di Indonesia, penelitian ini sangat relevan karena dapat memberikan wawasan yang berharga tentang bagaimana teknologi *drone* dapat digunakan secara lebih efisien untuk menghadapi berbagai tantangan yang ada di berbagai bidang, termasuk pertahanan, keamanan, serta mitigasi bencana alam. Metodologi penelitian ini mencakup beberapa langkah penting, yaitu studi literatur yang mendalam untuk memahami dasar-dasar teori dan praktik yang ada, pengujian *thrust* dari *propeller* yang telah dipilih untuk mengevaluasi kinerja aktual, serta perancangan ulang desain *propeller* dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* untuk memperbaiki desain yang ada. Selanjutnya, analisis dilakukan dengan menggunakan *Ansys* untuk menguji dan memverifikasi efisiensi dari desain yang telah diubah. Variabel-variabel yang menjadi fokus penelitian ini meliputi *propeller* itu sendiri, potensiometer yang digunakan untuk mengukur variabel listrik, serta *thrust* yang dihasilkan oleh *propeller*. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat untuk uji *thrust*, *wattmeter* untuk mengukur daya, timbangan digital untuk memastikan akurasi berat, potensiometer, *electronic speed controller* untuk mengatur kecepatan motor, *tachometer* untuk mengukur kecepatan putaran, perangkat lunak *Solidworks* untuk perancangan desain, *Ansys* untuk analisis simulasi, baterai LiPo sebagai sumber tenaga, *propeller* yang diuji, dan motor sebagai komponen penggerak. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *propeller* dengan ukuran 7 inci memiliki efisiensi baterai yang paling tinggi jika dibandingkan dengan ukuran *propeller* lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa ukuran dan bentuk *propeller* memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja dan efisiensi penggunaan baterai pada *drone*. Berdasarkan hasil tersebut, saran untuk penelitian di masa depan adalah untuk melakukan pengujian *Ansys* dengan lebih mendetail guna mendapatkan informasi yang lebih komprehensif, serta melanjutkan penelitian mengenai desain *propeller* untuk mencapai peningkatan efisiensi yang lebih lanjut.

Kata Kunci — Drone, Propeller, Efisiensi Baterai, Ansys, Uji Thrust.

Abstract — This research aims to analyze and compare the battery efficiency of various quadcopter propellers by employing both Ansys simulation and practical thrust testing methods. The study is particularly relevant in the context of drone applications in Indonesia, where drones are increasingly used for both military and civilian purposes. By enhancing the understanding of how different propeller designs impact battery efficiency, this research addresses crucial challenges in defense, security, and disaster mitigation. The methodology includes a comprehensive literature review to establish a theoretical foundation, followed by empirical thrust testing of selected propellers to gather performance

*Stefanus Andri Fabian

E-mail: stefanusaau2025@gmail.com

data. The research then involves redesigning the propeller models using Solidworks, a leading computer-aided design software, to optimize their shape and size. These redesigned propellers are subsequently analyzed using Ansys to evaluate their efficiency under various simulated conditions. The key variables in the study include the propeller type, potentiometer for electrical measurements, and the thrust generated. The tools and materials utilized in this research include thrust test equipment for measuring performance, a wattmeter for assessing power consumption, a digital scale for precise weight measurement, a potentiometer, an electronic speed controller, a tachometer, and both Solidworks and Ansys software. LiPo batteries, propellers, and motors are also integral components of the testing setup. The findings reveal that the 7-inch propeller exhibits the highest battery efficiency compared to other sizes. This indicates that both the size and shape of the propeller significantly affect drone battery performance. Future research is recommended to include more detailed Ansys simulations and continued investigation into propeller design improvements to further enhance drone efficiency and performance.

Keywords — *Drone, Propeller, Battery Efficiency, Ansys, Thrust Testing.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia, merupakan salah satu negara dengan luas wilayah yang sangat besar terbentang dari Sabang hingga Merauke. Wilayah Indonesia sendiri juga sebagian besar terdiri dari lautan sehingga dibutuhkan peralatan yang dapat menunjang keamanan yang mencakup seluruh wilayah Indonesia. Salah satu teknologi yang digunakan adalah pesawat tanpa awak atau yang biasa dikenal dengan drone. Perkembangan drone di Indonesia bisa dianggap sangat pesat karena sejak tahun 2015 penggunaan drone sudah diatur dalam peraturan Kementerian Perhubungan. Pemerintah melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2021 tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara Tahun 2020-2024 (Jakumhanneg) menetapkan program prioritas untuk pengembangan teknologi dan industri yang didalamnya terdapat pengembangan pesawat udara tanpa awak [1]. Hal ini bertujuan untuk menciptakan industri pertahanan yang maju, kuat, dan berdaya saing. Pada dasarnya drone merupakan pesawat terbang tanpa awak yang memiliki banyak fungsi dan kegunaan, untuk mengawasi pergerakan musuh, mengambil video maupun gambar, dan solusi agar dapat mendeteksi ke area bencana alam.

Hingga sekarang Indonesia memiliki dua skadron udara yang berisikan alutsista pesawat tanpa awak yaitu Skadron Udara 51 yang berada di Lanud Supadio di Pontianak dan juga Skadron Udara 52 yang berada di Lanud Raden Sadjad di Natuna. Oleh karena keberadaan drone yang sekarang sudah dimiliki oleh TNI AU maka sudah seharusnya Drone juga disebut sebagai UAVs atau Unmanned Aerial Vehicles yang berarti pesawat terbang tanpa awak yang dapat secara otomatis ataupun dikendalikan dari jarak jauh yaitu Remotely Piloted Vehicles (RPVs). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan propeller quadcopter berdasarkan ukuran dan bentuknya guna mendapatkan desain propeller yang lebih efisien dalam penggunaan baterai. Masalah yang dirumuskan meliputi pengaruh ukuran dan bentuk propeller terhadap efisiensi serta faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi propeller quadcopter terkait penggunaan baterai. Batasan penelitian ini mencakup penggunaan drone multirotor jenis quadcopter dengan propeller berukuran 5, 7 inci, dan donut 5 inci, dengan jumlah bilah 2 dan bentuk yang berbeda. Uji karakteristik fisik propeller dilakukan melalui thrust testing, dengan motor berukuran 1300kV, ESC maksimal 40A, dan baterai Lipo 4s 3700 mAh.

Salah satu jenis drone yang kerap kali digunakan adalah *quadcopter*, salah satu UAV yang tersusun atas empat motor dengan masing-masing propeller di motornya. Propeller sendiri merupakan baling-baling yang berfungsi untuk memberikan daya angkat bagi drone dan sebagai penyeimbang serta pengendalian arah. Dalam penelitian ini, penulis tertarik untuk menganalisis propeller quadcopter berdasarkan ukuran dan kemudian merancang desain propeller untuk mendapatkan model yang lebih efisien dalam penggunaan baterai. Penulis berniat menganalisis serta menguji coba beberapa jenis propeller quadcopter menggunakan aplikasi Ansys dan RC Benchmark sehingga menemukan desain propeller yang memiliki efisiensi baterai terbaik. Dari beberapa jurnal penelitian tersebut, penulis ingin membuat penelitian dengan judul "Analisis

Perbandingan Propeller Quadcopter Diameter 5, 7, Dan Donut 5 Inci Dengan Aplikasi Ansys Dan Uji Thrust Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Baterai". Diharapkan dari penelitian ini didapatkan jenis propeller quadcopter yang memiliki efisiensi baterai terbaik diantara lainnya.

II. LANDASAN TEORI

Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone telah berkembang pesat dan fokus pada peningkatan efisiensi energi untuk kinerja optimal. *Brushless motor* adalah salah satu komponen penting dalam UAV yang mempengaruhi konsumsi energi. *Brushless motor* MR2205 membutuhkan daya paling sedikit dan memiliki rasio efisiensi terbaik dibandingkan dengan tipe lain seperti A2212 (6T) dan MT 2204 [2]. Desain propeller UAV mempengaruhi kinerja aerodinamis secara signifikan. Parameter seperti jumlah bilah, diameter, airfoil, distribusi chord, dan pitch mempengaruhi efisiensi propeller. Simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) digunakan untuk menghitung desain propeller yang optimal dengan tingkat aerodinamika tertinggi, menghasilkan data tentang kecepatan putaran dan aliran udara yang meningkatkan efisiensi desain dan pengujian propeller [2]. Dalam industri pertambangan, UAV digunakan untuk proses in-pit mapping, tetapi terbatas oleh durasi baterai yang hanya bertahan 20 hingga 30 menit. Optimalisasi penggunaan drone dapat dilakukan dengan pengaturan ketinggian terbang, kecepatan, dan overlap foto. Penelitian menunjukkan bahwa pengaturan ketinggian terbang pada 150 meter, kecepatan 11 m/s, dan overlap foto 40:60 dapat meningkatkan efisiensi manajemen baterai [4].

A. Propeller

Propeller adalah salah satu komponen utama drone yang berfungsi untuk memberikan daya angkat, menyeimbangkan, dan mengendalikan arah. Jenis propeller bervariasi berdasarkan jumlah baling-baling, biasanya antara dua hingga empat, yang memengaruhi keseimbangan drone. Dua faktor penting dalam memilih propeller adalah diameter dan pitch. Diameter mengacu pada panjang propeller dari ujung ke ujung, sementara pitch menunjukkan jarak yang ditempuh propeller dalam satu putaran. Semakin besar pitch, semakin cepat drone bergerak. Jenis propeller yang umum digunakan pada drone adalah tapered, bull nose, dan folding, yang disesuaikan dengan ukuran dan dimensi drone.

B. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh (*Remotely Piloted Vehicle*/RPV) atau dapat bergerak otomatis melalui program komputer. UAV terbagi menjadi dua jenis utama:

1. Fixed Wing: UAV dengan sayap tetap yang terbang seperti pesawat biasa. Bentuk dan ukuran bervariasi sesuai kegunaan, dan dapat ditenagai oleh baterai.
2. Multirotor: UAV yang menggunakan beberapa propeller untuk menghasilkan daya angkat. Tipe ini dikenal sebagai multicopter atau multirotor, dengan variasi berdasarkan jumlah motor dan propeller.

C. Efisiensi Propeller

Prinsip kerja propeller mirip dengan sayap, memanfaatkan airfoil yang berputar untuk menghasilkan gaya dorong aerodinamis. Perbedaan kecepatan antara ujung dan pangkal propeller menyebabkan sudut serang (AOA) lebih kecil di ujung untuk menghasilkan gaya yang seragam.

D. Baterai

Kapasitas baterai dinyatakan dalam mAh atau Ah dan digunakan untuk memperkirakan waktu terbang drone. Baterai LiPo sering digunakan pada drone kecil, dengan kapasitas dihitung dalam Wh atau Ah.

$$\text{Battery Capacity (Wh)} = \sigma_{\text{battery}} \left(\frac{Wh}{g} \right) \times M_{\text{battery}}$$

$$\text{Flight Time(h)} = \frac{E_{\text{battery(Wh)}}}{\text{Power(W)}} = \frac{\sigma_{\text{battery}} \times M_{\text{battery}}}{M_{\text{frame}} + M_{\text{battery}}} \times \text{prop}_{\text{efficiency}}$$

Untuk memilih baterai terbaik, pertimbangkan:

1. Ukuran dan Berat: Pilih baterai dengan kapasitas maksimum yang sesuai tanpa melebihi berat lepas landas drone.
2. Kapasitas: Semakin besar kapasitas baterai, semakin lama waktu terbang.
3. Tegangan: Pilih tegangan yang sesuai dengan motor drone untuk performa maksimal tanpa melebihi batas yang diizinkan.

E. Thrust Test

Thrust adalah gaya yang dihasilkan oleh putaran propeller pada drone, yang memberikan daya angkat. Semakin besar thrust, semakin berat beban yang dapat diangkat. Menurut Rahnamai (2016), thrust test penting untuk mengoptimalkan kinerja drone. Uji ini dilakukan melalui alat atau website pengukur, dan dipengaruhi oleh motor brushless, propeller, serta kinerja baterai [6].

F. Drone

Drone adalah jenis UAV yang dikendalikan otomatis melalui program komputer dan pilot jarak jauh [7]. Saat ini, drone banyak digunakan untuk kebutuhan sipil, terutama di bisnis, industri, dan logistik. Beberapa jenis drone yang berkembang di Indonesia meliputi:

1. Single Copter: Memiliki satu mesin utama dan baling-baling penyeimbang di bagian ekor, mirip helikopter.
2. Double Copter: Memiliki dua baling-baling utama tanpa penyeimbang, meniru helikopter pengangkut.
3. Three Copter: Terdapat tiga baling-baling utama, mudah diterbangkan tetapi sulit dikendalikan akibat angin.
4. Quadcopter: Memiliki empat baling-baling, lebih mudah diseimbangkan dibandingkan three copter.

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Bab ini menjelaskan proses penelitian untuk mendapatkan propeller quadcopter dengan efisiensi baterai terbaik menggunakan software Ansys. Proses dimulai dengan mencari materi dan jurnal terkait propeller quadcopter dan efisiensi baterai. Selanjutnya, dilakukan pengujian thrust pada propeller yang terpilih untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Setelah itu, desain propeller yang optimal dibuat ulang di Solidworks guna meningkatkan efisiensi. Akhirnya, hasil desain dianalisis menggunakan Ansys dan dibandingkan dengan desain awal untuk menemukan propeller yang memiliki efisiensi baterai terbaik.

A. Arsitektur Model Secara Umum

Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengolahan data, termasuk metode analisis perbandingan untuk membandingkan objek dan metode pengujian untuk mengukur data riil melalui thrust test. Setelah pengujian, data disajikan dalam tabel untuk analisis thrust, yang selanjutnya digunakan untuk mendesain propeller terbaik sesuai rumusan masalah. Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas (propeller, potensiometer), variabel terikat (thrust), dan variabel tetap (motor Emax ECO II, baterai LiPo 4s 3700 mAh, dan electronic speed controller). Alat yang digunakan meliputi Thrust Test untuk mengukur gaya dorong, wattmeter untuk mengukur arus dan daya, timbangan digital untuk menilai thrust, potensiometer untuk mengatur resistensi, electronic speed controller untuk menghubungkan baterai dan motor, tachometer untuk mencatat RPM propeller, serta aplikasi Solidworks dan Ansys untuk desain dan simulasi produk.

Bahan penelitian meliputi baterai LiPo, propeller, dan motor sebagai penggerak utama drone.

1. Tahap Persiapan
Menyiapkan alat dan bahan, termasuk:
 - a. Propeller Quadcopter: Menyiapkan propeller untuk uji thrust.
 - b. Alat Uji Thrust: Memastikan alat siap digunakan.

2. Tahap Percobaan

Langkah-langkah percobaan:

- Pasang propeller pada alat uji thrust.
- Hubungkan baterai dengan wattmeter untuk menyalakan alat, yang memberikan informasi arus (A), tegangan (V), dan daya (W) ke motor.
- Gunakan potensiometer untuk mengubah kecepatan rotasi dari 0% hingga 100%.
- Catat kecepatan putaran baling-baling menggunakan tachometer (RPM).
- Analisis data untuk menentukan propeller dengan thrust maksimum dan daya minimum, sehingga memperpanjang waktu penggunaan baterai.

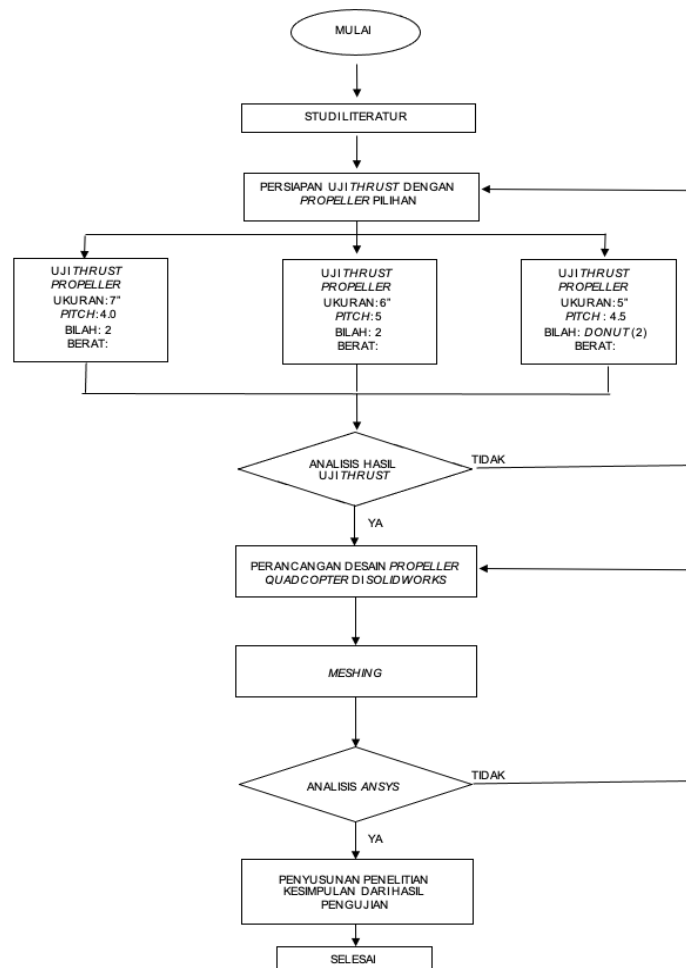
3. Tahap Analisis

Setelah menentukan propeller terbaik, langkah selanjutnya:

- Desain propeller terbaru menggunakan Solidworks.
- Lakukan meshing terhadap desain dengan Ansys.
- Uji Ansys untuk mendapatkan data yang dapat dibandingkan dengan desain sebelumnya.

B. Diagram Alir

Diagram alir adalah representasi simbolis dari urutan atau tahap-tahap metodologi penelitian. Hal ini menggambarkan prosedur pengerjaan tugas akhir, mulai dari tahap awal hingga akhir, yang akan menunjukkan hasil dari percobaan tugas akhir tersebut.



Gambar 1. Diagram alir PC dengan GPS

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas pengujian dalam dua tahap: pertama, thrust testing untuk menentukan daya (Watt) yang dibutuhkan baterai untuk menghasilkan gaya dorong (N) dari propeller, guna mengidentifikasi propeller dengan daya minimal namun dorongan maksimal. Kedua, pengujian menggunakan perangkat lunak CFD Ansys versi 19.2 untuk menganalisis thrust berdasarkan nilai RPM yang sama dengan percobaan sebelumnya.

A. Implementasi Model

Percobaan sampel dilakukan melalui dua metode: thrust testing dan Ansys.

1. Percobaan Sampel dengan Thrust Testing Tiga jenis propeller digunakan:
 - a. Propeller 2 baling-baling, diameter 7 inci, pitch 4 (sampel 1).
 - b. Propeller donut, diameter 5 inci, pitch 4 (sampel 2).
 - c. Propeller 2 baling-baling, diameter 5 inci, pitch 3.5 (sampel 3).
2. Pengolahan Data Thrust Testing
Setiap propeller diuji sebanyak enam kali dengan kecepatan rotasi yang diubah menggunakan potensiometer.
3. Durasi percobaan satu menit dengan baterai diisi ulang ke 100% setelah setiap pengujian.
Data yang dicatat meliputi:
 - a. RPM dari tachometer.
 - b. Daya konsumsi dari wattmeter.
 - c. Thrust force yang diukur dengan timbangan digital, dikonversi ke Newton.
4. Uji Coba dengan Ansys
 - a. Pre Processing: Desain propeller disiapkan untuk diuji.
 - b. Setup: Simulasi menggunakan RPM yang sama dan kondisi batas velocity inlet dan pressure outlet.
 - c. Post Processing: Thrust coefficient dihitung untuk membandingkan efisiensi propeller berdasarkan thrust yang dihasilkan dan tekanan dinamis.

Hasil dari kedua metode ini digunakan untuk menganalisis dan membandingkan performa propeller yang berbeda. Pengujian dilakukan pada 20 April 2024 di Departemen Aeronautika, Akademi Angkatan Udara, dengan tiga jenis propeller yang diuji menggunakan alat thrust testing. Prinsip kerja propeller mirip dengan sayap, menggunakan airfoil yang berputar untuk menghasilkan gaya dorong. Efisiensi propeller dihitung menggunakan rumus daya mekanik, daya, dan efisiensi propeller. Hasil uji coba propeller 7 inci, 5 inci donut, dan 5 inci menunjukkan efisiensi yang berbeda pada variasi potensiometer. Pengujian lanjutan menggunakan Ansys dilaksanakan pada 30 April 2024, dengan hasil yang serupa. Grafik dan tabel menyajikan data efisiensi propeller dari kedua metode, memberikan wawasan tentang performa masing-masing desain.

B. Pembahasan

Dari percobaan dengan thrust testing didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai RPM, maka akan semakin besar pula nilai thrust test yang diperoleh berdasarkan grafik rekapitulasi RPM terhadap thrust force. Thrust force yang paling besar dihasilkan oleh propeller berdiameter 7 inci, diikuti kemudian dengan propeller 5 inci dan propeller berbentuk donut 5 inci. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar diameter sebuah propeller, maka volume udara yang dipindahkan juga semakin besar sehingga menghasilkan thrust force yang besar juga [8]. Dengan percobaan melalui simulasi dengan aplikasi Ansys, untuk menghitung thrust force, torsi dan daya yang dihasilkan untuk masing-masing propeller, didapat kesimpulan yang sama, yaitu propeller 7 inci memiliki thrust force, torque dan power yang paling besar dibandingkan dengan propeller 5 inci dan propeller donut 5 inci.

Semakin besar *thrust force* yang dihasilkan akan mempengaruhi daya listrik yang dibutuhkan. Dari hasil percobaan dengan *thrust testing* dan *Ansys*, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. $E_{ff} \text{ propeller 7 inci (0,05)} > E_{ff} \text{ propeller 5 inci (0,04)} > E_{ff} \text{ propeller donut 5 inci (0,03)}$
2. $E_{ff} \text{ propeller 7 inci (0,00151)} > E_{ff} \text{ propeller 5 inci (0,00137)} > E_{ff} \text{ propeller donut 5 inci (0,00109)}$

Untuk *propeller 7 inci* mampu menghasilkan *thrust force* 0,05 N untuk setiap watt daya listrik yang dikonsumsi dibandingkan dengan *propeller 5 inci* dan *propeller donut 5 inci*.

V. KESIMPULAN

Propeller 7 inci memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan propeller 5 inci dan donut 5 inci. Hal ini dikarenakan ukuran yang lebih besar menghasilkan luas area thrust yang lebih besar, terbukti dari data grafik baik pada pengujian thrust testing maupun Ansys. Selain ukuran, bentuk propeller juga mempengaruhi efisiensi. Propeller 5 inci menghasilkan thrust yang lebih besar dibandingkan propeller donut 5 inci, karena bentuk donut yang kurang aerodinamis. Ukuran dan bentuk propeller memengaruhi kinerja dan efisiensi. Semakin besar diameter propeller, semakin besar kontak dengan fluida, yang meningkatkan daya dan thrust. Bentuk airfoil juga penting, karena menentukan distribusi gaya angkat dan hambatan sepanjang bilah propeller. Meskipun propeller 7 inci lebih berat, desain blade yang lebih baik dan pitch yang optimal meningkatkan efisiensi aerodinamisnya. Desain ini mengurangi turbulensi dan tekanan, sehingga menghasilkan dorongan maksimum dengan konsumsi energi yang efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Naskah penelitian ini disusun dengan bantuan dari berbagai pihak yang membantu untuk penyelesaiannya. Untuk itu, penyusun pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih dan rasa hormat setinggi-tingginya kepada :

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas rezeki dan nikmat yang diberikan hingga dapat menyelesaikan naskah tugas akhir ini.
2. Marsekal Muda TNI Dr. Ir. Purwoko Aji Prabowo, M.M., M.D.S sebagai Gubernur Akademi Angkatan Udara yang telah memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan naskah tugas akhir ini.
3. Kolonel Tek Isa Hidayat, S.T, M.T sebagai Kepala Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara yang telah membantu dengan baik secara langsung maupun tidak langsung untuk selesainya penyusunan naskah tugas akhir ini.
4. Mayor Tek Syaban selaku Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing dan meluangkan waktu, pemikiran serta tenaga sehingga dapat menyelesaikan naskah tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh rekan-rekan Taruna tingkat IV yang selalu memberikan motivasi dan semangat penyusun dalam menyelesaikan naskah tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Uddin, M. (2020). Drone 101: A Must-Have Guide For Any Drone Enthusiast.
- [2] Prasetyo, E., & Arum, W. (2021). Analisis Perbandingan Kinerja Brushless Motor Menggunakan Metode Eksperimen. Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi, 10, 71–76. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i1.987>
- [3] Anemaat, W., Schuurman, M., Liu, W., & Karwas, A. (2017, January 9). Aerodynamic Design, Analysis and Testing of Propellers for Small Unmanned Aerial Vehicles. <https://doi.org/10.2514/6.2017-0721>
- [4] Putrasakti, S. (2020). Optimalisasi Management Battery Drone Untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Terbang Dan Produktifitas Luasan In-Pit Mapping Menggunakan Pendekatan Geomatika Drone DJI Phantom 4 Rtk Dalam

- Konsesi PT Arutmin Indonesia. Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI, 1, 201–210. <https://doi.org/10.36986/ptptp.v1i1.63>
- [5] Adzima, A. F. (2021). Penggunaan Pesawat Tanpa Awak (Drone) Dalam Melakukan Pemantauan Dan Identifikasi Otomatis Pada Pertanaman Jagung DI Kelompok Tani Pattarowangta, Kabupaten Takalar. https://www.academia.edu/84182278/Penggunaan_Pesawat_Tanpa_Awak_Drone_Dalam_Melakukan_Pemantauan_Dan_Identifikasi_Otomatis_Pada_Pertanaman_Jagung_DI_Kelompok_Tani_Pattarowangta_Kabupaten_Ta_kalar
- [6] Alfiannor, A., Riyanti, L. E., & Kurniawan, A. (2022). Pengukuran Thrust dan RPM Propeller Motor Brushless pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviasi*, 15(01), 11–17. <https://doi.org/10.54147/langitbiru.v15i01.513>
- [7] Saputra, H. F. (2020). TA: Pembuatan Drone Multirotor Untuk Pesawat Fixed Wing Vtol (Vertikal Take Off Landing) [Skripsi, Institut Teknologi Nasional Bandung]. <https://eprints.itenas.ac.id/1485/>
- [8] Yahya, Haydar. (2023). Optimasi Thrust Force Desain Propeller Untuk Aplikasi Mini UAV. Skripsi, Universitas Negeri Malang.
- [9] Allouch, A., Koubaa, A., Khalgui, M., & Abbes, T. (2019). Qualitative and Quantitative Risk Analysis and Safety Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Missions Over the Internet. *IEEE Access*, 7, 53392–53410. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911980>
- [10] Asim, M., Ehsan, D. N., & Rafique, K. (2020). PROBABLE CAUSAL FACTORS IN UAV ACCIDENTS BASED ON HUMAN FACTOR ANALYSIS AND CLASSIFICATION SYSTEM.
- [11] Dahal, C., Dura, H., & Poudel, L. (2021). Design and Analysis of Propeller for High Altitude Search and Rescue Unmanned Aerial Vehicle. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2021, 13. <https://doi.org/10.1155/2021/6629489>
- [12] Dewantara, Y., Setyawan, G. E., & Prasetyo, B. (2018). Perhitungan Kapasitas Baterai dan Arus Komponen pada Ar.Drone Quadcopter untuk Estimasi Waktu dan Jarak Terbang.
- [13] Ferdiansyah, Y. S. A. (2018). Sistem Pengendalian Menggunakan Self-Tuning PID Controller Untuk Menjaga Kestabilan Hover Pada Quadcopter [Sarjana, Universitas Brawijaya]. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/9497/>
- [14] Hanaty, R. (2018). “Analisa Ukuran Propeller Terhadap Unjuk Kerja Engine O.S 46 Max Pada Model Pesawat Terbang Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fixed-Wing.” <http://repository.ums.ac.id/handle/123456789/21707>
- [15] Hartono, D., & Darmawan, S. (2019). Pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Jenis Quadcopter untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus: Desa Solokan Jeruk Kabupaten Bandung). *REKA GEOMATIKA*, 2018(1). <https://doi.org/10.26760/jrg.v2018i1.2655>
- [16] Hidayat, S., & Tristiyono, B. (2021). Pengembangan Desain Storage Drone sebagai Sarana Penunjang Pemetaan Lahan Pertanian Berbasis Drone DJI Mavic 2 Pro. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i2.57402>
- [17] Lesmana, D., Permana, Y., Santoso, B., & Infantono, A. (2021). Aplikasi Drone Militer Dengan Produk Alutsista Indonesia untuk Over the Horizon Operations. Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO), 3, 1–10. <https://doi.org/10.54706/senastindo.v3.2021.149>
- [18] Mas Intan, H. R., Muhammad Luqman Bukhori, & Sabri Alimi. (2023). Rancang Bangun Alat Uji Thrust Motor Brushless Dengan Variasi Propeller. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(1), 65–75. <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.836>
- [19] Noor, F. (2020). Historiografi drone: Dari militer hingga sinema. *ProTVF*, 4, 185–205. <https://doi.org/10.24198/ptvf.v4i2.26722>
- [20] Parsa, I. M., & Bagia, I. (2018). MOTOR-MOTOR LISTRIK.
- [21] Siahaan, A. P. U. (2017). Uncertainty Estimation of Drone Propellers Acceleration and Stability. <https://doi.org/10.31227/osf.io/ghmns>
- [22] Siahaan, M., Tarigan, S., Ningsih, T., Simangunsong, S., & Hikmawan, R. (2021). Efektivitas Dan Efisiensi Pemakaian Drone Fixed Wing Pada Pemetaan Kebun Dan Sensus Pohon Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Agro Estate*, 5, 25–38. <https://doi.org/10.47199/jae.v5i1.185>
- [23] Sonita. (2005). Hubungan Antara Perhatian Orang Tua Dengan Motivasi Belajar Siswa (Studi Kasus Di MTs Nurul Huda Kalibuntu Kecamatan Losari Kabupaten Brebes) [Diploma, S.1 Pendidikan Agama Islam]. <https://repository.syekhnurjati.ac.id/7693/>
- [24] Wild, G., Murray, J., & Baxter, G. (2016). Exploring Civil Drone Accidents and Incidents to Help Prevent Potential Air Disasters. *Aerospace*, 3(3), 22. <https://doi.org/10.3390/aerospace3030022>