

ANALISIS PROPULSI STATIK DARI *ELECTRIC DUCTED FAN* DENGAN METODE EKSPERIMENTAL

Tabah Priangkoso¹, Muhammad Dzulfikar^{1*}, Joga Dharma Setiawan², Chandra Wahyu Sportyawan²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

² Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto No. 13, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275.

*Email: dzulfikar@unwahas.ac.id

Abstrak

Dalam pengujian ini, fungsi dari electric ducted fan diinvestigasi dengan metode eksperimental. Sebuah electric ducted fan dengan diameter rotor 80 mm digunakan untuk pembelajaran. Eksperimen menggunakan alat uji gaya dorong statik. Hasil uji statik menunjukkan bahwa gaya dorong maksimum didapatkan di sekitar 30 N. Selain nilai gaya dorong, parameter data lain yang didapatkan yaitu arus, tegangan, daya, kecepatan putar baling-baling, kecepatan udara, torsi, dan pulse width modulation (PWM).

Kata kunci: Gaya dorong, Pulse width modulation, Electric ducted fan

PENDAHULUAN

Roket atau wahana sistem kendali menjadi satu dari sekian topik riset teknologi pendukung daya gempur yang ada pada buku Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) tahun 2017-2045. Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau dan memiliki kontur lanskap gunung lembah membutuhkan sistem pertahanan keamanan dengan daya jelajah yang unik. Sistem kendali dan ketahanan material penyusun rangka bodi wahana menjadi krusial dalam peluncuran prototipe roket. Selain itu, kombinasi sistem pendorong atau propulsi yang efektif dan efisien harus diperhitungkan untuk menggerakkan wahana dengan berbagai parameter faktor. Diantaranya yaitu total massa yang ditanggung wahana, koordinat sasaran, bentuk dan dimensi wahana, serta kondisi hambatan angin yang berubah-ubah. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami karakter dinamik penerbangan wahana dengan rangkaian proses rancang bangun struktur dan sistem pendukungnya. Tahapan desain diawali dengan penentuan parameter atau pemodelan wahana dengan standar batasan riset dasar skala laboratorium. Dilakukan rancang bangun wahana dengan urutan langkah perancangan aerodinamika bodi dan struktur ringan rangka. Susunan rangka, bodi, dan massa rangkaian elektronika mengikuti besar gaya dorong yang dihasilkan oleh *electric ducted fan*.

Ducted fan tersusun oleh baling-baling atau propeler yang diselubungi oleh selubung silindris di sekelilingnya. Sistem propulsi ini dirangkai menjadi satu dengan motor listrik sebagai komponen penggerak atau pemutar rotor. Dibandingkan dengan sistem propeler biasa tanpa selubung, baling-baling berselubung memberikan gaya angkat aerodinamik yang lebih besar.

Beberapa tinjauan pustaka dari sistem propulsi elektrik untuk wahana terbang tak berawak ditemukan pada literatur berikut, contohnya, (Kósa et al., 2022), tentang pengukuran eksperimental untuk mengetahui gaya dorong dari propeler pesawat tanpa awak. (Han et al., 2014), melakukan investigasi aerodinamik secara eksperimental untuk mempelajari gaya angkat dari berbagai variasi propeler aplikasi gerak vertikal. Penelitian terkait karakteristik aerodinamik *Ducted Fan* dengan metode sumber Momentum (*Momentum Source Method*) juga telah dilakukan oleh (Cai et al., 2019). Literatur tersebut memberi dampak signifikan dalam memahami karakteristik aerodinamik propeler pada pesawat tanpa awak. Namun, masih ada kekosongan dalam memahami sistem propulsi berbasis *electric ducted fan* dengan metode eksperimen dan pendekatan numerik.

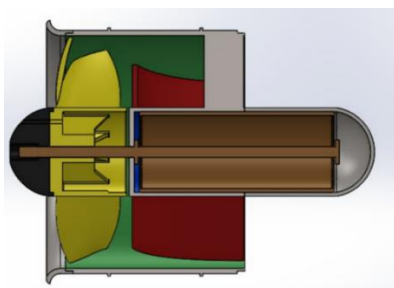
Tujuan dari artikel ini adalah menggunakan metode eksperimental untuk menemukan karakteristik gaya dorong terukur

dengan model roket. Kontribusi lain dari artikel ini adalah untuk menunjukkan dan memberikan pandangan baru dalam pengembangan alat ukur gaya dorong *electric ducted fan*.

Artikel ilmiah ini, sebuah sistem pengujian gaya dinamik (dinamometer) untuk *electric ducted fan* dengan perangkat sensor dan alat ukur parameter dinamis dihasilkan dan hasil pengukuran karakter *electric ducted fan* dianalisis. Artikel disusun dengan urutan judul topik bahasan: 1. Pendahuluan dan latar belakang penelitian, 2. Metodologi pengambilan data, 3. Hasil dan Pembahasan karakter gaya dorong, 4. Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih.

METODE PENELITIAN

Fokus utama dalam penelitian ini yaitu merancang bangun alat pengujian gaya dorong statis untuk *electric ducted fan* yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter penting mulai dari gaya dorong, kecepatan propeler, kecepatan angin, dan parameter motor listrik sebagai pemutar propeler. Berbagai data tersebut berguna untuk memahami karakter propulsi *electric ducted fan* yang akan digunakan untuk sistem penggerak roket kendali.



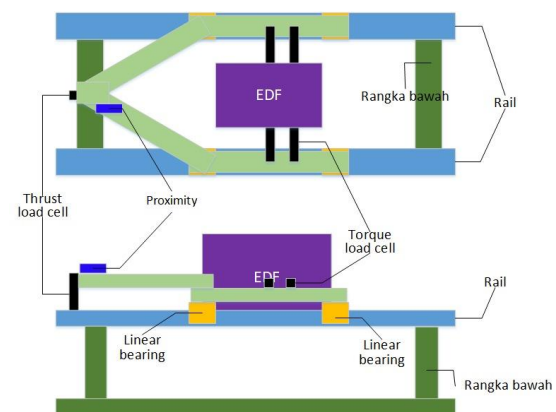
Gambar 1. Model EDF dan potongan melintangnya

Objek penelitian yang digunakan *electric ducted fan* dengan merk FMS diameter selubung 80 mm, jumlah baling-baling 12, dan spesifikasi motor listrik jenis *in runner* seri 3280 2100kv.

Bentuk EDF dan potongan melintangnya ditunjukkan pada Gambar 1.

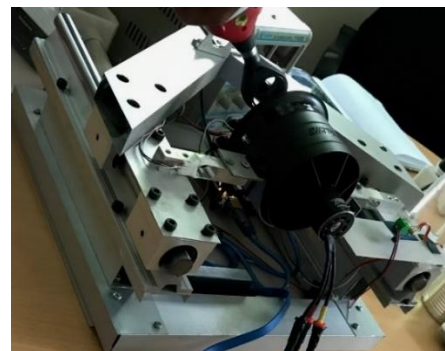
Dalam menjalankan proses eksperimen, EDF dilengkapi dengan pengatur kecepatan elektronik (*electronic speed controller*) dengan arus 100 A dan baterai 6 cell dengan daya 5000 mAh.

Untuk tujuan penelitian mengukur data propulsi, dilakukan proses rancang bangun alat uji gaya dorong statis untuk EDF yang dilengkapi berbagai sensor ukur. Alat ini dibuat dengan rangka aluminium dan landasan bantalan linear (*thrust bearing*).



Gambar 2. Rancangan alat uji EDF

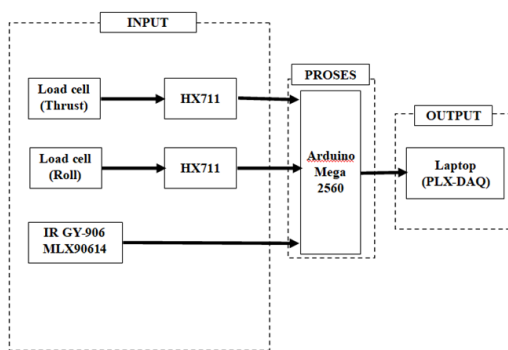
Hasil dari rekayasa teknologi EDF dynamometer diperlihatkan pada Gambar 2. Sistem ini dilengkapi dengan *cellmeter* untuk pengatur PWM atau bukaan arus baterai, wattmeter untuk membaca data arus pakai dan daya motor, Arduino, sensor loadcell untuk mengukur tegangan dorong dan torsi putar, anemometer, sensor suhu dan termometer infra merah. Skema diagram pengukuran dan data akuisisi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Experimental setup test bench

Sensor *load cell* bekerja seperti batang kantilever yang menahan gerak EDF saat berputar dan menghisap angin. Pengukuran gaya dorong statis didapatkan dengan menghitung jumlah massa yang terbaca pada layar komputer oleh Arduino dikalikan dengan gaya gravitasi. Sedangkan, karakter motor listrik dibaca oleh wattmeter. Di luar sistem ada alat ukur kecepatan angin dan suhu motor.

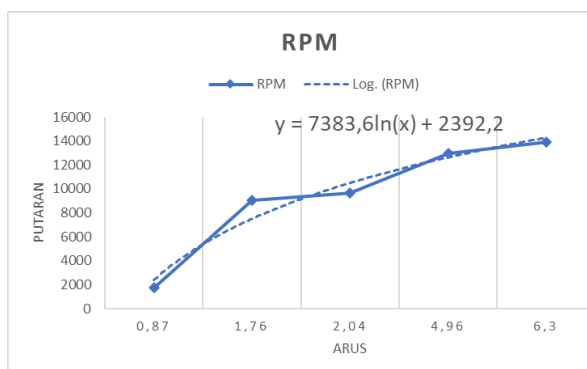
Kalibrasi dilakukan untuk memastikan kesahihan sensor dan kesesuaian hasil terhadap standarnya. Proses kalibrasi dilakukan dengan menimbang benda standar sebagai pembanding dan reset ulang kontrol Arduino setiap pengujian ulang.



Gambar 4. Skema akuisisi data

HASIL DAN PEMBAHASAN

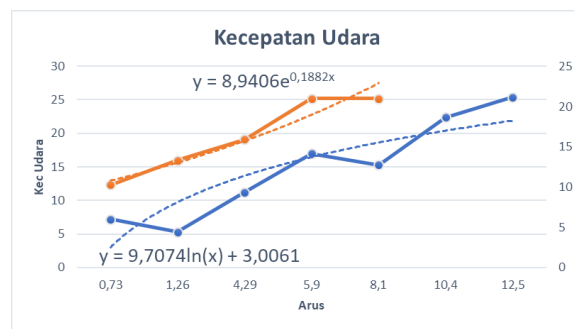
Setelah proses kalibrasi dijalankan, tahap akuisisi data mulai dikerjakan sesuai prosedur. Nilai gaya dorong dan torsi puntir dari baling-baling EDF terbaca dilayar komputer dengan sistem Arduino. Data penggunaan energi baterai dan kendali arus bukaan didapat dari wattmeter dan *cell meter*. Data suhu dan kecepatan angin diambil dari alat ukur di luar sistem.



Gambar 5. Kurva rpm dan arus

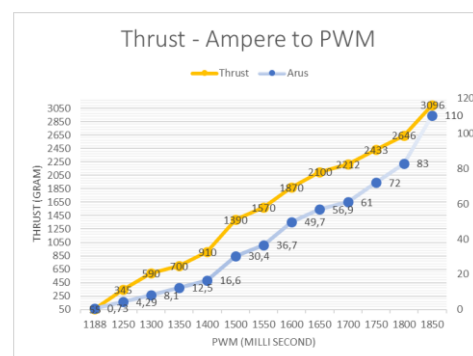
Estimasi perhitungan kecepatan putar rpm EDF dan *exhaust velocity* direkayasa dengan metode numerik lewat Microsoft Excel. Hal ini dilakukan mengingat adanya keterbatasan alat ukur dalam membaca data atau melebihi kemampuan ukur alat digital. Grafik dari berbagai data yang diolah dapat dilihat pada Gambar 5.

Data kecepatan putar propeler diambil dengan menggunakan tachometer, yang selanjutnya diperkuat dengan solusi pendekatan numerik. Putaran propeler mulai bergerak sejak bukaan arus 0.87 Ampere, keterbatasan alat ukur membatasi nilai pengukuran. Namun, pendekatan numerik berhasil menemukan persamaan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva kecepatan udara dan Arus

Dalam mengukur kecepatan udara, digunakan anemometer. Kecepatan udara *inlet* (masukan) terbaca pada kurva biru. Kurva tersebut menerangkan pada arus 0.73 A sudah diperoleh nilai kecepatan *inlet* 7.3 m/s dan kecepatan *outlet* sebesar 25 A pada kurva oren. Gaya dorong yang dihasilkan dengan metode pengaturan Arduino kemudian diolah dalam wujud kurva *thrust* to PWM dilengkapi dengan kurva penggunaan arus melalui ESC dan wattmeter.



Gambar 7. Kurva Arus dan Gaya dorong terhadap PWM

Pada Gambar 7, bukaan energi dimulai dari ukuran 1200 millisecond hingga 1800 millisecond dengan variasi bukaan per 25-50 millisecond, seperti tampak pada kurva oren. Sensitivitas gerak dimulai dari angka 140 gram hingga 3100 gram *Thrust* dengan persentase bukaan 85%.

KESIMPULAN

Evaluasi data pengukuran karakteristik aerodinamik untuk model EDF didapatkan dari eksperimen uji statik, dimana gaya dorong maksimal untuk bukaan propulsi energi 85% adalah sebesar 3100 gram atau sekitar 30 Newton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi Kemendikbudristek dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan atas fasilitasi dan pendanaan riset serta publikasi ini dalam program Riset Keilmuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cai, H., Ma, G., & Li, Z. (2019). Aerodynamic Characteristics of a Ducted Fan System Based on Momentum Source Method Aerodynamic Characteristics of a Ducted Fan System Based on Momentum Source Method. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1300. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1300/1/012061>
- Han, J. Z., Jiang, B. Y., Zhuang, C. W., & Du, X. C. (2014). Experimental Investigation on Aerodynamic Characteristics of Propeller in a Ducted-Fan Type VTOL UAV. *Applied Mechanics and Materials*, 711, 12–15. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.711.12>
- Kósa, P., Kišev, M., Vacho, L., Tóth, L., Olejár, M., Harničárová, M., Valíček, J., & Tozan, H. (2022). Experimental Measurement of a UAV Propeller's Thrust. *Tehnicki Vjesnik*, 29(1), 73–80. <https://doi.org/10.17559/TV-20201212185220>