

Analisis prestasi terbang wahana Quadcopter SA-1

Kaspul Anuar^a, Nazarudin Nazarudin^a, Mia Nur kholizah^a, Dedi Rosa Putra Cupu^a, Warman Fatra^a,
Febli Huda^a, Herisiswanto^a, Syafri Syafri^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru

^akaspul.anuar@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

This research aims to determine the propulsion system's performance and flight performance of a quadcopter vehicle in terms of horizontal flight speed, takeoff speed, and payload capacity. This research begins with the testing of static thrust values. Static thrust values are measured to determine the performance of the thrust generated by the propulsion system, ranging from throttle 10% to 100%. Additionally, static thrust testing is also useful for determining the electrical power consumption of the propulsion system at each throttle opening variation. The results of the static thrust test are then used to calculate the flight performance of the quadcopter vehicle. From the static thrust test results at 100% throttle, a maximum thrust of 128.68 N was obtained, with a power consumption of 2800.84 watts. According to theoretical calculations, at a throttle opening of 45%, the takeoff speed is determined to be 4.36 m/s, the horizontal speed is 18.83 m/s, and the payload capacity is 1200 grams. Furthermore, from flight testing at a throttle opening of 45%, the takeoff speed was measured to be 4.21 m/s, the horizontal speed was 18.62 m/s, and the payload capacity was 1200 grams. This indicates that the theoretical calculations closely approximate the actual testing results.

Keywords: Quadcopter, flight performance, static thrust

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Quadcopter adalah salah satu jenis pesawat tanpa awak yang memiliki empat buah motor untuk terbang dan bermanuver. Masing-masing baling-baling dan motor penggerak *quadcopter* menghasilkan daya angkat dan memiliki jarak yang sama terhadap pusat massa pesawat. *Quadcopter* adalah jenis *multicopter* yang banyak digunakan untuk misi pemetaan atau pengawasan suatu area.

Wahana *quadcopter* telah banyak dikembangkan oleh peneliti. Pada tahun 2021, Darmawan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau merancang *quadcopter* yang digunakan untuk pemetaan. Wahana ini didesain memiliki nilai *flight time* lebih dari 20 menit, massa maksimum (MTOW) sebesar 5 kg dan *payload* yang dapat dibawa sekitar 1,5 kg. Penelitian ini menghasilkan desain dan rangka *quadcopter* dengan material *fiber carbon*.

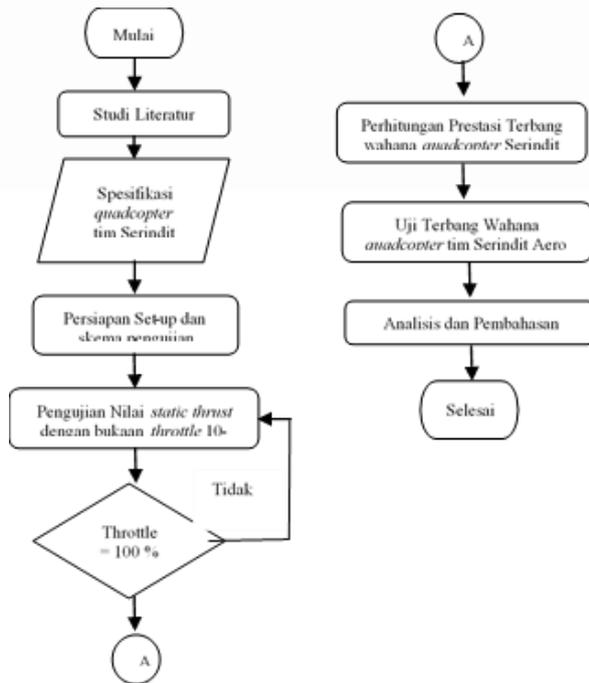
Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Razak dan Simbolon mahasiswa Diploma Tiga Universitas Riau Jurusan Teknik Mesin. Penelitian ini menghasilkan dudukan motor, *arm clamp*, dan *cover*. Pada penelitian ini juga dilakukan instalasi sistem tenaga pendorong dan uji terbang dasar guna mengetahui apakah

wahana *quadcopter* dapat terbang dengan stabil atau tidak. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, wahana *quadcopter* berhasil terbang dengan stabil pada ketinggian sampai dengan 30 meter di atas permukaan tanah. Pada pengujian ini, tidak diperoleh data prestasi terbang wahana *quadcopter* terkait kecepatan horizontal, kecepatan takeoff dan kapasitas *payload* yang dapat diangkut wahana. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dan perhitungan prestasi terbang wahana *quadcopter*.

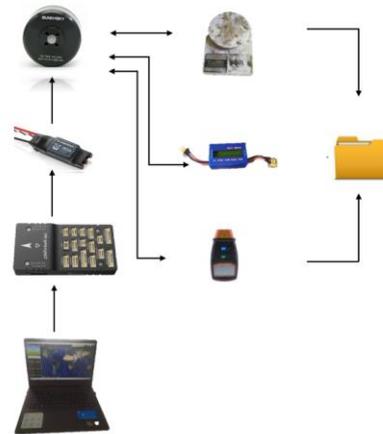
Penelitian ini diawali dengan pengukuran kinerja gaya dorong statis pada motor penggerak. Data kinerja gaya dorong digunakan untuk menghitung estimasi kecepatan horizontal, kecepatan *takeoff*, dan *payload* yang dapat dibawa oleh wahana. Terakhir dilakukan uji terbang untuk mendapatkan data aktual prestasi terbang wahana. Data perhitungan prestasi terbang selanjutnya dibandingkan dengan data prestasi terbang aktual.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini terdiri dari beberapa tahapan. Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Skema pengujian static thrust

Pengujian static thrust dilakukan dengan variasi bukaan throttle mulai dari 10% hingga 100%. Nilai thrust yang dihasilkan oleh brushless motor diukur menggunakan timbangan digital. Nilai kecepatan sudut dari propeller diukur menggunakan tachometer. Nilai kuat arus dan voltase yang bekerja pada motor diukur menggunakan digital watt meter. Gambar 3 menampilkan setup pengujian static thrust.

Spesifikasi Wahana dan Sistem Propulsi Quadcopter Tim Serindit Aero Teknik Mesin Universitas Riau

Wahana quadcopter SA-1 dirancang oleh Darmawan pada tahun 2021. Wahana ini dirancang untuk misi pemetaan udara. Tabel 1 menampilkan data spesifikasi dan sistem propulsi dari quadcopter SA-1

Tabel 1 Spesifikasi Wahana quadcopter SA-1

Spesifikasi	Karakteristik
Propulsi	Sunnysky X4110S 340 KV dengan propeller 17 inchi
Whellbase	793 mm
ESC	Hobbywing 40 A
Baterai	Li-Po 6s 5200 mAh
Autopilot	Pixhawk Px4
Material	Fiber carbon
MTOW	5000 gram

Pengujian Nilai Static Thrust

Pengujian static thrust dilakukan untuk mengukur gaya dorong, konsumsi daya listrik dan kecepatan sudut dari sistem propulsi wahana quadcopter SA-1. Data ini kemudian digunakan dalam perhitungan teoritis prestasi terbang wahana. Gambar 2 menampilkan skema pengujian nilai static thrust dengan metode bench test.



Gambar 3. Setup pengujian static thrust.

Perhitungan Prestasi Terbang Quadcopter

Perhitungan Kecepatan Takeoff dan Kecepatan Horizontal

Perhitungan nilai kecepatan takeoff dan kecepatan horizontal dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$V = \sqrt{\frac{2(F_{t_{max}} - W \sin \theta)}{C_D \cdot \rho \cdot S}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2((F_L \times 4) \cos \theta)}{C_D \cdot \rho \cdot S}}$$

Nilai gaya thrust ($F_{t_{max}}$) didapatkan dari data pengujian static thrust. Nilai koefisien gaya hambat udara (C_D), nilai massa jenis udara ($1,225 \text{ kg/m}^3$) serta luas permukaan wahana

(0,156 m²) didapatkan dari penelitian sebelumnya.

Perhitungan Payload yang Dapat Dibawa Oleh Wahana

Payload yang dapat dibawa oleh wahana terbang *quadcopter* serindit aero dapat dihitung dari Persamaan 3:

$$m_p = mtow - m_e$$

M_p merupakan massa *payload*, mtow merupakan massa total wahana dan m_e merupakan massa kosong wahana tanpa *payload*. Perhitungan nilai m_e dilakukan dengan menimbang massa masing-masing komponen dari *quadcopter* yang digunakan seperti ditampilkan pada Tabel 2

Tabel 2. Komponen pada wahana *quadcopter*

No	Nama	Massa
1	Berat Airframe kosong	885 gram
2	Motor	988 (@247) gram
3	Esc + Power Module	168 gram
4	Cover <i>quadcopter</i>	193 gram
5	Pixhawk + GPS	81 gram
6	Berat baterai	758 gram
7	Berat <i>propeller</i>	114 gram
8	Berat kaki penyangga	612 (@306) gram
Massa Total		3800 Gram

Uji Prestasi Terbang

Uji terbang diawali dengan menyiapkan wahana yang akan diuji dalam kondisi layak dan siap terbang. Selanjutnya kecepatan angin di lapangan diukur menggunakan anemometer. Dalam pengujian ini, kecepatan angin harus dibawah 1 m/s. Selanjutnya misi terbang berbentuk lintasan peregi panjang dibuat pada *software mission planner*. Melalui *software mission planner*, ketinggian jelajah wahana diatur sebesar 35 m. Gambar 4 menampilkan misi terbang wahana pada uji prestasi terbang.



Gambar 4. Misi Terbang Wahana *quadcopter*

Uji terbang wahana *quadcopter* dilakukan dengan bukaan *throttle* sebesar 45-50%.

Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali. Wahana diterbangkan secara *autonomous* dari ketinggian 0 sampai 35 m dari lokasi wahana di *take-off* kan. Pada ketinggian 35 m, wahana akan diubah modenyanya dari terbang secara vertikal menjadi horizontal. Ketika ketinggian maksimum yang telah ditetapkan sudah tercapai, wahana akan masuk ke fase jelajah (*cruise*) untuk mengikuti misi terbang yang telah di buat sebelumnya. Kemudian setelah fase jelajah selesai, wahana akan melanjutkan ke fase *landing*. Gambar 5 menampilkan proses *take-off* wahana *quadcopter* secara *autonomous*.

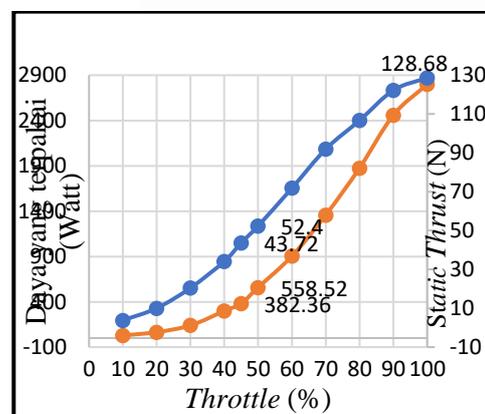


Gambar 5. Take-off secara *autonomous*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Static Thrust

Data hasil uji statik *thrust* merupakan acuan untuk mengetahui kinerja dari sistem propulsi wahana *quadcopter* SA-1. Sistem propulsi pada wahana *quadcopter* memiliki konfigurasi X menggunakan 4 buah motor penggerak. Hasil pengujian nilai *static thrust* dari empat buah motor penggerak wahana *quadcopter* serindit Aero pada throttle 10-100 % ditampilkan pada Gambar 6



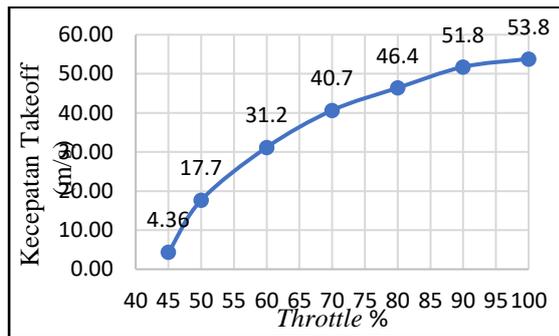
Gambar 6. Hasil uji static *thrust*

Pengujian *static thrust* dilakukan dari bukaan *throttle* 10-100%. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai *thrust* tertinggi pada

satu motor adalah 32,17 N dan pada empat buah motor adalah 128,68 N. Semakin tinggi nilai *static thrust* maka daya yang digunakan juga semakin besar. Data hasil uji *static thrust* ini dijadikan dasar dalam memilih bukaan *throttle* optimal pada pengujian terbang dari sistem propulsi *quadcopter*. Agar wahana dapat *take-off* dengan baik, minimal gaya dorong yang diperlukan adalah sebesar berat total wahana *quadcopter* yaitu 4,4 Kg (43,16 Newton). Dengan konfigurasi empat motor penggerak, pada bukaan *throttle* direntang 45-50 %, nilai *thrust* yang dihasilkan sudah memenuhi syarat agar wahana dapat melakukan *take-off*. Pada bukaan *throttle* ini, konsumsi daya listrik paling efisien jika dibandingkan dengan persen *throttle* di atas rentang tersebut.

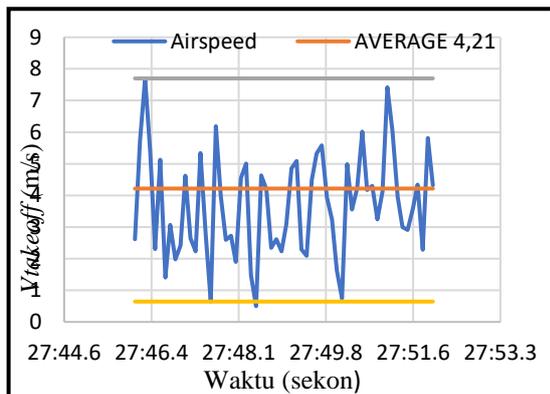
Kecepatan takeoff

Hasil perhitungan teoritis dari kecepatan *takeoff* ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil perhitungan kecepatan *takeoff*

Dari Gambar 7 terlihat, pada saat *quadcopter take-off* dengan bukaan *throttle* 45%, kecepatan *takeoff* wahana adalah 4,36 m/s. Wahana memerlukan waktu minimal 8,02 detik untuk *take off* sampai pada ketinggian 35 meter. Selanjutnya, hasil pengujian kecepatan *takeoff* aktual pada bukaan *throttle* 45% ditampilkan pada Gambar 8.

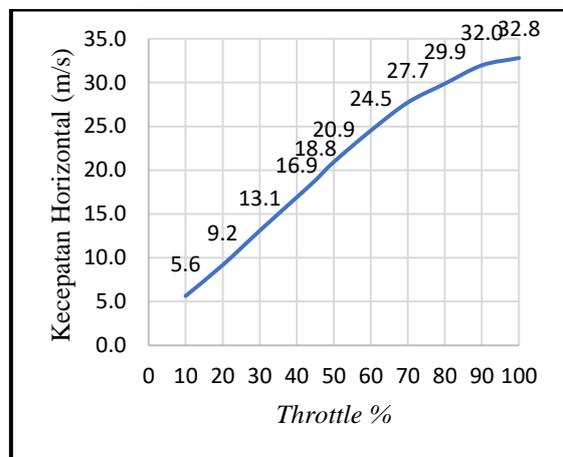


Gambar 8. Hasil pengujian kecepatan *takeoff*

Dari pengujian, didapat kecepatan wahana saat *takeoff* rata-rata sebesar 4,21 m/s. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis, kecepatan *takeoff* hasil perhitungan mendekati dengan hasil pengujian dengan selisih nilai sebesar 0,15 m/s.

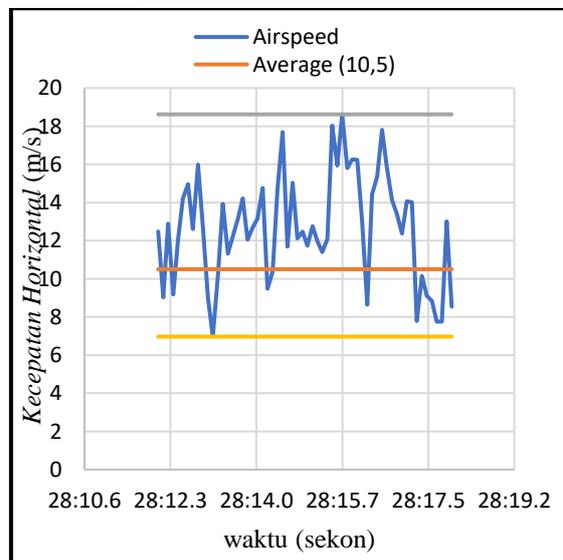
Kecepatan Horizontal

Saat wahana bergerak pada arah horizontal, wahana akan miring pada sudut *pitch* sebesar 15°. Sudut *pitch* ini mewakili sudut serang wahana saat bergerak dengan kecepatan jelajah pada kondisi *throttle* sebesar 45-50%. Gambar 9 menampilkan grafik hasil perhitungan teoritis nilai kecepatan horizontal vs bukaan *throttle*



Gambar 9. Kecepatan horizontal vs throttle

Selanjutnya untuk hasil pengujian aktual kecepatan horizontal, proses pengujian dilakukan pada ketinggian 35 m bergerak secara horizontal mengikuti misi terbang wahana. Pengujian ini sepenuhnya dilakukan pada mode autonomous dengan bukaan *throttle* sebesar 45%. Hasil pengujian kecepatan horizontal ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengujian kecepatan horizontal

Dari Gambar 10 terlihat hasil pengujian quadcopter pada bukaan throttle 45%, kecepatan horizontal maksimum diperoleh sebesar 18,62 m/s. Hasil pengujian ini jika dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis (18,83 m/s) terdapat selisih sebesar 0,21 m/s. selisih ini terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor. Seperti kondisi angin yang tidak bisa dipastikan konsisten selama pengujian. Faktor angin ini sangat mempengaruhi bacaan sensor pitot yang terdapat pada wahana.

Kapasitas payload

Dari hasil perhitungan berdasarkan Tabel 2, kapasitas *payload* yang bisa diangkut quadcopter sebesar 1200 gram. Selanjutnya untuk kapasitas *payload* aktual, proses pengujian dilakukan dengan menguji wahana membawa *payload* mulai dari 400 gram – 1300 gram. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kapasitas *payload*

Massa	Payload	Keterangan
3800 gram	0 gram	Dapat dibawa
4200 gram	400 gram	Dapat Dibawa
4400 gram	600 gram	Dapat dibawa
4600 gram	800 gram	Dapat dibawa
4800 gram	1000 gram	Dapat Dibawa
5000 gram	1200 gram	Dapat Dibawa
5100 gram	1300 gram	Tidak Dapat dibawa

Dari Tabel 3 terlihat bahwa, hasil pengujian aktual terhadap kapasitas *payload* yang bisa diangkut quadcopter sesuai dengan hasil perhitungan, yaitu sebesar 1200 gram. Hal ini menunjukkan wahana quadcopter dapat dipasang kamera foto udara dan bebera perangkat sensor lainnya.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Dari hasil pengujian *static thrust*, didapatkan nilai *thrust* maksimum dari sistem propulsi didapat sebesar 128,68 N dengan daya yang terpakai sebesar 2800,84 Watt.
- 2) Dari perhitungan teoritis, pada bukaan throttle 45% nilai kecepatan *takeoff* diperoleh sebesar 4,36 m/s, kecepatan horizontal

sebesar 18,83 m/s, dan kapasitas *payload* sebesar 1200 gram.

- 3) Dari uji terbang, pada bukaan throttle 45% nilai kecepatan *takeoff* diperoleh sebesar 4,21 m/s, kecepatan horizontal sebesar 18,62 m/s, dan kapasitas *payload* sebesar 1200 gram. Hal ini menunjukkan hasil perhitungan teoritis mendekati dengan hasil pengujian aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, H. A. (2021). *Performance Analysis Of Propulsion System On Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Serindit V-2*. 171
- Choudhury, A., Biswas, A., Prateek, M., Chakrabarti, A., & Parmar, R. P. (2021). *Decryption and Design of a Multicopter Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Heavy Lift Agricultural Operations*.
- C. W. Chan & T. Y. Kam. (2015). *A procedure for power consumption estimation of multi-rotor unmanned aerial vehicle. journal of Physics: Conference Series*, p1-13, January 2015.
- Darmawan, V. (2020). *Rancang Bangun Struktur Rangka Multicopter Tipe Empat Baling-Baling (Quadcopter) Untuk Kebutuhan Pemetaan Udara*. Universitas Riau.
- Dindiş, G., Karamancioglu, A., Dindiş, G., Keskin, B., & Karamancioglu, A. (2018). *A Test Bench for Electrical Motor and Propeller Components of a Lightweight Quadcopter*. <https://www.researchgate.net/publication/324829018>
- Firsta Harista, A., & Nuryadi, S. (2018). *Sistem Navigasi Quadcopter dan Pemantauan Udara*.
- Hidayat, R., Komarudin, M., & Raharjo, Y. (2014). *Rancang Bangun Sistem Penstabil Kamera Untuk Foto Udara Berbasis Wahana Udara Quadcopter* (Vol. 8, Issue 2).
- Latif, M., & Budiarto, H. (2014). *Perancangan Sistem Autonomous Quadcopter. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, Jakarta*.
- Ononiwu, G. et al. 2016. *Design and Implementation of a Real Time Wireless Quadcopter for Rescue Operations. American Journal of Engineering Research (AJER)* e-ISSN: 2320-0847 p-

ISSN : 2320-0936 Volume-5, Issue- 9, pp-130-138.

- Quan, Q. (2017). Airframe Design. In *Introduction to Multicopter Design and Control* (pp. 57–72). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3382-7_3
- Razak, A., & Simbolon, K. (2021). Pembuatan Dudukan Motor, *Arm Clover*, *Cover* dan Instalasi Sistem Tenaga Pendorong pada Wahana Terbang *Quadcopter*. Universitas Riau
- Rizky, M., Utama, W., Komarudin, M., Trisanto, A., Sumantri, J., No, B., & Lampung, B. (2013). *Sistem Kendali Holding Position Pada Quadcopter Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p* (Vol. 7, Issue 1).
- Sadraey, M. H. (2017). *Aircraft Performance*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315366913>
- Setyawan, G. E., Setiawan, E., & Kurniawan, W. (2015). Sistem Kendali Ketinggian Quadcopter Menggunakan PID. In *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)* (Vol. 2, Issue 2).
- Setyadewi, I. T. (2019). Analysis of Electrical Load Assessment Lsu (Lapan Surveillance Uav) 03. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 17(1), 57. <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2019.v17.a3108>
- Wicaksono A, Satrio. (2015). Rancang Bangun Robot Terbang Model *Quadcopter* Sebagai Sarana Pemantau Jarak Jauh Menggunakan mikrokontroler ATMEGA 168.