

# PENGOPTIMALAN PERANCANGAN PESAWAT UAV (*QUADCOPTER*) TERHADAP BERAT TOTAL YANG BERPENGARUH PADA ESTIMASI WAKTU TERBANG

<sup>1</sup>Riza Arif Pratama, <sup>2</sup>Indra Permana, <sup>3</sup>Muhammad Ikhsan, <sup>4</sup>Sahid Bayu Setiajit

<sup>1, 2, 3, 4</sup> *Teknologi Pemeliharaan Pesawat, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta*

## Abstrak

Perancangan sebuah pesawat UAV (*Quadcopter*) harus dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Parameter yang ada harus diperkirakan dengan baik supaya perancangan dalam pemilihan komponen pesawat UAV dapat dioptimalkan. Pengoptimalan dari segi perancangan sistem mampu membuat kemampuan kerja komponen dapat dimaksimalkan. Berat total pada pesawat UAV sangat berpengaruh pada tingkat kemampuan estimasi waktu saat diterbangkan. Konsumsi baterai akan semakin tinggi jika kemampuan sistem tidak seimbang dan komponen memerlukan kapasitas daya yang besar untuk beroperasi. Peningkatan Estimasi Waktu Terbang (*EWT*) sangat perlu dilakukan supaya pesawat UAV mampu mengudara dengan waktu yang lama. Penelitian yang sudah dilakukan *EWT* rata-rata di bawah 15 menit untuk mengudara. Simulasi perancangan pesawat UAV digunakan untuk menghitung *EWT*. Penghitungan *EWT* dilakukan guna mengetahui komponen mana yang bisa diturunkan konsumsi dayanya tanpa menurunkan kemampuan maksimalnya. Perancangan disimulasi dengan spesifikasi di bawah rata-rata penelitian yang terkait. Hasil dari simulasi pesawat UAV dengan berat 3kg tersebut didapatkan peningkatan estimasi sebesar 65% atau 8 menit lebih lama dibandingkan penelitian yang terkait. Spesifikasi yang diganti adalah baterai dan motor brushless.

**Kata kunci:** *Quadcopter, estimasi waktu terbang, konsumsi daya, perancangan, berat*

## Abstract

The design of a UAV (*Quadcopter*) aircraft must be carried out in a structured and systematic manner. Existing parameters must be estimated properly so that the design in the selection of UAV aircraft components can be optimized. Optimization in terms of system design is able to maximize the workability of components. The total weight of the UAV aircraft greatly affects the level of ability to estimate the time when flown. Battery consumption will be higher if the system capabilities are not balanced and the components require large power capacity to operate. Increasing the Estimated Flying Time (*EWT*) really needs to be done so that UAV aircraft are able to fly for a long time. Research that has been done by *EWT* averages under 15 minutes to air. UAV aircraft design simulation is used to calculate *EWT*. *EWT* calculations are carried out to find out which components can reduce their power consumption without reducing their maximum capacity. The design is simulated with specifications below the average of the related research. The results of the simulation of the UAV aircraft weighing 3 kg showed an increase in the estimate of 65% or 8 minutes longer than the related research. The specifications replaced are batteries and brushless motors.

**Keywords:** *UAV, Flight time estimation, power consumption, design, weight*

## Pendahuluan

Salah satu inovasi teknologi yang berkembang pada era globalisasi saat ini adalah teknologi drone yang dalam istilah militer disebut juga dengan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan jenis pesawat yang dapat terbang tanpa awak (Joni et al., 2021). Perancangan UAV harus dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu berat perkiraan yang akan diangkat. Berat total yang didapat oleh pesawat UAV akan berpengaruh dengan estimasi waktu selama terbang berdasarkan baterai yang dipakai. Baterai yang akan digunakan harus cukup untuk memenuhi estimasi waktu terbang UAV. Pada saat terbang melayang di udara, yang disebut juga dengan istilah hover, kestabilan terbang sangatlah diperlukan sehingga diperlukan suatu cara untuk mengontrol *quadcopter* (Saragih et al., 2016). Estimasi waktu terbang *quadcopter* yang dijumlahkan dengan arus motor brushless yang dikonversikan dari PWM (*Pulse Width Modulation*) (Yusril Dewantara, Gembong Edhi Setyawan, n.d.). Komponen – komponen yang dibutuhkan untuk mengangkat UAV juga akan mempengaruhi

<sup>1</sup>Email Address: [rizaarifp@lecture.utp.ac.id](mailto:rizaarifp@lecture.utp.ac.id)  
Received 2 Juni 2023, Available Online 30 Juli 2023

konsumsi daya yang diberikan oleh baterai. Kapasitas baterai harus disesuaikan dengan kebutuhan atau fungsi pesawat UAV yang akan dibuat. Perancangan pesawat UAV harus mengoptimalkan kapasitas baterai yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan waktu terbang. Konsumsi baterai harus disesuaikan dengan berat keseluruhan pesawat UAV sehingga keterbatasan waktu estimasi untuk terbang lebih lama. Pengoptimalan suplai baterai ke pesawat UAV bisa digunakan untuk meminimalisir pengantian baterai. Penggantian baterai disaat yang tidak tepat akan memberikan ketidak-efisienan dan ketidak-efektifan pesawat UAV saat melakukan sesuai dengan fungsinya. Pengoptimalan dalam perancangan awal untuk pemilihan baterai yang cukup untuk menaikan sekitar 50% estimasi waktu tanpa adanya kendala sistem.

Berbagai penelitian drone sudah banyak dilakukan untuk berbagai fungsi dan ukuran dengan estimasi waktu yang berbeda-beda. Penelitian pertama yang dilakukan dengan menggunakan kapasitas baterai yang digunakan 5500 mAh 6S dengan berat beban keseluruhan sebesar 3,375kg dengan estimasi waktu 10 – 15 menit (Widiasari & Este Dulan Agustinus S., 2020). Penelitian kedua memiliki berat UAV sebesar 4,2kg dengan kapasitas baterai 9000 mAh 3S dengan waktu estimasi terbang 10 menit (Junus et al., 2020). Total berat pesawat UAV memiliki estimasi yang sama dengan penelitian pertama akan tetapi kapasitas baterai lebih besar. Pengoptimalan inilah yang harus dilakukan untuk menentukan kapasitas maksimum yang harus digunakan untuk menjaga suplai daya yang disuplai ke pesawat UAV terhadap beban total. Penelitian ketiga memiliki berat UAV sebesar 2kg memakai kapasitas baterai 1300 mAh dengan estimasi terbang 7 menit (Joni et al., 2021). Perbedaan berat dan kapasitas baterai yang berbeda akan memberika estimasi waktu yang berbeda pula. Berat yang lebih ringan dibandingkan dengan kedua penelitian lain. Berat pesawat UAV pada penelitian ketiga akan membuat kerja motor brushless akan lebih ringan sehingga pengoptimalan kapasitas baterai juga dapat dimaksimalkan.

## Tinjauan Pustaka

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan pesawat tanpa awak yang mampu dikendalikan dari jarak jauh. Pemanfaatan UAV sudah banyak dimanfaatkan dari berbagai sektor, seperti: pertanian, pemetaan, ekspedisi, dan lainnya. *Quadcopter* merupakan salah satu jenis UAV yang memiliki karakteristik menggunakan 4 motor vertical sebagai penghasil gaya angkat dan berfungsi mengontrol terbang UAV tersebut. Optimalisasi desain *quadcopter* menjadi hal yang penting untuk mendapatkan performa terbaik yang diinginkan. Parameter yang dapat dilihat untuk mengukur desain *Quadcopter* yang optimal adalah kemampuan lama waktu terbang sampai baterai habis. Salah satu faktor penting untuk mengoptimalkan desain dari *quadcopter* adalah korelasi berat dan gaya angkat yang mampu dihasilkan oleh propeller.

Kekuatan gravitasi berpengaruh pada massa UAV, sedangkan beban UAV tergantung pada beban pesawat itu sendiri dan jumlah muatannya (Lesalli, 2022). Berat dihitung dari keseluruhan komponen yang terdapat pada *quadcopter*, termasuk didalamnya adalah berat struktur, sistem, dan propulsi. Biczyski et al., 2020 dalam penelitiannya merumuskan persamaan untuk menghitung berat total desain pesawat UAV yang mencakup komponen – komponen yang akan menempel di badan pesawat, seperti propeller, motor, ESC, modul ontrol, baterai, dan lainnya yang merupakan bagian primer dari pesawat UAV.

$$W_{total} = N_{rot}(W_{prop} + W_{motor} + W_{ESC}) + W_{rangka} + W_{baterai} + W_{muatan} + W_{lain} \dots\dots(1)$$

Persamaan (1) menunjukkan desain berat total pesawat UAV ( $W_{total}$ ) yang terdiri dari komponen berat sistem propulsi, struktur pesawat ( $W_{rangka}$ ), baterai ( $W_{baterai}$ ), muatan ( $W_{muatan}$ ), dan berat komponen lainnya ( $W_{lain}$ ). Berat sistem propulsi tergantung jumlah motor yang digunakan ( $N_{rot}$ ) yang komponennya terdiri dari berat propeller ( $W_{prop}$ ), berat motor ( $W_{motor}$ ), dan berat ESC ( $W_{ESC}$ ).

*Rule of Thumb* adalah sebuah aturan yang singkat dan cepat untuk menentukan daya motor yang dibutuhkan yang berkaitan dengan *power loading* (abdurahman & Endang Rosdiana, n.d.). Kebutuhan gaya angkat yang dihasilkan oleh propeller dibagi menjadi dua kondisi terbang, yaitu *hover* dan WOT (*Wide Open Throttle*). Pada kondisi *hover*, kebutuhan gaya yang dihasilkan di satu motor sebesar berat total pesawat dibagi dengan jumlah motor. Kebutuhan gaya motor pada kondisi WOT didefinisikan sebagai gaya motor saat *hover* dikali dengan faktor *thrust-to-weight ratio* ( $r_T$ ). Persamaan kebutuhan gaya motor pada kondisi *hover* dan WOT ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3), berdasarkan penelitian (Biczyski et al., 2020) sebagai berikut.

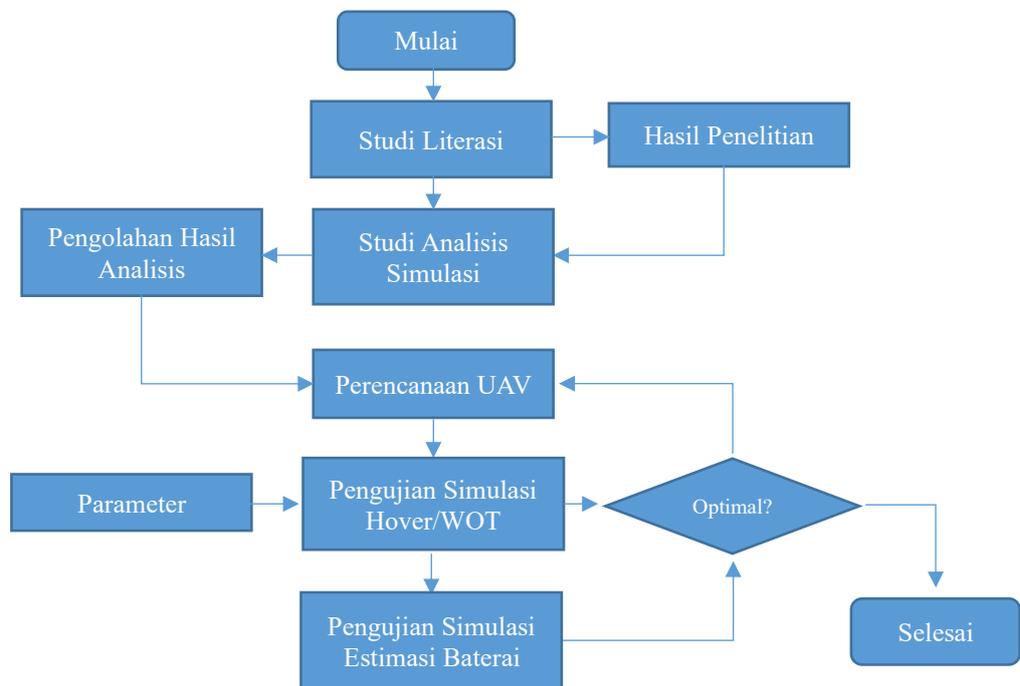
$$T_r^{(1)} = \frac{W_{\text{total}}}{N_{\text{rot}}} \dots\dots(2)$$

$$T_r^{(2)} = r_T \times T_r^{(1)} \dots\dots(3)$$

dimana  $T_r^{(1)}$  adalah gaya motor pada kondisi *hover*,  $T_r^{(2)}$  adalah gaya motor pada kondisi WOT, dan  $N_{\text{rot}}$  adalah jumlah motor yang digunakan.

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian analisis perbandingan terhadap berat pesawat UAV dengan menggunakan studi simulasi. Simulasi diawali dengan penentuan berat pesawat dengan komponen berat mengikuti persamaan (1). Berat tersebut menjadi dasar untuk menentukan jumlah gaya motor yang dibutuhkan untuk kondisi *hover* dan *Wide Open Throttle* (WOT). Secara garis besar, alur yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *flowchart*

### Hasil dan Pembahasan

Simulasi perancangan pesawat UAV dengan berat total dengan memaksimalkan kemampuan motor dan *propeller* yang dibutuhkan untuk terbang dengan estimasi waktu yang lama. Kemampuan UAV untuk terbang memiliki estimasi waktu terbang tergantung dengan kondisi *hover* atau WOT (*Wide*

*Open Throttle*). Pada kondisi *hover* penyuplaian baterai akan lebih stabil dan lebih lama pada saat terbang, sedangkan pada saat WOT kemampuan maksimal UAV akan lebih memberikan suplai daya baterai yang sangat tinggi maka estimasi terbang lebih rendah (baterai cepat habis). Perancangan dari estimasi terbang terhadap berat UAV harus juga memperhitungkan optimalisasi komponen primer: *propeller*, motor, dan ESC. Perpaduan komponen tersebut akan memberikan estimasi waktu terbang yang lama pada saat kondisi '*hover*', walaupun pada kondisi WOT estimasi waktu terbang langsung menurun secara drastis.

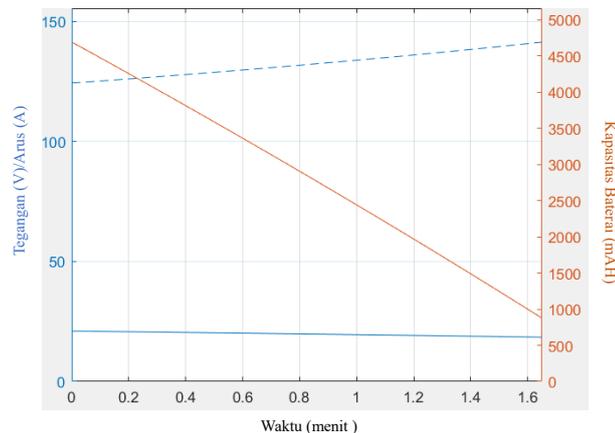
Perancangan pesawat UAV dengan meminimalisir spesifikasi motor dengan memaksimalkan kemampuan motor yang mampu mengangkat berat total dengan muatan ataupun tanpa muatan. Pengujian simulasi estimasi waktu akan memastikan berapa lama UAV mengudara sesuai dengan beban total, kapasitas baterai dan meminimalisir spesifikasi komponen primer. Spesifikasi komponen UAV yang dapat diminimalisir dengan kemampuan yang dimaksimalkan akan mengurangi konsumsi daya listrik oleh UAV tersebut. Perancangan UAV yang akan digunakan untuk uji estimasi waktu terbang ada beberapa spesifikasi untuk menghasilkan kenaikan waktu terbang.

Spesifikasi yang digunakan untuk rencana awal dalam pembuatan pesawat UAV dengan estimasi berat 3kg dengan muatan maksimal 200g. Spesifikasi pesawat UAV yang akan dibuat sebagai berikut:

**Tabel 1. Spesifikasi Perancangan UAV**

No.	Komponen	Spesifikasi
1	Motor	1000kV
2	ESC	40 A
3	<i>Propeller</i>	11 × 5,5
4	Baterai	10000 mAH 5S 25C

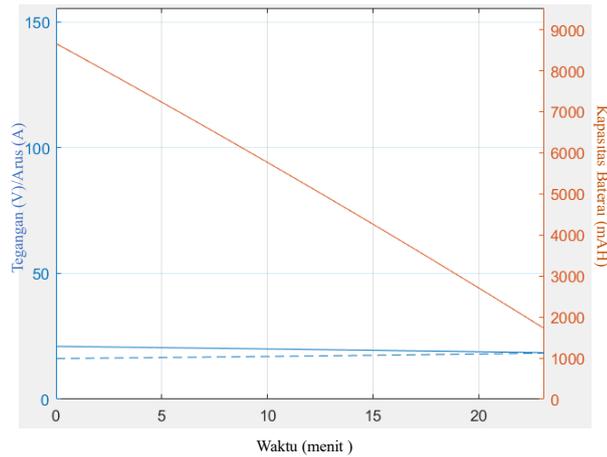
Penyesuaian spesifikasi sesuai dengan berat total UAV yang akan dibuat. Estimasi waktu yang didapatkan dengan menggunakan spesifikasi tersebut sebagai berikut :



**Gambar 2. Grafik Kondisi WOT**

Pada kondisi WOT kemampuan maksimal kecepatan RPM motor dipacu supaya menghasilkan torsi yang sangat besar. Kemampuan ini akan mengkonsumsi daya baterai sehingga kapasitas baterai cepat untuk turun. Penggunaan WOT hanya sesekali supaya estimasi waktu terbang tetap stabil dan terjaga lama. Pada gambar 1.2 diperlihatkan bahwa konsumsi tegangan yang sangat tinggi untuk memperoleh kinerja yang maksimum untuk menerbangkan pesawat UAV. Penurunan kapasitas yang cepat ditakutkan mengakibatkan pesawat UAV akan mati saat mengudara. Indikator perlu dipasang untuk pengujian kemampuan maksimum pesawat UAV supaya memberikan waktu untuk mendarat

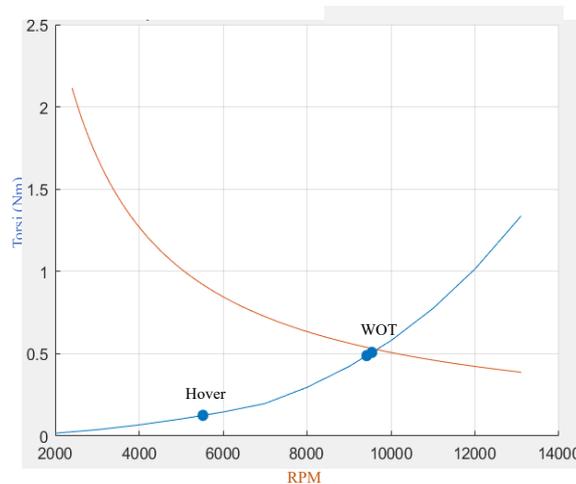
sebelum daya baterai tersebut habis supaya tidak mengalami pendaratan yang mengakibatkan benturan.



**Gambar 3 Grafik Kondisi *Hover***

Estimasi waktu terbang yang ditemukan dari analisis didapatkan bahwa estimasi waktu saat WOT sangat singkat yaitu kisaran 2 menit, sedangkan untuk kondisi *hover* didapatkan estimasi waktu terbang sebesar 23 menit. Perbedaan di atas menjelaskan bahwa daya baterai yang dikonsumsi oleh UAV sangat besar jika terbang pada kondisi WOT. Grafik kondisi WOT dan *hover* memperlihatkan bahwa tegangan mengalami kenaikan yang tinggi. Lonjakan konsumsi daya yang akan diminimalisir supaya mampu memberikan EWT yang cukup untuk menerbangkan pesawat UAV.

Dalam kondisi *hover* estimasi terbang mengalami waktu yang lama. Kemampuan seimbang nya daya motor dengan kemampuan torsi menghasilkan maksimal putaran sebesar 9400 RPM pada kondisi WOT. Kondisi *hover* dalam upaya mengangkat berat UAV sebesar 3kg dapat menggunakan putaran motor 5500 RPM. Torsi yang didapatkan pada kondisi WOT sebesar 0.49 Nm, sedangkan pada kondisi *hover* sebesar 0.13 Nm. RPM yang stabil akan memberikan konsumsi daya ke sistem berjalan dengan seimbang sehingga mampu meningkatkan EWT. Pada kondisi *hover* dengan keadaan konsumsi daya baterai yang stabil mengakibatkan suplai ke sistem akan seimbang tidak akan ada lonjakan tegangan seperti pada kondisi WOT. Tegangan dan arus pada kondisi *hover* seimbang oleh sebab itu tegangan pada baterai mampu memberikan suplai dengan estimasi waktu terbang yang tinggi. Pada kondisi WOT penurunan kapasitas baterai yang signifikan dikarenakan lonjakan tegangan.



**Gambar 4. Torsi Motor**

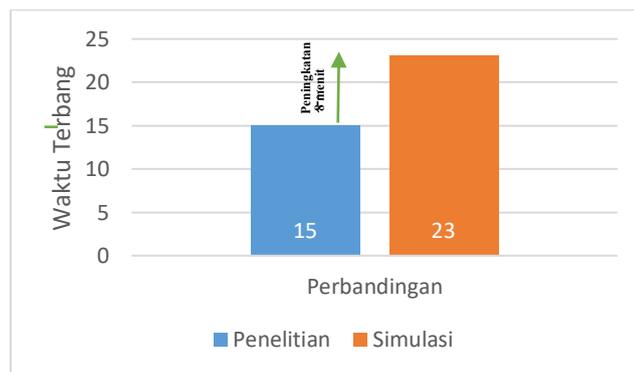
Perancangan dari simulasi penghitungan estimasi waktu dengan penyesuaian spesifikasi yang diturunkan akan tetapi mengoptimalkan kemampuan maksimal motor. Penelitian yang sudah ada yang memiliki berat rata – rata 3kg yang dapat dibandingkan dari segi peningkatan estimasi waktu terbang. Peningkatan waktu terbang yang dilakukan sesuai dengan simulasi dan spesifikasi data bagian UAV mengalami kenaikan waktu terbang jika diambil rata-rata dari ke 3 penelitian yang sudah dilakukan. Analisis ini didapatkan bahwa perencanaan dan penyesuaian spesifikasi yang baik dapat memaksimalkan kemampuan dari komponen yang digunakan sehingga dapat menghasilkan UAV yang optimal.

**Tabel 2. Rata - Rata Estimasi Waktu Terbang**

UAV	Berat	Waktu Terbang
Penelitian 1	3,375 kg	15 menit
Penelitian 2	4,2 kg	10 menit
Penelitian 3	2 kg	7 menit
Rata – rata	3,1 kg	10 menit

Sumber : (Widiasari & Este Dulan Agustinus S., 2020); (Junus et al., 2020); (Joni et al., 2021)

Perancangan menggunakan simulasi penghitungan dilihat dari rata – rata berat dan estimasi waktu terbang. Penghitungan ini digunakan untuk mengetahui perbandingan peningkatan yang bisa melebihi estimasi waktu terbang rata – rata sesuai Tabel 2 di atas. Perancangan yang diharapkan bisa mengoptimalkan komponen yang bisa memberikan indikasi dasar dalam peningkatan estimasi waktu yang dibutuhkan. Perancangan dengan simulasi akan dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan dengan estimasi dan berat total yang sudah sesuai dengan Tabel. Penggantian komponen yang diperkirakan mengkonsumsi daya yang lumayan besar dari suplai baterai telah diganti. Upaya penggantian inilah yang meningkatkan EWT pada perancangan pesawat UAV dari pada penelitian sebelumnya.



**Gambar 5. Perbandingan Estimasi Waktu Terbang**

Sesuai dengan grafik perbandingan dari estimasi waktu terbang didapatkan kenaikan sebesar 65% atau kenaikan 8 menit dibandingkan rata-rata penelitian yang telah dilakukan. Terjadinya pengurangan konsumsi beban dikarenakan juga penggantian spesifikasi komponen yang dipakai untuk merancang pesawat UAV sehingga estimasi waktu terbang akan meningkat. Berat total dari pesawat UAV dapat teratasi dengan kemampuan motor yang dimaksimalkan dengan cukup untuk memenuhi torsi dan RPM yang kuat untuk menerbangkan pesawat UAV.

## Kesimpulan

Perancangan Pesawat UAV (*Quadcopter*) harus melalui perencanaan yang matang sehingga spesifikasi komponen dapat dioptimalkan secara maksimal. Perancangan yang dilakukan dengan membandingkan rata – rata penelitian yang telah ada mengalami peningkatan estimasi waktu terbang

sebesar 65% walaupun mengalami pengantian spesifikasi dari komponen UAV. Sisi lain karena adanya pengantian spesifikasi maka konsumsi daya dalam perancangan pesawat UAV lebih bisa diminimalisir supaya tidak terlalu tinggi. Perancangan yang terstruktur dan sistematis akan mampu memaksimalkan kemampuan pesawat UAV menjadi lebih optimal. Metode simulasi mungkin lebih bisa diperhitungkan dengan matematis tapi lebih tepat untuk dibandingkan secara nyata dengan spesifikasi sesuai dengan penelitian ini. Pengoptimalan perancangan pesawat UAV bisa dijadikan proyek yang dapat diaplikasikan secara nyata.

#### Daftar Pustaka

- abdurahman, H., & Endang Rosdiana, D. (n.d.). *Perancangan Dan Perakitan Fixed Wing UAV Yang dapat Lepas Landas Secara Vertikal Designing and Assembling of Fixed Wing Uav That Can Take Off Vertically*.
- Biczyski, M., Sehab, R., Whidborne, J. F., Krebs, G., & Luk, P. (2020). Multirotor Sizing Methodology With Flight Time Estimation. *Journal Of Advanced Transportation*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9689604>
- Joni, K., Mardiansyah, F., & Alfita, R. (2021). *Perancangan Sistem Autonomous Drone Quadcopter Dengan Menggunakan Metode Waypoint*.
- Junus, M., Prasetyo, J. A., & Perdana, R. H. Y. (2020). Vertical Take Off Landing ( Vtol ) Untuk Drop Kits. *Applied Smart Electrical Network And Systems (Jasens)*, 1(1), 25–30.
- Lesalli, P. V. (2022). Preliminary Design Dan Analisis Weight And Ballance Surveillance Mapping Uav Tricopter V-Tol Tilt Rottor 2 Meter Wing Span. *Conference Senatik Stt Adisutjipto Yogyakarta*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.28989/Senatik.V7i0.461>
- Saragih, A. S., Pranatawijaya, V. H., Gunawan, V. A., Informatika, T., Raya, U. P., Informatika, T., Raya, U. P., Informatika, T., Raya, U. P., Informatika, T., & Raya, U. P. (2016). Rancang Bangun Quadcopter Dengan Kendali Pid 1). *Jurnal Teknologi Informasi Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika, Vol. 10 No.*
- Widiasari, C., & Este Dulan Agustinus S., R. (2020). Rancang Bangun Drone Quadcopter Tanpa Awak Penyiram Pupuk Tanaman. *Jurnal Elementer*, 6(2), 81–90.
- Yusril Dewantara, Gembong Edhi Setyawan, B. H. P. (N.D.). *Perhitungan Kapasitas Baterai Dan Arus Komponen Pada Ar.Drone Quadcopter untuk Estimasi Waktu Dan Jarak Terbang*.