

## Analisis Pemilihan Propeller Untuk Pesawat Tanpa Awak

### *Analysis of Propeller Selection for Unmanned Aircraft*

Danartomo Kusumoaji<sup>\*</sup>, Abdul Aziz, Irma Rismayanti, Ildefonsa A. F. Nahak  
Pusat Riset Teknologi Penerbangan - Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bogor

\*E-mail: danartomo51@gmail.com

### ABSTRACT

Unmanned aircraft are usually used to perform missions, for example surveillance missions. This mission is not always carried out in a suitable location. Researchers must ensure that the aircraft can take off properly. For this reason, runway distance greatly affects the performance of the aircraft. The aircraft can fail to take off due to the lack of thrust generated by the propeller. The propeller diameter size of each unmanned aircraft can differ from one another and this difference in propeller diameter causes a difference in thrust force. Therefore, it is very important to determine the right propeller diameter to be used on an unmanned aircraft that is adjusted to the runway distance. This propeller selection analysis is carried out using experimental methods, which is tool testing and simulation with Propeller Power Calculator software. The results of this study can be seen that a propeller with a larger diameter will produce a greater thrust force. The size of the diameter and pitch and the number of blades of a propeller can also affect the amount of thrust generated. This will be a consideration for choosing a propeller to be used on an unmanned aircraft. So that the selected propeller can be used optimally by reviewing the amount of thrust that is influenced by the amount of diameter.

**Keywords:** Aircraft, Propeller, Thrust, Diameter, Blade.

### PENDAHULUAN

Berdasarkan cara pengendalian, pesawat terbang dibagi menjadi dua jenis yaitu pesawat berawak dan tanpa awak. Pesawat berawak merupakan pesawat yang dikendalikan langsung oleh pilot yang berada didalam pesawat. Pesawat tanpa awak (UAV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa di gunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya (Adiansyah *et al.*, 2018). Teknologi pada pesawat terbang sudah semakin maju sehingga beberapa peran pesawat terbang berawak sudah mulai digantikan oleh pesawat tanpa awak.

Pesawat tanpa awak *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) saat ini gencar digunakan untuk mengeksplorasi atau pengawasan (*surveillance*) hasil tambang, mineral, dan tempat - tempat yang tidak dapat dijangkau oleh manusia (Kristianto *et al.*, 2015). Selain itu pesawat tanpa awak banyak dijadikan hobi atau digunakan untuk foto udara. Saat ini, pesawat tanpa awak biasanya dioperasikan untuk kegiatan *surveillance* karena pesawat ini lebih efektif penggunaannya daripada pesawat berawak dalam operasi *surveillance* karena

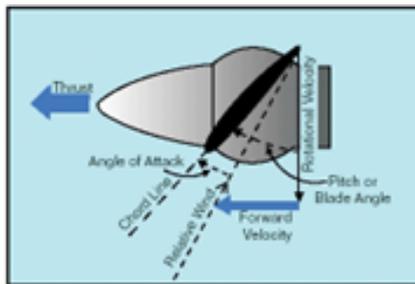
kebutuhan biaya operasinya lebih kecil dibandingkan dengan pesawat yang berawak.

BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) melalui PRTP (Pusat Riset Teknologi Penerbangan) mempunyai tugas untuk melakukan penelitian dan pengembangan teknologi penerbangan. Beberapa pesawat tanpa awak yang dimiliki BRIN juga sering digunakan untuk melakukan misi tertentu, misalnya *surveillance*. Misi ini tidak selalu dilakukan pada lokasi yang sesuai dengan spesifikasi pesawat terbang tanpa awak. Misalnya jarak landasan pada lokasi *surveillance* tidak sesuai dengan jarak landasan yang diperlukan oleh pesawat terbang tanpa awak. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian spesifikasi pesawat terbang tanpa awak dengan jarak landasan yang ada sehingga pesawat dapat lepas landas dengan baik. Salah satu yang penting untuk disesuaikan adalah *propeller*, karena *propeller* dapat mempengaruhi gaya dorong pesawat.

*Propeller* adalah putaran sebuah *airfoil* yang merubah tenaga putaran dari mesin menjadi sebuah gaya dorong yang akan mendorong pesawat melalui udara (McCauley (n.d)). *Propeller* atau yang biasa disebut baling-baling adalah *airfoil* yang berputar terdiri dari 2 (dua) atau lebih *blade* yang terhubung pada hub yang terpasang pada *shaft* mesin. Dengan putaran *propeller* inilah pesawat akan memperoleh gaya

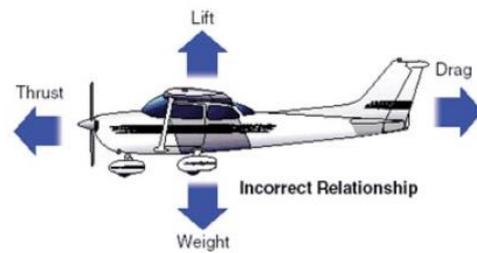
dorong (*thrust*). Ada sejumlah istilah untuk menentukan spesifikasi *propeller* seperti diameter, *pitch*, luas area bilah, lubang, jenis material dan lain-lainnya (Akkoyun *et al.*, 2018).

*Propeller* dapat dibedakan berdasarkan perbedaan sudut angguk (*pitch*) dan ukuran diameternya. Diameter *propeller* dapat didefinisikan sebagai jarak lintasan lingkaran imajiner yang dibuat baling-baling saat berputar (Jaiganesh *et al.*, 2014). *Pitch* adalah jarak yang dihasilkan *propeller* ketika memutar udara dalam satu putaran dan dirancang dalam satuan inci. *Pitch propeller* dapat dibedakan berdasarkan jenis sudut *pitch* yaitu jenis *blade* dengan sudut *pitch* tetap dan jenis *blade* dengan sudut *pitch* bervariasi. Misalnya *propeller* yang memiliki kode rancangan “25 x 20” berarti memiliki diameter sebesar 25 inci dan efektif *pitch* sebesar 20 inci. Bilah baling-baling memiliki profil yang sama (Osovskii *et al.*, 2019). *Propeller* dengan *pitch* tetap itu sendiri memiliki derajat kebebasan yang rendah yang membatasi kinerjanya (Naoki *et al.*, 2022).



Gambar 1. Pitch & Thrust pada Propeller (<http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/>)

Pada prinsipnya, pada saat pesawat mengudara, terdapat 4 gaya utama yang bekerja pada pesawat, yakni gaya dorong (*thrust* (T)), hambat (*drag* (D)), angkat (*lift* (L)), dan berat pesawat (*weight* (W)) (Saroinsong *et al.*, 2018). Pesawat tanpa awak mempunyai tenaga penggerak berupa mesin piston dan menggunakan *propeller* sebagai tenaga dorongnya. Besaran diameter pada sebuah *propeller* sangat berpengaruh terhadap *thrust* yang dihasilkan. Beberapa *propeller* memiliki ukuran diameter yang berbeda. Dengan perbedaan ukuran diameter maka akan berbeda pula besaran *thrust* yang dihasilkan oleh sebuah *propeller*. Gaya dorong atau *thrust* mesin adalah hasil dari perputaran *propeller* yang mengubah daya perputaran mesin menjadi gaya dorong (Atmasari *et al.*, 2020).



Gambar 2. Kekuatan Aerodynamics (<http://bandung-aeromodeling.com/>)

Secara keseluruhan *thrust* sebuah *propeller* akan diperoleh dengan menjumlahkan hasil dari semua nilai-nilai elemen *blade*. Tanpa adanya *thrust* maka pesawat tidak akan mempunyai pergerakan. Timbulnya *thrust* pada tiap-tiap jenis sistem propulsi dapat berlainan. Misalnya sistem propulsi turbo fan dan turbo jet mendapatkan *thrust* dari hasil perbedaan tekanan gas buang hasil pembakaran dalam ruang bakar. Untuk sistem propulsi jenis mesin piston ini, *thrust* dihasilkan oleh *propeller* yang berputar. Penggunaan *propeller* dapat berbeda menurut kondisi yang diperlukan. Sebagai contoh, dalam kondisi pesawat lepas landas dan saat kondisi terbang menanjak, maka pada kondisi tersebut unsur tenaga lebih dibutuhkan dan hasil tenaga untuk keperluan lepas landas serta terbang menanjak ini bisa dihasilkan oleh *propeller* dengan sudut *pitch* yang rendah. Sedangkan pada kondisi dimana pesawat sedang pada tahap jelajah ketinggian, maka *propeller* dengan sudut *pitch* yang tinggi lebih dibutuhkan.

Ada banyak hal yang perlu dipertimbangkan sebelum membuat pesawat tanpa awak, seperti melakukan *matching propeller & engine* atau pencocokan mesin dengan *propeller* yang merupakan bagian dari sistem propulsi. Ada sistem propulsi jet dan sistem propulsi *propeller* untuk metode propulsi sebagian besar pesawat saat ini (Peixun *et al.*, 2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran *propeller* yang tepat untuk digunakan pada pesawat terbang tanpa awak ketika sedang melakukan misi. Dengan melakukan analisis pengaruh ukuran diameter dan *pitch* dari *propeller* yang diuji terhadap besaran *thrust* yang dihasilkan, diharapkan hasil analisis tersebut dapat digunakan sebagai parameter pemilihan *propeller* yang optimal. Penyesuaian *propeller* pada pesawat terbang tanpa awak dengan mempertimbangkan spesifikasi lokasi lepas

landas ketika melakukan misi, diharapkan dapat mendukung keberlanjutan pengoperasian pesawat terbang tanpa awak di PRTP. Salah satu tahapan penting dalam perancangan sistem propulsi pesawat berawak atau tak berawak adalah pencocokan mesin dan baling-baling, yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan desain (Anggraeni *et al.*, 2014).

## METODE

Analisis pemilihan *propeller* dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yaitu pengujian alat dan simulasi menggunakan *software* Propeller Power Calculator. Sebelumnya, dilakukan studi literatur untuk mempelajari sistem propulsi pesawat serta mengetahui bagian-bagian dari sistem propulsi. Dengan melakukan studi literatur penulis dapat mengetahui cara kerja sistem propulsi pesawat yang berkaitan dengan pengaruh perbedaan diameter *propeller* terhadap *thrust* yang dihasilkan. Pengujian alat dan simulasi *software* Propeller Power Calculator dilakukan secara paralel.

Pengujian alat dilakukan dengan menguji *propeller* secara langsung di Laboratorium Propulsi Pusat Riset Teknologi Penerbangan dengan menggunakan sistem propulsi jenis mesin piston GT60 dengan kapasitas 60cc dengan output 6.0 *horsepower*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *propeller* dengan ukuran yang berbeda, yaitu *propeller* ukuran 20 x 10 inci (3 *blade*), ukuran 22 x 10 inci (2 *blade*) dan ukuran 22 x 12 inci (3 *blade*). *Propeller* dengan *pitch* 10 dan 12 inci dipilih karena merupakan salah satu *propeller* yang digunakan pada pesawat terbang tanpa awak di PRTP. Pesawat terbang tanpa awak yang menggunakan *propeller* dengan *pitch* 10 inci adalah LSU (LAPAN Surveillance UAV)-03. Alat yang digunakan untuk membaca hasil pengukuran nilai gaya dorong adalah Force Gauge. Pembacaan nilai RPM (Rotation per Minute) menggunakan Tachometer.

Pemilihan ukuran juga tergantung dengan mempertimbangkan misi (pertimbangan jarak *runway*) dan bawaan manufaktur. Ketiga *propeller* ini diuji menggunakan mesin piston yang dimulai dari RPM 1500 hingga RPM 5000 dengan kenaikan 500 RPM pada setiap menit. Mesin piston GT60 memiliki standar dari manufakturnya menggunakan *propeller* dengan *pitch* 10 inci.

Selanjutnya dilakukan simulasi *software* Propeller Power Calculator atau aplikasi kalkulator *propeller* yang dijalankan pada Laptop dengan spesifikasi OS Windows, dan RAM 8 GB. Aplikasi kalkulator *propeller* ini merupakan salah satu metode standar untuk mengoreksi daya (*horsepower*) dengan menggunakan formula koreksi Dyno yang mengacu pada SAE J1349 yaitu International Standard Certified Power (Atmasari *et al.*, 2020). Dengan menggunakan aplikasi *propeller* kalkulator, diperoleh perkiraan daya dan gaya dorong yang dihasilkan masing-masing *propeller* dengan

memberikan masukan berupa parameter rpm, diameter dan *pitch* ke aplikasi kalkulator *propeller* tersebut (Atmasari *et al.*, 2020). Pengujian menggunakan *software* dilakukan untuk mengetahui nilai *thrust* pada *propeller* dengan ukuran yang tidak tersedia secara fisik di Laboratorium. Namun dengan melakukan simulasi, penulis dapat mengetahui nilai *thrust* yang diperhitungkan sebagai perbandingan dengan hasil pengujian alat di laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *propeller* dengan ukuran yang berbeda, yaitu *propeller* ukuran 25 x 20 inci (2 *blade*), ukuran 30 x 20 inci (2 *blade*) dan ukuran 35 x 20 inci (2 *blade*). *Propeller* dengan *pitch* 20 inci dipilih karena merupakan salah satu *propeller* yang digunakan pada pesawat terbang tanpa awak di PRTP.

Dengan melakukan pengujian alat dan uji simulasi menggunakan *software*, penulis mengetahui nilai *thrust* yang dihasilkan dari berbagai ukuran *propeller* yang berbeda. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode kuantitatif terhadap hasil pengujian alat dan simulasi *software* untuk mengetahui pengaruh diameter dan *pitch* pada *propeller* terhadap nilai *thrust* yang dihasilkan. Hasil analisis hasil ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Hasil akhir yang didapatkan diharapkan dapat menjadi panduan untuk menentukan *propeller* yang akan dipilih sesuai dengan jarak landasan pada misi yang dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis pemilihan *propeller* dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yaitu pengujian alat dan simulasi *software* Propeller Power Calculator.

### Pengujian Alat

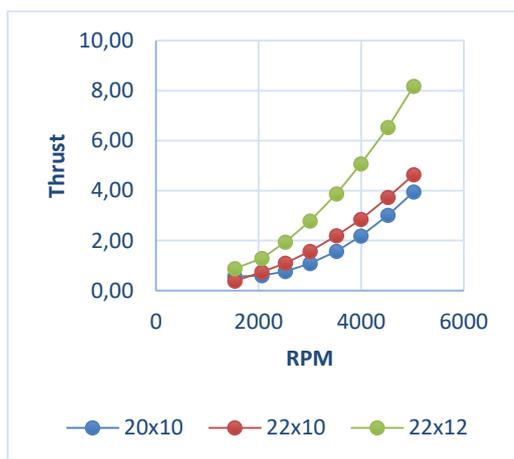
Pengujian dilakukan dengan menggunakan *propeller* dengan ukuran yang berbeda, yaitu *propeller* ukuran 20 x 10 inci (3 *blade*), ukuran 22 x 10 inci (2 *blade*) dan ukuran 22 x 12 inci (3 *blade*). Ketiga *propeller* ini diuji menggunakan mesin piston GT60 dengan kapasitas 60cc dengan output 6.0 *horsepower* yang dimulai dari RPM 1500 hingga RPM 5000 dengan kenaikan 500 RPM pada setiap menit.

*Propeller* yang akan diuji dihubungkan dengan mesin piston, lalu mesin terhubung dengan Tachometer, Force Gauge dan remote control. Nyalakan mesin piston dan atur RPM mesin dengan menggerakkan throttle mesin melalui remote control. Dengan berputarnya mesin dan *propeller*, maka akan didapatkan data RPM yang dapat dibaca pada Tachometer serta dengan timbulnya gaya dorong yang dihasilkan dari putaran *propeller* maka didapatkan data *thrust* yang dapat dibaca melalui Force Gauge. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat

RPM (Rotation per Minute)	Ukuran Propeller (inci)		
	20x10	22x10	22x12
1533.404	0.55	0.38	0.88
2059.107	0.60	0.73	1.29
2517.893	0.77	1.09	1.94
3003.108	1.08	1.57	2.79
3515.743	1.56	2.20	3.87
3996.493	2.19	2.85	5.07
4521.093	3.01	3.72	6.53
5020.813	3.94	4.63	8.18

Perbandingan hasil uji eksperimental untuk masing-masing propeller ukuran 20 x 10 inci (3 blade), ukuran 22 x 10 inci (2 blade) dan ukuran 22 x 12 inci (3 blade) dapat dilihat pada Gambar 3.



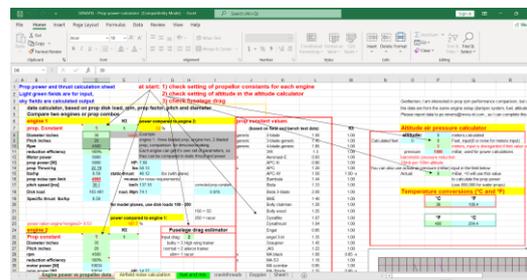
Gambar 3. Perbandingan Hasil Uji Eksperimental pada berbagai macam ukuran propeler

Data pada Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan kecenderungan nilai besaran/ukuran propeller dan jumlah blade akan berpengaruh terhadap nilai thrust/gaya dorong yang dihasilkan. Pada data tabel dan grafik menunjukkan bahwa diameter propeller yang lebih besar dan jumlah blade yang lebih banyak akan menghasilkan thrust yang lebih besar.

**Simulasi dengan software**

Pada uji simulasi ini tidak ada penentuan engine karena menggunakan perhitungan otomatis dari software. Ukuran-ukuran propeller tersebut dijadikan sebagai data input untuk dimasukkan dalam software Propeller Power Calculator. Dalam uji simulasi ini diambil dimensi ukuran

pada 3 buah propeller dengan 2 blade sebanyak 3 jenis ukuran. Ukuran propeller yang digunakan adalah propeller 25 x 20 inci (2 blade), ukuran 30 x 20 inci (2 blade) dan ukuran 35 x 20 inci (2 blade).



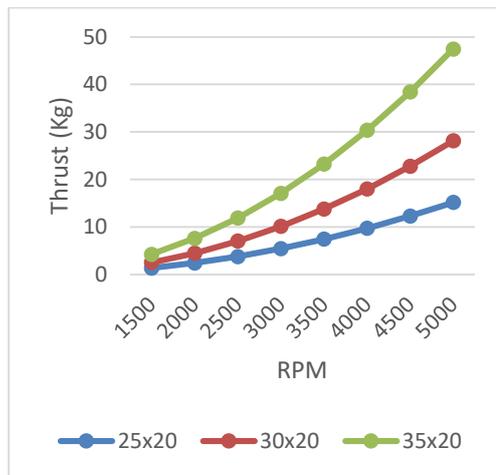
Gambar 4. Software Propeller Power Calculator

Dengan menggunakan perhitungan software Propeller Power Calculator maka besaran nilai thrust ketiga propeller diatas didapatkan hasil seperti Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Simulasi

RPM (Rotation per Minute)	Ukuran Propeller (inci)		
	25x20	30x20	35x20
1500	1.37	2.53	4.27
2000	2.43	4.5	7.6
2500	3.8	7.03	11.86
3000	5.46	10.12	17.07
3500	7.44	13.78	23.24
4000	9.72	18	30.36
4500	12.3	22.79	38.42
5000	15.18	28.13	47.43

Hasil perhitungan menggunakan software Propeller Power Calculator dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil thrust pada masing-masing propeller berbeda. Thrust pada propeller ukuran 25 x 20 lebih kecil dari pada thrust pada propeller dengan ukuran 30 x 20. Dan hasil thrust pada propeller 35 x 20 lebih besar dibandingkan dengan hasil thrust pada propeller ukuran 30 x 20. Perbedaan hasil thrust tersebut dikarenakan adanya perbedaan-perbedaan ukuran diameter. Dari hasil perbandingan thrust tersebut menunjukkan bahwa semakin besar ukuran diameter sebuah propeller maka akan semakin besar pula nilai thrust. Perbedaan dapat terlihat lebih jelas pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan hasil simulasi antara thrust dengan RPM.

### KESIMPULAN

Pengujian alat dan simulasi menunjukkan kecenderungan hasil yang sama. Ukuran diameter dan *pitch* sebuah *propeller* dapat mempengaruhi besaran *thrust* yang dihasilkan. Semakin besar nilai diameter sebuah *propeller* maka akan semakin besar nilai *thrust* yang dihasilkan. Semakin besar *pitch* pada *propeller*, maka semakin besar *thrust* yang dihasilkan. Hal ini akan menjadikan pertimbangan dalam menentukan ukuran *propeller* yang akan digunakan.

Jumlah *blade* pada *propeller* juga memiliki pengaruh terhadap besaran *thrust* yang dihasilkan. *Propeller* dengan jumlah *blade* sebanyak 3 menghasilkan nilai *thrust* yang lebih besar dibandingkan dengan *propeller* yang mempunyai 2 *blade*.

Dengan mengetahui hasil pengujian dan perhitungan dalam jurnal ini, diharapkan dapat membantu dalam menentukan *propeller* mana yang akan digunakan pada pesawat tanpa awak.

Pemilihan *propeller* haruslah mempertimbangkan ukuran diameter dan *pitch* serta jumlah *blade* supaya didapatkan ukuran yang dapat digunakan secara optimal ditinjau dari besaran *thrust* yang dihasilkan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Dr. Fadilah Hasim B.Eng., M.Sc. selaku Kepala Pusat Riset Teknologi Penerbangan-BRIN yang telah memberikan fasilitas dan bimbingan dalam penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ir. Atik Bintoro M.T. selaku Peneliti Utama PRTP-BRIN dan Farohaji

Kurniawan S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Peneliti Madya PRTP-BRIN yang telah membimbing dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini. Serta segenap perekayasa dan peneliti PRTP-BRIN yang telah banyak berpartisipasi untuk berdiskusi dalam menyusun jurnal ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyah Y, Isranuri I, Hamsi A, Sabri M, Syam & Bustami. 2018. Simulasi Tegangan Propeller Al-Mg yang Dirancang Untuk Propeller Rendah Bising. *Jurnal Dinamis*. **6**(3): 81-92.
- Akkoyun F, Bogreki I, Demircioglu P & Vardin S. 2018. An Experimental Study to Investigate the Effect of the Angle of Attack on VTOL UAV Propellers. *IFAC Papers Online*. **51**(30): 441-445.
- Anggraeni D, Sumaryanto AR, Sumarna E & Rahmadi, A. 2014. Engine and Propeller Selection for Propulsion System LAPAN Surveillance UAV-05 (LSU-05) Using Analytic and Experimental Test. *International Seminar of Aerospace Science and Technology II*. pp. 41-50.
- Atmasari N, Muksin, Hartono, & Hidayat R. 2020. Analysis of Engine and Propeller Selection for Unmanned Aircraft LSU-05 NG. *Angkasa Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*. **12**(2): 159-166.
- Bandung-aeromodeling.com. 2023. Aerodynamics Forces. Retrieved from website: <http://bandung-aeromodeling.com/tutorial.php?nid=50>. [28 Agustus 2023]
- Free Online Private Pilot Ground School (n.d). Propeller Aerodynamics. Retrieved from website: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/propeller-aerodynamics.html> [28 Agustus 2023]
- Jaiganesh V, Manivannan S, & Manivannan S. 2014. Numerical Analysis and Simulation of Nylon Composite Propeller for Aircraft. *Procedia Engineering*. **97**: 1079-1088
- Kristianto H, Purwanto MT & Bambang S. 2015. Kontrol Daya Dorong Pesawat Terhadap Perubahan Flow Udara. Makalah Seminar Hasil Konsentrasi Teknik Sistem Kontrol Universitas Brawijaya.
- McCauley (n.d). Professor Von Kligtip s Twelve All-Time Favorite Questions and Answers About Propeller Performance on Personal and Business Aircraft. Retrieved from website:

- <https://docplayer.net/20826912-Propeller-performance-on-personal-and-business-aircraft.html> [29 Agustus 2023]
- Naoki Y, Yokota K, Nagai S, & Fujimoto H. 2022. Achievable Thrust Expansion Control at Current Saturation of Variable-Pitch Propeller for Drones. *IFAC PapersOnLine*. **55**(27): 247-252.
- Osovskii D, Sharatov A, Gorbenko A, Klimenko N, Sharatova N & Bidenko S. 2019. CFD Modeling and Study of Additional Medium Jet Impact on the Blade of the Propeller. *Procedia Computer Science*. **167**: 1096-1101
- Peixun Yu, Jiahui Peng, Junqiang Bai, Xiao Han & Xiang Song. 2019. Aeroacoustic and aerodynamic optimization of propeller blades. *Chinese Journal of Aeronautics*. **33**(3): 826-839.
- Saroinsong HS, Poekoel VC & Pinrolinvic DKM. 2018. Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot. *Teknik Elektro dan Komputer*. **7**(1): 2301-8402.