



Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi

**Rancangan *Serrated Trailing Edge Propeller Unmanned Aerial Vehicle* Berbahan Kayu dan *Carbon Fiber Nylon* untuk Mengurangi *Noise* dan Dampak terhadap *Thrust*.**

***Design of Serrated Trailing-Edge Propeller Unmanned Aerial Vehicle Made of Wood and Nylon Carbon Fiber to Reduce Noise and Impact on Thrust.***

Azzwan Tanri Pasya<sup>(1)</sup>, Lilies Esthi Riyanti<sup>(2)</sup>, Andri Kurniawan<sup>(3)</sup>

<sup>1</sup>[21417054@ppicurug.ac.id](mailto:21417054@ppicurug.ac.id), <sup>2</sup>[lilies.esthi@ppicurug.ac.id](mailto:lilies.esthi@ppicurug.ac.id), <sup>3</sup>[andri.kurniawan@ppicurug.ac.id](mailto:andri.kurniawan@ppicurug.ac.id)

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug - Tangerang

**ABSTRAK**

*Penerbangan tanpa awak telah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari. Menurut BI Intelligent dari 2015 hingga 2020, tingkat pertumbuhan tahunan UAV komersil kecil diperkirakan akan mencapai 19%, yang akan menghasilkan 22 juta pengiriman UAV pada tahun 2022. Selain itu, pasar global UAV akan mencapai sekitar 10 Milliar USD pada tahun 2023. Permasalahan yang di timbulkan oleh UAV ini adalah propeller yang mana berdasarkan karakteristiknya merupakan sumber kebisingan. Gangguan secara umum yang disebabkan oleh kebisingan juga termasuk rasa tidak nyaman atau stres meningkat, kejengkelan, kebingungan, tekanan darah naik, sakit kepala dan hilangnya indra pendengaran. Untuk mengurangi tingkat kebisingan yang dihasilkan propeller membutuhkan perhatian khusus pada desainnya. Teori serrated trailing edge pertama kali diperkenalkan oleh M.S.Howe lalu dilakukan pengembangan dengan mengaplikasikan serrated trailing edge pada propeller oleh Zhe Ning, Richard Wlezien, Hui Hu. Pada jurnal tersebut disimpulkan bahwa serrated trailing edge dapat menurunkan noise hingga 1.6 dB. Dalam penelitian ini penulis membuat rancangan propeller dengan serrated trailing edge menggunakan aplikasi Solidwork. Setelah pembuatan design lanjut ke proses pembuatan propeller, setelah dibuat masuk kedalam tahap pengujian dengan menggunakan alat pengujian motor Sunnysky X-2820 untuk pada RPM 3000, 4000, dan 5000 dan kebisingan diukur dengan alat sound level meter dengan beberapa perbedaan jarak yaitu 1 m, 1.5 m, 3 m untuk mengetahui kebisingan dan thrust yang dihasilkan oleh masing masing propeller.*

Kata Kunci: *serrated trailing edge, noise, thrust, propeller, carbon fiber nylon, Kayu.*

## ABSTRACT

*Unmanned flight has been a part of everyday life. According to BI Intelligent from 2015 to 2020, the annual growth rate of small commercial UAVs is expected to reach 19%, which will result in 22 million UAV shipments by 2022. In addition, the global UAV market will reach around 10 billion USD by 2023. The problem that comes up with UAVs is the propeller which based on its characteristic is a source of the noise. Main noise-induced disturbances are increasing discomfort or stress, irritation, confusion, elevated blood pressure, headaches, and the worst case is hearing loss. To reduce the noise level caused by the propeller some special treatment needed to be done to its design. The serrated trailing edge theory was first introduced by M.S. Howe and then developed by applying the serrated trailing edge to the propeller by Zhe Ning, Richard Wlezien, and Hui Hu. The journal concluded that the serrated trailing edge can reduce noise up to 1.6dB. In this study, the author makes a propeller design with a serrated trailing edge using the Solidwork application. After making the design, proceed to the process of making the propeller, after being made it enters the testing stage using the Sunnysky X-2820 motor testing tool on 3000, 4000, 5000, RPM, and noise is measured with a sound level meter with several differences in distance, namely 1m, 1.5m, 3m to determine the noise and thrust generated by each propeller.*

Keywords: *serrated trailing edge, noise, thrust, propeller, carbon fiber nylon, wood.*

## 1. PENDAHULUAN

Pengembangan pesawat tanpa awak sangatlah cepat, menurut BI Intelegent dari 2015 hingga 2020, tingkat pertumbuhan tahunan UAV komersil kecil diperkirakan akan mencapai 19%, yang akan menghasilkan 22 juta pengiriman UAV pada tahun 2022. Selain itu, pasar global UAV akan mencapai sekitar 10 Milliar USD pada tahun 2023.

Berdasarkan keputusan Menteri negara lingkungan hidup nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tentang baku tingkat kebisingan, bahwa tingkat kebisingan yang diizinkan untuk daerah pemukiman adalah 55 db dan untuk daerah industri adalah 70 dB (Tingkat Baku Kebisingan, 1996). Namun pada kenyataannya UAV menghasilkan suara sebesar 75-80 desibel (Dronentusiast, 2014). Bunyi di atas intensitas normal seperti diatas 75-85 desibel yang dapat melemahkan dengan kemampuan sel pendengaran pada telinga. Jika terlalu sering terpapar suara bising, telinga bisa berdengung (tinnitus). Tinnitus ini bisa bersifat

sementara, namun bisa juga menjadi permanen jika paparan suara nyaring terjadi dalam jangka panjang (Adrian, 2019).

Untuk mengatasi permasalahan ini telah dilakukannya penelitian yang dilakukan oleh Zhe Ning, Richard Wlezien, dan Hui Hu dari *Departement of Aerospace Engineering*, Iowa State University pada tahun 2017 dengan menambahkan *serrated* pada *trailing edge propeller* dengan 3 ukuran *serrated width* yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukurannya yaitu 0.6, 0.9, dan 1.2 mm. Ketika *propeller* ditambahkan bentuk *serrated* atau bisa disebut *sawtooth* pada bagian *trailing edge*-nya, hal tersebut mengurangi *rotational speed* sementara gaya yang dihasilkan tetap sama dan mengurangi tingkat kebisingan.

Penulis dalam hal ini mengidentifikasi masalah *propeller* yang menghasilkan kebisingan terbesar 70-80 Db yang menimbulkan tingkat kebisingan *propeller* yang melampaui batas yang diizinkan dari aliran turbulensi, material yang tidak kuat dan

rancangan *serrated trailing edge* yang tidak sesuai dengan kaidah.

## 2. METODE

Penelitian menggunakan metode kuantitatif. Metode ini berlandaskan pada filsafat positivisme yang memandang realitas, gejala, fenomena dapat diklasifikasikan, relative tetap, teramati, terukur, dan mempunyai hubungan sebab-akibat. Proses penelitian bersifat deduktif, dimana untuk menjawab rumusan masalah digunakan konsep atau teori sehingga dapat dirumuskan hipotesis. Hipotesis tersebut selanjutnya diuji melalui pengumpulan data lapangan. Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis sehingga dapat disimpulkan hipotesis yang dirumuskan terbukti atau tidak.

Untuk pemilihan *airfoil* yang sering digunakan pada *propeller* seperti Clark Y, NACA 16-, NACA 65-, NACA 44XX dengan menetapkan dimensi *propeller* adalah 11x6 inci. Untuk *serrated trailing edge* mengikuti pada kaidah yang dibuat pada teori *aerodynamic noise of a serrated trailing edge* oleh M. S. Howe dan material yang dipilih yaitu kayu dan *carbon fiber nylon*.

Setelah pembuatan desain dan pemilihan material kemudian dilanjutkan dengan membuat sketsa ide, bereksperimen, dengan fitur dan dimensi pada Solidwork CAD (Computer Aided Design) dengan menghasilkan model dan gambar detail serta penggunaan Microsoft excel untuk mempermudah pengolahan data. Setelah data didapatkan kemudian diolah secara otomatis dengan rumus, perhitungan dasar dan dibuat dalam bentuk grafik.

### 2.1. Alat dan Bahan

#### 2.1.1. Solidwork

Perangkat lunak yang digunakan yaitu Solidwork CAD atau (Computer Aided Design) adalah aplikasi yang otomatisasi desain mekanis yang dapat memungkinkan untuk desainer dengan cepat membuat sketsa

ide, bereksperimen, dengan fitur dan dimensi, dan menghasilkan model dan gambar detail. (Solidwork, n.d.).

#### 2.1.2. Microsoft Excel

Digunakan aplikasi ini untuk mempermudah dalam penghasilan olahan data setelah itu didapatkan kemudian diolah secara otomatis dengan rumus, perhitungan dasar dan dibuat dalam bentuk grafik.

#### 2.1.3. Propeller Bench test

Pengujian *thrust* menggunakan *propeller bench test* dengan komponen *motor brushless* sebagai alat untuk memutar *propeller*, *electronic speed controller* untuk mengatur kecepatan dari *motor*, baterai sebagai penyuplai listrik ke komponen *bench test propeller*

#### 2.1.4. Sound level meter

Pada pengujian alat kebisingan ini digunakan alat bantu *sound level meter* untuk mengukur tingkat kebisingan, *tripod* digunakan sebagai tempat dudukan *sound level meter*, meteran digunakan untuk menentukan jarak antara *propeller bench test* dan *sound level meter*.

#### 2.1.5. Material yang digunakan

Terdapat 2 material yang akan diuji yaitu kayu, dan *carbon fiber nylon*.

##### 2.1.5.1. Kayu

Kayu yang dipilih untuk digunakan sebagai bahan pembuat *propeller* adalah kayu pinus atau *Pinus Merkusii* yaitu jenis pinus yang mudah didapatkan di Indonesia. Pemilihan juga merujuk pada Advisory Circular AC 35-01 v1.0 yang dikeluarkan oleh Civil Aviation Safety Authority. Pada Advisory Circular ini terdapat

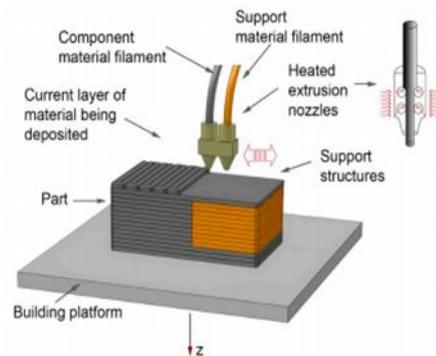
15 bahan rekomendasi yang dapat digunakan untuk pembuatan *wooden fixed pitch propeller* dan 4 diantaranya adalah kayu pinus (File, 2017). Kayu pinus jenis *Pinus Merkusii* ini memiliki *crushing strength* sebesar 51 MPa, *Static bending strength* 90 MPa, *Elastic Modulus* 16370 MPa (Description et al., 2012).

### 2.1.5.2. Carbon Fiber Nylon

Material *carbon fiber nylon* dikenal mempunyai kekuatan *impact* yang tinggi, ketahanan yang baik terhadap minyak, bahan bakar, air, alkali dan garam. Selain itu mempunyai ketahanan yang baik terhadap *crack stress*, koefisien gesek yang rendah, ketahanan abrasi yang tinggi, kekuatan *tensile* dan kelenturan yang tinggi, penyerapan air yang relative rendah dan stabilitas dimensi (Calignano et al., 2020). *Carbon fiber nylon* memiliki *tensile strength* 63.3 MPa, *tensile modulus* 4387 MPa, *flexura strength* 78 MPa. (Vexmatech, n.d.).

## 2.2. Metode Pembuatan Komposit

Metode pembuatan propeller dengan bahan komposit menggunakan *propeller 3D print* yaitu *Fused Filament Fabrication* (FFF) dimana pada FFF filamen *carbon fiber nylon* tipis keluar dari nozel yang dipanaskan. Kepala dari mesin FFF bergerak dengan arah x dan y, dan platform-nya bergerak dengan arah membentuk huruf z. Kekuatan akhir, kualitas, harga, dan waktu pengerjaan di pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, ketebalan, pola infill, dan temperatur. Gambar 1 menunjukkan proses *fused filament fabrication*.



**Gambar 1.** *The fused filament fabrication process*

([www.mdpi.com/journal/machines](http://www.mdpi.com/journal/machines))

## 2.3. Menentukan rasio rancangan serasi

Menurut (Ning et al., 2017) terdapat kaidah yang harus dipenuhi untuk merancang *serrated trailing edge* untuk dapat mengurangi *noise*. Kaidah yang harus dipenuhi adalah syarat rasio tinggi serasi dan ketebalan *boundry layer* dengan rumus sebagai berikut :

$$\delta = 0.37 \frac{x}{\sqrt{Re_x^{1/5}}}$$

## 2.4. Metode Pengujian

Dengan pembuatan desain penelitian menggunakan metode *One-Group Pretest-Posttest Design*. *Pretest* sebelum diberikannya perlakuan sehingga dapat dibandingkan keadaan antara sebelum dan sesudah diberikannya perlakuan. Yang variabel penelitiannya menggunakan variable bebas dan terikat (Sugiyono, 2012). Pengujian *propeller* menggunakan alat *propeller test bench*. Pada pengambilan data penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Harahap, 2017).

### 2.4.1. Pengujian Thrust

Penelitian ini akan menggunakan *propeller test bench* sebagai alat uji *propeller*. Komponen dari *propeller test bench*, seperti *brushless motor*, *electronic speed controller*, *battery* dan *load cell*. Pengujian *thrust* ini dilakukan dengan menggunakan cara mengaplikasikan pada kecepatan yang berbeda yaitu 3000 sampai 5000 RPM dengan menggunakan alat *propeller test bench* dan sampel yang diambil sebanyak 50 data. Output yang dihasilkan berupa rata-rata dalam satuan gram.

#### 2.4.2. Analisis Ketidakpastian

Dilakukan analisis ketidakpastian pada data *thrust* yang telah di dapatkan. Dalam setiap pengukuran diambil 50 sampel data dari masing-masing *propeller* dan dari 3 RPM yang diuji. Metode analisis ini memberikan pendekatan komprehensif untuk memperkirakan ketidakpastian pengukuran (NASA, 2010).

#### 2.4.3. Uji Kebisingan

Kebisingan diukur dengan alat *sound level meter*. Alat uji kebisingan atau *sound level meter* digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan yang dihasilkan saat *propeller* berputar yang akan diletakkan di beberapa jarak tertentu. Alat ini dapat mengukur kebisingan antara 3-130 dB dan dari frekuensi 20-20.000 Hz.

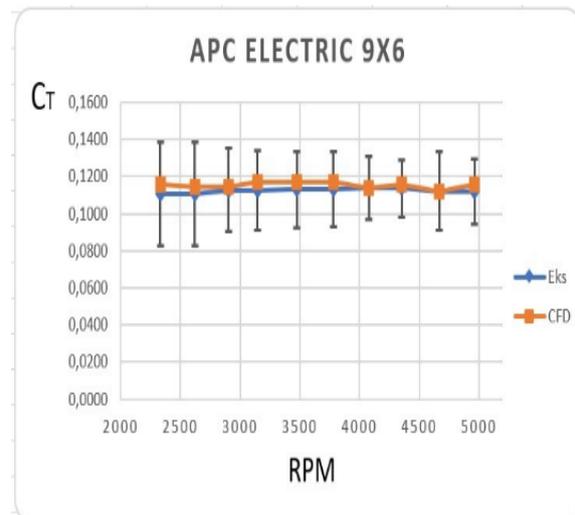
Peletakkan *sound level meter* ada di bagian depan dari *propeller* dengan jarak yang telah disebutkan dan variasi putaran 3000 sampai 5000 RPM. Pada penelitian ini pengambilan data sampel kebisingan diambil dalam waktu 5 (lima) detik atau 10 (sepuluh) data. Kemudian data tersebut dicatat dan dirata-ratakan sehingga data yang disampaikan merupakan hasil dari rata-rata data tersebut.

Meteran digunakan untuk menentukan jarak peletakkan *sound level meter* secara akurat.

*Tripod* juga diperlukan untuk digunakan sebagai alat penopang dari *sound level meter*.

#### 2.4.4. Validasi Alat

Validasi tersebut menggunakan *propeller APC electric 9x6* sebagai *master propeller*. *propeller* tersebut disimulasikan dengan proses CFD dan kemudian hasilnya dibandingkan dengan pengujian dengan alat *propeller test bench*. Hasil dari pengujian eksperimen dengan alat *propeller test bench* dan simulasi CFD. Kurva *coefficient of thrust* hasil simulasi CFD masuk ke dalam kurun rentang ketidakpastian pengukuran *coefficient of thrust* hasil pengujian eksperimen dengan alat *propeller test bench*. Oleh karena itu, *coefficient of thrust* hasil pengujian eksperimen dengan CFD dinyatakan *agree completely* sehingga alat *propeller test bench* dapat dinyatakan valid. Gambar 2 menunjukkan grafik perbandingan untuk validasi alat



Gambar 2. Grafik Perbandingan hasil CFD dengan Pengujian Statis

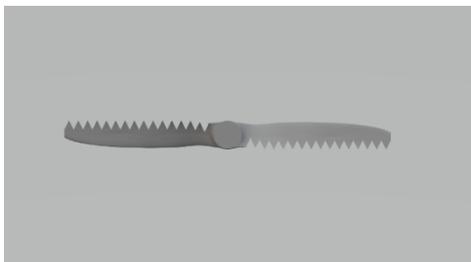
### 3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan *serrated trailing edge propeller* UAV yang dilakukan dengan menghasilkan

desain rancangan dengan pemilihan material, *airfoil*, serta *propeller* kemudian validasi alat dan menguji rancangan alat *serrated trailing edge propeller*.

### 3.1. Gambaran umum rancangan

Penggunaan *serrated trailing edge* merupakan modifikasi berupa serasi atau dikenal dengan gerigi yang di buat di bagian belakang atau *trailing edge* pada *propeller* atau pada *flat plate*. Menurut teori analisis yang di lakukan oleh (Howe, 1991) dan pengujian penerapan *serrated* pada *trailing edge propeller* UAV (Ning et al., 2017) serasi ini akan mengurangi penghamburan udara di bagian belakang dan mengurangi *vortex shedding noise* yang mengakibatkan pengurangan tingkat kebisingan. Dari segi aerodinamis pada penelitian tersebut juga ditemukan hasil bahwa *serrated trailing edge propeller* dapat mempertahankan *lift* sementara mengurangi kecepatan rotasi. Gambar 3 merupakan desain *serrated trailing edge propeller*.



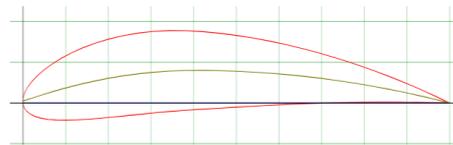
Gambar 1 *Serrated trailing edge propeller*

### 3.2. Pemilihan Propeller

pemilihan *propeller* ditentukan dengan mengikuti rekomendasi dari motor yang digunakan yaitu Sunnysky X2820-800 KV. Manufaktur motor tersebut merekomendasikan *propeller* dengan ukuran 12"x6", 13"x6", 13"x8", 12"x8" sehingga diperoleh *propeller* dengan ukuran 11"x6" dengan alasan menjaga keawetan motor dan komponen lain pada *propeller test bench*.

### 3.3. Pemilihan Airfoil

Pemilihan *airfoil* pada penelitian ini penulis memilih menggunakan seri *airfoil* NACA 44XX dengan alasan banyak digunakan pada *propeller*, memiliki koefisien daya angkat maksimum yang tinggi dan *stall* yang rendah (Rutkay, 2014). *Propeller* menggunakan seri *airfoil* NACA 4410 yang memiliki ketebalan 10% yang terletak pada 30% *chord*, *maximum chamber* 4% pada 40% *chord*.



Gambar 2. NACA 4410  
(www.airfoiltools.com)

### 3.4. Hasil rancangan serrated trailing edge propeller

Rancangan *serrated* pada *trailing edge* propeller dengan ketebalan *boundry layer* 3.2 mm, tinggi serasi (h) sebesar 4 mm, sehingga rasio antara tinggi serasi dan ketebalan *boundry layer* sebesar 1.25 yang memenuhi syarat. Untuk sudut kemiringan ( $\theta$ ) dipilih 25 derajat, sehingga dengan  $\lambda$  sebesar 0.8 cm dan tinggi serasi (h) 4mm rasio lebar dan tinggi ( $\lambda/h$ ) didapatkan sebesar 2 mm.

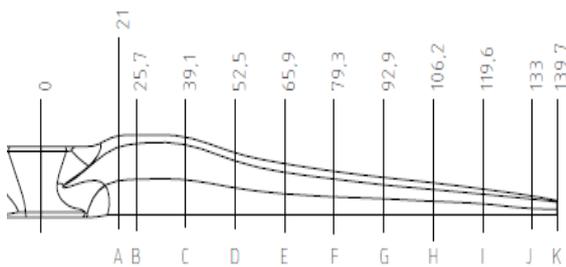
### 3.5. Hasil Rancangan Propeller

Permodelan *base propeller* dan dengan *serrated trailing edge propeller*. *Base propeller* membutuhkan data geometri sebagai acuan perancangan *propeller*, data seperti diameter *propeller*, ukuran *pitch* atau jarak *station*, panjang *chord*, sudut bilah, ketebalan, diameter hub, tebal hub, dan diameter lubang *shaft*. Untuk *serrated trailing edge* dengan menambahkan rasio tebal dan tinggi.

*Propeller hub* merupakan bagian yang berada di tengah *propeller* yang

menggabungkan kedua bilah. Terdapat lubang dibagian tengah untuk menempatkan *shaft* sehingga *propeller* dapat diletakkan pada *engine* ataupun motor. Penelitian ini penulis merancang *hub* dengan diameter 25 mm, untuk menyesuaikan kebutuhan spesifikasi *motor brushless* maka ditetapkan diameter lubang sebesar 6 mm dan tebal hub 12 mm.

Ketebalan pada bilah *propeller* dibuat berbeda di setiap *station*, bagian dekat *propeller root* lebih tebal dan lebih tipis di bagian *propeller tip*. Selain ketebalan, sudut pada propeller juga berbeda dari *root* hingga *tip* fungsinya untuk maksimalkan *thrust*. Bilah propeller yang dirancang memiliki 11 station seperti pada gambar 5.



Gambar 5. *Propeller stations*

Setelah propeller stations terbentuk selanjutnya menginput airfoil pada masing-masing stations dengan tipe airfoil yaitu seri NACA 44XX. Data tersebut menghasilkan bentuk airfoil dengan panjang chord dan ketebalan setiap station pada bilah. Tabel 1 menunjukkan hasil rancangan base propeller dan serrated trailing edge propeller.

Tabel 1. Rancangan propeller

A	B	C	D
			
A: base propeller-Kayu	B: base propeller-carbon fiber	C: serrated trailing edge propeller – Kayu	D: serrated trailing edge propeller – carbon fiber

### 3.8. Pengujian Rancangan *Propeller*

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian *thrust* dan kebisingan yang dihasilkan oleh *propeller*.

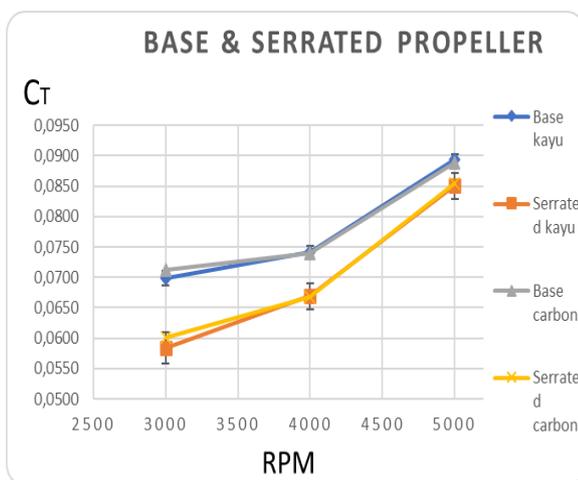
#### 3.8.1 Hasil Pengujian *Thrust*

Pengujian *thrust* akan dilakukan dengan mengaplikasikan kecepatan yang berbeda yaitu 3000 sampai 5000 RPM dengan menggunakan alat *propeller test bench* dan sampel yang diambil sebanyak 50 data. Output yang dihasilkan berupa rata-rata dalam satuan gram. Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata hasil pengukuran pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata hasil pengukuran *thrust*

No	N (RPM)	Thrust yang dihasilkan (gram)			
		Base Wooden Propeller	Wooden serrated trailing edge propeller	Base carbon fiber nylon propeller	Carbon fiber nylon serrated trailing edge propeller
1	3000	130.1	108.8	132.9	112
2	4000	245.9	221.7	244.9	221.5
3	5000	462.6	440.4	459.8	442.4

Pengurangan terbesar pada *propeller* kayu terjadi pada *serrated trailing edge propeller* pada RPM 5000 yaitu sebesar 24.2 gram terhadap *wooden base propeller* sedangkan pengurangan terkecil terjadi pada 3000 RPM yaitu sebesar 21.3 gram. Sedangkan pada *carbon fiber nylon* pengurangan *thrust* terbesar terjadi pada RPM 4000 yaitu sebesar 23.4 gram sedangkan pengurangan paling kecil terjadi pada RPM 5000 yaitu sebesar 17.4 gram. Data diatas merupakan data rata-rata dari 50 sampel yang diambil dari masing-masing *propeller* dan dari masing-masing RPM.



Gambar 6. Grafik perbandingan *coefficient of thrust*

Gambar 6 merupakan grafik konversi dari data yang didapatkan dari *propeller test bench* dalam satuan gram yang di ubah menjadi satuan Newton dan kemudian dihitung *coefficient of thrust*, sehingga didapatkan *coefficient of thrust* dari masing masing *propeller*. Dari grafik menunjukkan kenaikan *coefficient of thrust* berbanding lurus dengan kenaikan RPM. Terjadinya pengurangan *thrust* yang kemungkinan diakibatkan oleh berkurangnya luas area pada *serrated trailing edge propeller*.

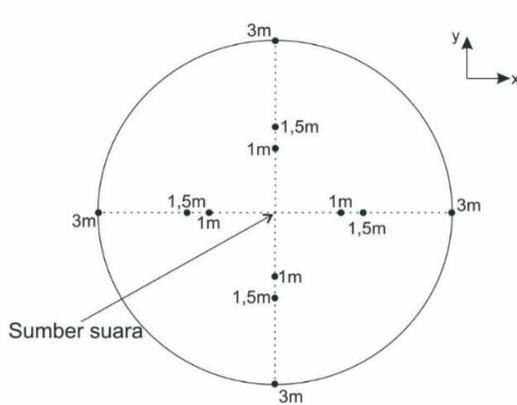
### 3.8.2. Analisis Ketidakpastian

Dilakukan analisis ketidakpastian pada data *thrust* yang telah di didapatkan. Dalam setiap pengukuran diambil 50 sampel data dari masing-masing *propeller* dan dari 3 RPM yang diuji. Hasil dari analisis ketidakpastian pada angka reliabel dan valid.

### 3.9.3. Pengujian Kebisingan

Kebisingan diukur dengan alat *sound level meter*. Peletakkan *sound level meter* ada di bagian depan dari *propeller* dengan jarak yang telah disebutkan dan variasi putaran 3000 sampai 5000 RPM. Pada penelitian ini pengambilan data sampel kebisingan diambil dalam waktu 5 (lima) detik atau 10 (sepuluh) data. Kemudian data tersebut dicatat dan dirata-ratakan sehingga data yang disampaikan merupakan hasil dari rata-rata data tersebut.

Pengukuran jarak dengan metode *free field* dengan jarak 1 meter, 1.5 meter, dan 5 meter. Pengujian dilakukan dengan diletakkan pada sumbu X+ (depan), X- (belakang), Y- (kiri), Y+ (kanan) seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Jarak pengukuran kebisingan

#### 4. KESIMPULAN

Sesuai rumus yang ditemukan pada penelitian (Howe, 1991), tinggi gerigi dan ketebalan boundry layer ( $h/\delta$ ) harus lebih besar atau sama dengan 0.25 mm, dimana pada penelitian ini penulis memilih tinggi 0.4 cm dan ketebalan *boundry layer* pada *propeller* yang digunakan adalah 3.2 mm sehingga didapatkan nilai 1.25 mm. Digunakan *inclined angle* sebesar 45 derajat yang juga memenuhi syarat. Sehingga hasil 1.25 mm lebih besar dari 0.25 mm sehingga memenuhi syarat.

Pengujian thrust dilakukan pada alat uji *propeller test bench* yang sudah divalidasi. Pengurangan *thrust* terjadi pada *serrated trailing edge propeller*, kedua *serrated trailing edge propeller* dari dua material yang berbeda menunjukkan penurunan *thrust* dari *base propeller* masing-masing.

Pengujian noise dilakukan dengan standar hasil penelitian (Harahap, 2017). Data yang diambil dari pengujian, *serrated trailing edge propeller* mampu mengurangi tingkat kebisingan hingga 3.9 desibel pada jarak ukur 1.5 meter dan 3 meter pada 5000 RPM. Dibandingkan dengan *wooden serrated trailing edge propeller*, *carbon fiber serrated trailing edge propeller* mengurangi lebih sedikit *noise* terhadap *base propeller*-nya sedangkan *wooden serrated trailing edge propeller* lebih banyak

mengurangi *noise*, namun *base carbon fiber* menghasilkan kebisingan yang lebih rendah dibandingkan dengan *wooden base propeller*, sehingga *carbon fiber serrated* menghasilkan kebisingan terendah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis secara pribadi ingin menyampaikan rasa terimakasih yang setinggi tingginya kepada pihak dan lembaga yang telah berkontribusi atas tersusunnya jurnal ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, dr. K. (2019). *Dampak Buruk Polusi Suara Terhadap Kesehatan*.
- Calignano, F., Lorusso, M., & Roppolo, I. (2020). *Investigation of the Mechanical Properties of a Carbon Fibre-Reinforced Nylon Filament for 3D Printing. Figure 1*.
- Description, W., Description, L. O. G., Properties, P., Properties, A., Durability, N., Of, R., & Treatment, A. P. (2012). *Pinus merkusii*.
- Dronenthusiast. (2014). *What Are the Best Silent Drone Choices and What Applications Are They Good For?*
- File, D. (2017). *ADVISORY CIRCULAR Wooden propellers. December, 0–17*.
- Harahap, R. O. (2017). *Studi Eksperimental Reduksi Kebisingan Menggunakan Reactive Muffler Pada Pesawat Tanpa Awak Nvc Usu. 137*.
- Howe, M. S. (1991). *Aerodynamic noise of a serrated trailing edge. 5(1), 33–45*.  
[https://doi.org/10.1016/0889-9746\(91\)80010-B](https://doi.org/10.1016/0889-9746(91)80010-B)
- Tingkat baku kebisingan, (1996).
- NASA. (2010). *Measurement Uncertainty Analysis Principles and Methods. NASA Measurement Quality Assurance Handbook, July*.

- Ning, Z., Wlezien, R., & Hu, H. (2017). An experimental study on small UAV propellers with serrated trailing edges. *47th AIAA Fluid Dynamics Conference, 2017, June*, 1–17.  
<https://doi.org/10.2514/6.2017-3813>
- Rutkay, B. D. (2014). *A Process for the Design and Manufacture of Propellers for Small Unmanned Aerial Vehicles*. 1–74.
- Solidwork. (n.d.). *INTRODUCING SOLIDWORKS Contents*.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Vexmatech. (n.d.). *Carbon Fiber Nylon Material*.