

PENGUKURAN *THRUST* DAN *RPM PROPELLER MOTOR BRUSHLESS* PADA *UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)*

Ahmad Alfiannor⁽¹⁾, Lilies Esthi Riyanti⁽²⁾, Andri Kurniawan^{(3)*}

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia, Curug, Tangerang

e-mail: ¹ahmadalfiannor9@gmail.com, ²lilies.esthi@ppicurug.ac.id,

³andri.kurniawan@ppicurug.ac.id

Received :
31 Des 2022

Revised :
10 Mar 2022

Accepted :
12 Mar 2022

Abstrak: Salah satu komponen terpenting dari *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* adalah brushless motor dan *propeller*, mayoritas produsen komponen RC (baterai, *ESC*, dan *propeller*) tidak mencantumkan pengukuran kinerja empiris yang akurat. Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengukur *thrust* dan *RPM* pada saat proses perancangan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* agar dapat menyesuaikan kekuatan *propeller* dengan kebutuhan dari UAV tersebut. Metode yang digunakan adalah metode *research and development*, yaitu menghasilkan produk dan menguji keefektifan produk tersebut. pengujian dilakukan dengan menggunakan *propeller APC Electric 9x6* dengan mengambil data pada 10 *RPM* yang berbeda kemudian data tersebut akan dibandingkan dengan data dari hasil analisis CFD sebagai validasi. Hasil pengujian dari *propeller APC Electric 9x6* dengan analisis CFD mempunyai grafik *completely agree* yang artinya bisa disimpulkan hasil dari alat uji ini sudah tervalidasi.

Kata Kunci: CFD, *Propeller*, *RPM*, *Thrust*, UAV

Abstract: *One of the most important components of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a brushless motor and propeller, the majority of RC component manufacturers (battery, ESC, and propeller) do not list accurate empirical performance measurements. The purpose of this study was to be able to measure thrust and RPM during the design process of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in order to be able to adjust the power of the propeller to the needs of the UAV. The method used is the research and development method, which is to produce a product and test the effectiveness of the product. the test is carried out using the APC Electric 9x6 propeller by taking data at 10 different RPMs then the data will be compared with data from the results of CFD analysis as validation. The test results of the APC Electric 9x6 propeller with CFD analysis have completely agree graphs, which means that it can be concluded that the results of this test tool have been validated.*

Keyword: CFD, Propeller, RPM, Thrust, UAV

Pendahuluan

Penerbangan tanpa awak atau yang lebih dikenal dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) telah menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari. Berdasarkan penelitian Oeckel et al. (2019) pada tahun 2017, jumlah drone komersial yang dijual di seluruh dunia melebihi 3,5 juta dan terus meningkat. Pesawat tanpa awak dapat digunakan untuk misi-misi yang memerlukan pantauan dari udara. Beberapa penggunaan pesawat tanpa awak yaitu pada saat pemetaan wilayah, pantauan kondisi bencana, ataupun pada bidang pertanian. Pesawat tanpa awak yang umum digunakan yaitu berjenis quadcopter yang biasa disebut drone dan jenis pesawat sayap tetap atau fixed wing. Kedua jenis pesawat tanpa awak tersebut memerlukan gaya dorong yang dihasilkan dari sistem propulsi.

Peralatan/attachmen dari *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) juga harus mendukung untuk dapat menghasilkan robot terbang yang berkualitas dan sesuai dengan kemampuan yang diinginkan. Salah satu komponen terpenting dari *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah brushless motor dan *propeller*. Brushless motor dan *propeller* merupakan komponen yang dapat mengangkat UAV ke udara, sehingga makin besar gaya angkat/dorong yang dihasilkan oleh brushless motor dan *propeller* maka makin besar pula beban yang mampu diangkat oleh *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Rahnamai (2016) menyatakan besaran gaya dorong perlu diketahui agar mengoptimalkan fungsi ataupun

kegunaan dari UAV tersebut, karena perlu penyesuaian antara kekuatan thrust dengan kebutuhan fungsi dari UAV tersebut.

Mayoritas produsen komponen RC (baterai, ESC, dan *propeller*) tidak mencantumkan pengukuran kinerja empiris yang akurat untuk bagian-bagian ini. Mereka yang sebagian mencantumkan data pengukuran, mungkin untuk meningkatkan nilai produk atau untuk mendorong penjualan. Oleh karena itu, menurut Prior (2019) sangat penting bagi pengguna untuk mencari data secara online dan atau melakukan *static thrust* tes mereka sendiri. Maka dalam perancangan desain UAV, diperlukan sebuah alat bench test yang mencakup *revolutions per minute* dan *thrust* dari *propeller* untuk mengetahui berapa besaran thrust dan RPM yang dihasilkan oleh *propeller*, hal ini juga dibutuhkan oleh tim aeromodelling PPI Curug dalam mengikuti lomba aeromodelling untuk mengetahui thrust yang dihasilkan dari *propeller* yang akan dipakai dalam lomba tersebut.

Penelitian sejenis seperti sebelumnya pernah dilakukan oleh Ida Bagus Dharmawan, dkk (2017) dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji Gaya Dorong (Trust Force) Motor Brushless” dan dilakukan oleh Syaeful Akbar (2018) dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Gaya Dorong Dan Kecepatan Putaran Motor Brushless”. Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian penulis ialah penelitian oleh Ida Bagus Dharmawan, dkk tidak menggunakan *IR Sensor* sebagai alat ukur dari *propeller*,

penelitian oleh Syaeful Akbar menggunakan timbangan digital dan desain *IR Sensor* memakan banyak tempat. Oleh karena itu penulis memiliki ide untuk merancang *propeller* bench test dengan menggunakan Load Cell dan *IR Sensor* dengan desain yang lebih sederhana dan tidak memakan banyak tempat.

Metode

Metode penelitian yang digunakan Research and Development (R&D) dasar yang diacu dari Sugiyono (2013). Metode R & D digunakan untuk mengembangkan produk dan menguji alat ukur *thrust* dan RPM propeller motor brushless berbasis Arduino yang digunakan pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah perancangan yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri dari 10 langkah meliputi: potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, ujicoba produk, revisi produk, ujicoba pemakaian, revisi produk, dan produksi. Potensi dan masalah telah dilakukan melalui studi pendahuluan dengan menganalisis kebutuhan akan produk baru. Validasi produk dalam penelitian ini melibatkan pakar propulsi dan pakar perawatan pesawat. Uji coba akan dilakukan pada dengan melaksanakannya di Hangar 01 Teknik Pesawat Udara, PPI Curug.

2. Uji Coba Alat

Uji coba rancangan alat ukur *thrust* dan RPM propeller motor brushless berbasis Arduino yang digunakan pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dilakukan secara uji statis. Propeller diuji tanpa diberikan aliran udara yang mengalir menuju propeller.

3. Analisis Ketidakpastian

Analisis ketidakpastian digunakan untuk menentukan ketidakpastian variabel yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Analisis ketidakpastian dihitung untuk mendukung keputusan berdasarkan pengukuran. Oleh karena itu, berdasarkan NASA (2010) ketidakpastian perkiraan harus secara realistis mencerminkan proses pengukuran. Metode analisis ini memberikan pendekatan komprehensif untuk memperkirakan ketidakpastian pengukuran.

4. Indikator Validasi Produk

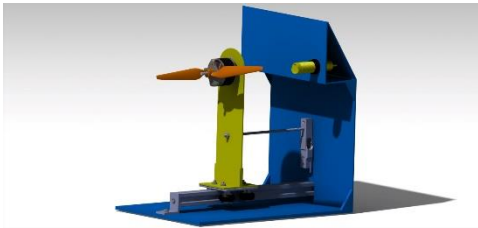
Menurut Sugiyono (2013) validasi merupakan proses kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk secara rasional akan lebih efektif dari yang sudah ada atau tidak. Dalam metode validasi ini penulis menggunakan validasi silang, menurut Berrar (2018) validasi silang adalah salah satu metode resampling data yang paling banyak digunakan untuk memperkirakan prediksi yang sebenarnya kesalahan model dan untuk menyesuaikan parameter model. Indikator alat ukur *thrust* dan RPM propeller motor brushless berbasis Arduino dalam penelitian ini ditentukan dengan membandingkan hasil uji *thrust* dan RPM Propeller yang dihasilkan oleh produk dengan hasil simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

Tahapan Perancangan

1. Perancangan Sistem Mekanikal

Rancangan alat ukur *thrust* dan *RPM* dibuat menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler dari alat ini dan terhubung dengan sensor-sensor yang telah ditentukan untuk mengukur *thrust* dan menghitung *RPM*. Dan untuk rangka

yang digunakan pada alat ini adalah alumunium dengan ketebalan 5 mm untuk rangka dasar, dan alumunium dengan ketebalan 3 mm sebagai rangka penopang.

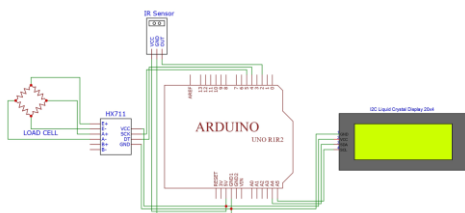


Gambar 1. Desain rancangan

Pada bagian depan rangka terdapat V-Slot 2020 sebagai rel yang terhubung dengan alumunium tegak lurus ke atas sebagaiudukan untuk motor brushless dan *propeller* yang akan melakukan test pada alat ini. Kemudian pada alumunium ini dipasang drat ulir dengan panjang 100 mm untuk menghubungkan ke load cell yang akan ditarik sebagai sensor dari *thrust*.

Pada bagian belakang rangka diberikan ruang untuk menempatkan arduino dan wiring dari sensor-sensor yang digunakan. Lalu pada bagian rangka belakang juga akan diberikan lubang untuk menempatkan sensor inframerah sebagai sensor untuk menghitung *RPM* pada *propeller*.

2. Perancangan Sistem Elektronik



Gambar 2. Wiring diagram sistem elektronik

Perangkat elektronik pada alat ukur *thrust* terdiri dari *load cell*, arduino board, dan *LCD screen*. Untuk *load cell* terdapat 4 buah kabel yang akan dihubungkan pada modul hx711 terlebih dahulu kemudian dari hx711

dihubungkan lagi menuju arduino board untuk diolah data nya dan ditampilkan pada *LCD screen*.

Perangkat elektronik pada alat ukur *RPM* terdiri dari *infrared sensor*, arduino board, dan *LCD screen*. *Infrared sensor* memiliki 3 kabel dan langsung dihubungkan dengan arduino board untuk diolah data nya dan ditampilkan pada *LCD screen*.

3. Validasi Hasil Pengukuran

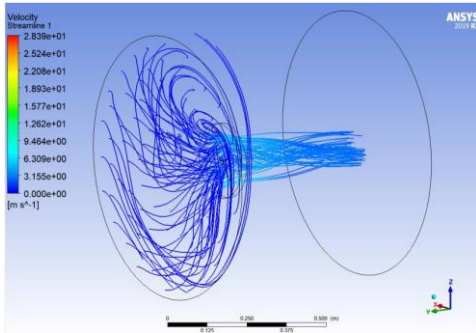
Dalam metode validasi ini, penulis menggunakan *propeller APC Electric 9x6* sebagai master, yang dimana *propeller* ini juga akan disimulasikan dengan *software ANSYS* dengan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dan data yang didapatkan dari hasil analisis CFD akan menjadi data perbandingan dari data yang dihasilkan dari alat yang dirancang.

Proses penghitungan numerik menggunakan CFD dapat dilakukan oleh beberapa *software* yang memiliki kode CFD. Pada penelitian proses simulasi menggunakan salah satu yang termasuk ke dalam *software CFD*, yaitu *software ANSYS Fluent 2019*. Pada pada tahap simulasi ini terdapat proses *pre process* dan *solver*.

Tabel 2. Hasil simulasi CFD propeller

RPM	Thrust (N)
2333	0,5734
2620	0,7158
2901	0,8788
3145	1,0534
3476	1,2860
3779	1,5232
4079	1,7292
4353	1,9976
4667	2,2142
4963	2,5930

Setelah mendapatkan data *thrust* dan *RPM* dari hasil analisis CFD yang telah dilakukan, maka perlu dihitung koefisien *thrust* untuk sebagai data perbandingan dengan data eksperimen.



Gambar 3. Aliran streamline fluida hasil simulasi CFD

Tabel 3. Hasil perhitungan koefisien *thrust* pada data CFD

RPM	Thrust (N)	CT
2333	0,5734	0,1157
2620	0,7158	0,1145
2901	0,8788	0,1147
3145	1,0534	0,1170
3476	1,2860	0,1169
3779	1,5232	0,1172
4079	1,7292	0,1142
4353	1,9976	0,1158
4667	2,2142	0,1117
4963	2,5930	0,1156

4. Ujicoba Rancangan

Pada uji coba ini penulis menggunakan motor Sunnysky X2820-800 KV dan ESC dengan 60 A. Adapun untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran eksperimen, maka dilakukanlah analisis ketidakpastian. Ketidakpastian tersebut diantaranya terdapat pada pengukuran koefisien *thrust*.

Hasil dan Pembahasan

Dalam eksperimen ini dilakukan pengukuran masing-masing 10 kali dengan *RPM* yang berbeda. Dalam setiap pengukuran terdapat 20 sampel data seperti dalam tabel 4.

Setelah menghitung analisis ketidakpastian dan koefisien *thrust* dari masing-masing sampel data, maka didapatkan hasil seperti tabel 5.

Kemudian data yang telah didapatkan dan telah dihitung rentang

ketidakpastiannya, maka akan dibandingkan dengan data yang telah diambil melalui analisis CFD, data perbandingan dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 3.

Tabel 4. Tabel hasil perhitungan koefisien *thrust*

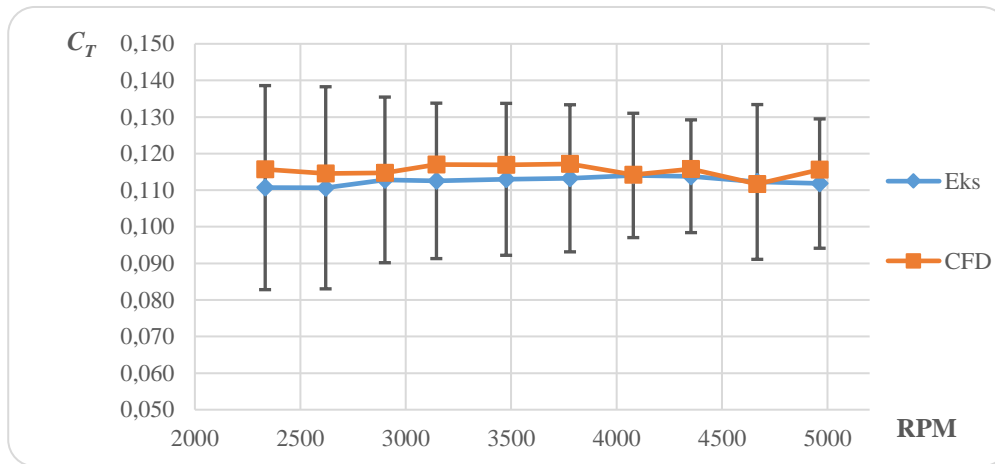
RPM	Thrust (N)	CT
2333	0,5485	0,1107
2620	0,6914	0,1107
2901	0,8642	0,1128
3145	1,0133	0,1125
3476	1,2425	0,1130
3779	1,4722	0,1132
4079	1,7271	0,1140
4353	1,9631	0,1138
4667	2,2256	0,1122
4963	2,5069	0,1118

Tabel 5. Nilai batas keyakinan pada pengukuran *thrust propeller APC Electric 9x6*

RPM	CT
2333	0,1107 ± 0,028
2620	0,1107 ± 0,028
2901	0,1128 ± 0,023
3145	0,1125 ± 0,021
3476	0,1130 ± 0,021
3779	0,1132 ± 0,020
4079	0,1140 ± 0,017
4353	0,1138 ± 0,015
4667	0,1122 ± 0,021
4963	0,1118 ± 0,018

Tabel 6. Perbandingan koefisien *thrust* pada setiap *RPM*

Eksperimen		CFD	
RPM	CT	RPM	CT
2333	0,1107 ± 0,028	2333	0,1157
2620	0,1107 ± 0,028	2620	0,1145
2901	0,1128 ± 0,023	2901	0,1147
3145	0,1125 ± 0,021	3145	0,1170
3476	0,1130 ± 0,021	3476	0,1169
3779	0,1132 ± 0,020	3779	0,1172
4079	0,1140 ± 0,017	4079	0,1142
4353	0,1138 ± 0,015	4353	0,1158
4667	0,1122 ± 0,021	4667	0,1117
4963	0,1118 ± 0,018	4963	0,1156



Gambar 4. Grafik Perbandingan koefisien *thrust* pada setiap RPM

Kesimpulan

Simpulan perancangan dan pengujian alat ukur *thrust* dan RPM *propeller* motor brushless adalah alat terbagi menjadi dua rangka yaitu rangka utama dan dudukan motor brushless, dan setelah dilakukan ujicoba, alat berfungsi dengan baik. Pengujian alat ukur *thrust* didapatkan grafik perbandingan yang menunjukkan *completely agree*, maka dapat disimpulkan hasil dari alat ukur *thrust* yang telah diuji tervalidasi. Pengujian alat ukur RPM didapatkan grafik perbandingan yang menunjukkan *completely agree*, maka dapat disimpulkan hasil dari alat ukur RPM yang telah diuji tervalidasi.

Daftar Pustaka

- Argyropoulos, C. D., & Markatos, N. C. (2015). Recent advances on the numerical modelling of turbulent flows. *Applied Mathematical Modelling*, 39(2), 693–732. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.07.001>
- Berrar, D. (2018). Cross-validation. *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology: ABC of Bioinformatics*, 1–3(January 2018), 542–545. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20349-X>
- Charles L. Rodriguez. (2016). *Module 17A : Propeller*. Aircraft Technical Book Company.
- Elektrologi. (2021). *LCD 20x4*. Elektrologi.Iptek.Web.Id. <https://elektrologi.iptek.web.id/lcd-20x4/>
- Gerhart, P. M., Gerhart, A. L., & Hochstein, J. I. (2016). *Fundamentals of Fluid Mechanics, 8th Edition*.
- Julius Lucky. (2017). *Analisa Proses Friction Stir Welding Pada Plat Aluminium Jenis A1100*. 20.
- Media, Il. (2021). *Pengertian Arduino UNO*. Ilearning.Me. <https://illearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>
- NASA. (2010). Measurement Uncertainty Analysis Principles and Methods. *NASA Measurement Quality Assurance Handbook*, July.
- Oeckel, K., Angermann, S., Frahm, A., Kümmritz, S., Kerscher, M., & Heilmann, G. (2019). Validation of optoacoustic *propeller* noise examinations. *INTER-NOISE*

- 2019 MADRID - 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 1–12.
- Placko, D. (2007). Fundamentals of Instrumentation and Measurement. In *Fundamentals of Instrumentation and Measurement*. <https://doi.org/10.1002/9780470612026>
- Prior, S. D. (2019). Optimizing Small Multi-Rotor Unmanned Aircraft. In Taylor & Francis Group. CRC Press/Balkema. <https://doi.org/10.1201/9780429428364>
- Rasyid, A. (2020). *Pengertian Sensor Beban Load Cell*. Samrasyid.Com. <https://www.samrasyid.com/2020/12/pengertian-sensor-beban-load-cell.html>
- S. Selig, M. (2011). Finding Needles in Haystacks (the size of countries). *AIAA Aerospace Sciences Meeting 4-7 January 2011, 1(October)*, 1–18.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*. Alfabeta.
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik* (Vol. 4). PT. Pradnya Paramita Jalan Bunga 8 - 8A Jakarta 13140.
- Tu, J., Yeoh, G.-H., & Liu, C. (2018a). Computational Fluid Dynamics. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Tu, J., Yeoh, G. H., & Liu, C. (2018b). Computational fluid dynamics: A practical approach. In *Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach*.
- Versteeg, H. K., Malalasekera, W., Orsi, G., Ferziger, J. H., Date, A. W., & Anderson, J. D. (1995). An Introduction to Computational Fluid Dynamics - The Finite Volume Method. In *Fluid flow handbook*. McGraw-Hill
- Xu, C. (2015). CFD Investigation into Propeller Spacing and Pitch Angle for a Ducted Twin Counter Rotating Propeller System. *School of Aerospace Mechanical and Manufacturing Engineering College of Science Engineering and Health RMIT University, June*.
- Zakariah, M. A. (2020). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research and Development (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah.