

Rancang Bangun Motor Brushless Direct Current Three Phase Axial Flux Nylon Carbon Fiber pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Gamma Aditya Rahardi

gamma.rahardi@unej.ac.id
Universitas Jember

Adi Purtanto

Putrantoa19@gmail.com
Universitas Jember

Widyono Hadi

Widyono@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Pesawat tanpa awak atau Pesawat nirawak (Unmanned Aerial Vehicle atau UAV), adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot. drone telah diterapkan dalam berbagai layanan seperti pengawasan Infrastruktur, pemetaan daerah pertanian, dan pemetaan daerah industry. Perancangan motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ini menggunakan bahan nylon carbon fiber pada penampang stator dan rotornya karena memiliki berat yang ringan dan kuat. Pengujian pertama mengetahui kinerja dari empat motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber dengan variasi sinyal dari throttle yang diberikan menghasilkan arus, daya dan kecepatan motor yang berbeda, untuk daya didapatkan dari hasil perhitungan akar tiga dikalikan dengan tegangan dikali arus. Setelah data terkumpul selanjutnya yaitu membandingkan motor pertama kedua ketiga dan keempat apakah ke empat motor yang di buat dengan konstruksi yang sama memiliki perbedaan arus, daya, gaya angkat maupun kecepatannya. Hasil pengujian menghasilkan motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber tersebut mempunyai beberapa kelebihan yaitu berat dari motor menggunakan bahan Nylon Carbon Fiber.

Kata Kunci — Unmanned Aerial Vehicle, motor BLDC, Axial flux, Nylon Carbon Fiber.

Abstract

Unmanned aircraft or Unmanned Aerial Vehicle (UAV), is a flying machine that functions with remote control by the pilot. drones have been applied in various services such as infrastructure surveillance, mapping of agricultural areas, and mapping of industrial areas. The design of the Axial Flux Nylon Carbon Fiber BLDC motor on this Unmanned Aerial Vehicle (UAV) uses nylon carbon fiber material on the stator and rotor cross sections because it has lightweight and is strong. The first test was to determine the performance of the four BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber motors with the variation of the signal from the given throttle resulting in different current, power, and motor speed, for power, obtained from the calculation of the root of three multiplied by the voltage times the current. After the data has been collected, the next step is to compare the first, second, third, and fourth motors, whether the four motors made with the same construction have different currents, power, lift, and speed. The test results produce a BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber motor that has several advantages, namely the weight of the motor using Nylon Carbon Fiber material.

Keywords — Unmanned Aerial Vehicle, motor BLDC, Axial flux, Nylon Carbon Fiber.

I. PENDAHULUAN

Drone merupakan pesawat tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh. Pesawat tanpa awak atau Pesawat nirawak (Unmanned Aerial Vehicle atau UAV), adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, komponen Unmanned Aerial Vehicle yang memiliki peran penting dalam menerbangkannya salah satunya adalah motor BLDC tiga fasa yang beredar dipasaran. Motor listrik menjadi kebutuhan penting dalam bidang teknologi. Salah satu perkembangan dari motor BLDC tiga fasa yaitu Motor BLDC AFPM (Axial flux Permanent Magnet) dan RFPM (Radial Flux Permanent Magnet). AFPM mempunyai kelebihan dibandingkan dengan tipe RFPM, Keunggulan dari AFPM yaitu dalam hal daya penarikan beban, celah udara, torsi, bobot yang lebih ringan, dan pembuangan panas yang lebih baik daripada RFPM, celah udara dari RFPM berkisar 1 mm dapat membuat kerapatan medan magnet pada celah udara suhu menjadi lebih tinggi sehingga mengurangi efisiensi dari motor tersebut, sedangkan tipe AFPM memiliki celah udara yang lebih lebar sehingga tidak akan terjadi panas pada celah udara tersebut.

Penelitian ini menjawab beberapa permasalahan atau pertanyaan yang muncul mengenai pembuatan motor BLDC dari segi bahan maupun jenis bldc tipe AFPM dan RFPM. Sehingga dapat mengetahui pengaruh bahan pada motor BLDC terhadap torque dan RPM motor dan mengetahui pengaruh RPM, torque dan daya angkat dari perubahan konstruksi magnet permanent. Diharapkan setelah mengetahui parameter.

Bahan Nylon Carbon Fiber sebagai konstruksi penyusun motor dipilih dalam penelitian ini karena memiliki banyak keunggulan daripada bahan lainnya. Saat ini pemakaian komposit sebagai part body kendaraan sudah menjadi tren, dan Carbon Fiber Composite (CFC) menjadi pilihan dikarenakan CFC memiliki strength to weight ratio yang



sangat tinggi

Pada penelitian ini akan dikembangkan Nylon Carbon Fiber pada desain part body motor listrik BLDC Axial flux Permanent Magnet diharapkan dapat menambah kekuatan konstruksi dan penurunan bobot dari motor listrik tersebut agar mengurangi rugi-rugi daya angkat sehingga Unmanned Aerial Vehicle (UAV) menjadi lebih efisien.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengukuran nilai arus keluaran, tegangan masukan, kecepatan motor, tegangan fasa motor, frekuensi motor. Pada bab ini akan menjelaskan waktu, tempat jenis data, ruang lingkup, sumber data, dan metode penelitian yang dilakukan.

A. Rancangan Penelitian

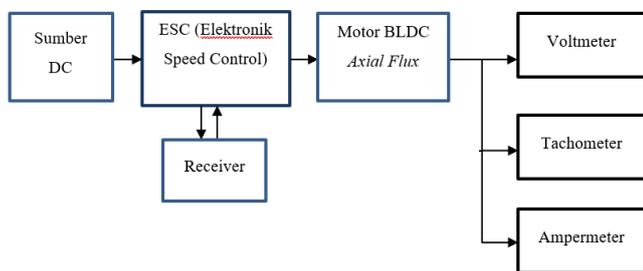
Penelitian rancang bangun motor Axial Flux BLDC tiga fasa dengan bahan penampang Nylon Carbon Fiber pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

Perancangan penelitian ini meliputi mendesain penampang motor dengan software corel draw dan blender sesuai dengan besar yang di butuhkan untuk motor drone, diameter dan ketebalan magnet, besar bearing, jumlah pole, dan jumlah magnet.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecepatan motor, tegangan motor, arus motor. Dengan pengujian parameter tersebut dapat diketahui torsi motor, rugi daya motor, daya mekanis motor dan efisiensi motor. Setelah mendapatkan data tersebut dapat diidentifikasi kekuatan angkat dari motor tersebut dari rpm terendah sampai dengan tertinggi dapat mengangkat beban berapa gram.

B. Rancangan Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir pelaksanaan penelitian serta blok diagram perancangan sistem untuk melakukan analisis.



Gbr.1 Blok Diagram Sistem

Dari gambar blok diagram (Gambar 1) dapat diketahui bahwa untuk memutar motor BLDC melalui beberapa tahap dari yang pertama sumber DC 12 Volt menuju driver motor ESC (Elektronik Speed Control) yang berfungsi untuk memvariasikan kecepatan motor listrik dan sebagai rem dinamis, dimana sinyal pwm di hasilkan dari modul servo tester CCPM untuk pengendalinya, kemudian motor listrik

dapat berputar sesuai dengan besar throttle dibuka. untuk pengambilan data menggunakan voltmeter, tachometer, dan amperemeter.

C. Rancangan Penelitian

Pada perencanaan motor BLDC ini mengacu pada rpm yang dapat di hasilkan oleh motor agar dapat mengangkat unmanned aerial vehicle itu sendiri yang biasa di sebut dengan gaya dorong atau thrust force. Maka Langkah berikutnya untuk menentukan target rpm pada motor BLDC yang akan di bangun menggunakan table penelitian dari jackerber sebagai berikut:

1. Data Motor DC Brushles

Motor: DJI E300 (2212/920Kv) - Page 4 of 4

Prop: DJI 9443 Self Locking prop (plastic blades)

3S (12.3V)

Throttle	Volts	Amps	Watts	RPM	Thrust(g)	Winding Temp
25%	12.42	0.93	12	3375	78	71/22
50%	12.38	2.05	25	4892	210	72/22
75%	12.25	4.85	57	8681	428	74/23
100%	12.05	9.18	111	8220	701	78/28

2. Perencanaan Kecepatan motor dan Konstruksi Motor

Konstruksi motor yang akan di buat 6 slot dan 8 pole, magnet neodmium, dapat menghasilkan rpm 2365. Berdasarkan referensi yang digunakan mengatakan Axial Flux Permanent Magnet BLDC motor dengan konstruksi 6 slot dan 8 pole memiliki efisiensi 60% hingga 71%, kecepatan putaran maksimum pada 2364 rpm. Untuk mencapai kecepatan maksimum tersebut menggunakan tegangan sebesar 24volt frekuensi 24 Hz. untuk mengetahui berapa besaran arus yang mengalir pada kawat bisa dilihat dibawah ini:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{1,73 \cdot V}$$

$$I = \frac{10}{1,73 \cdot 12}$$

$$I = 0,481 \text{ A}$$

Dari rumus diatas memiliki target daya (P) sebesar 10 watt kemudian pada umumnya motor drone menggunakan tegangan (V) 12 volt, untuk mencari arus (I) yang mengalir pada motor didapat arus sebesar 0,481 A. Kemudian mencari kecepatan (Nr) dari perancangan motor drone dengan rumus dibawah ini:

$$Nr = \frac{120 f}{p}$$

$$Nr = \frac{120 \cdot 50}{2}$$

$$Nr = 3000 \text{ RPM}$$

Dari rumus diatas diketahui (Nr) sebesar 3000 RPM yang diinginkan dengan memiliki jumlah kutup (p) sebesar 6 kutup. Dikarenakan untuk merancang motor BLDC 3 fasa jumlah kutup dibagi dengan jumlah fasa. Untuk mengetahui torsi yang di dapat dari daya 10 watt dirumuskan sebagai berikut:

$$\omega = 2\pi \frac{Nr}{60}$$

$$\omega = 2 \times 3,14 \frac{3000}{60}$$

$$\omega = 314 \text{ rad/s}$$

Sebelum mencari torsi dengan daya 10 watt mencari omega (ω) terlebih dahulu dengan omega 314 rad/s, dengan kecepatan 3000 RPM didapat dari perhitungan. Setelah mengetahui nilai omega lalu mencari nilai torsi yang diperoleh motor dengan daya sebesar 10 watt dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{10}{314}$$

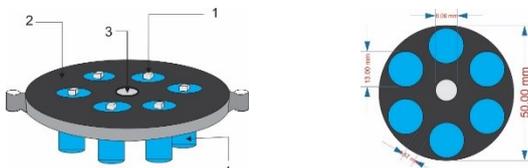
$$T = 0,0318 \text{ Nm}$$

Dari rumus diatas mendapatkan nilai torsi 0,0318 Nm dari daya 10 watt dan omega 314 rad/s.

3. Desain Motor

Untuk desain motor BLDC Axial Flux Permanent Magnet tersusun dari bagian stator dan rotor yang ditunjukkan pada Gambar 2.

a. Desain Stator

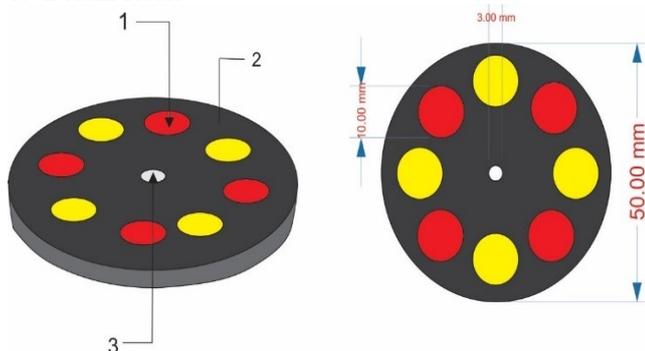


Gbr. 2. Desain 3D stator dan desain 2D stator

Keterangan gambar:

1. Inti besi 2mm
2. Stator diameter 50 mm ketebalan 3 mm.
3. Bearing diameter 8mm.
4. Spul 115 lilitan diameter kawat email 0.5 mm, diameter spul 13 mm.

b. Desain Rotor



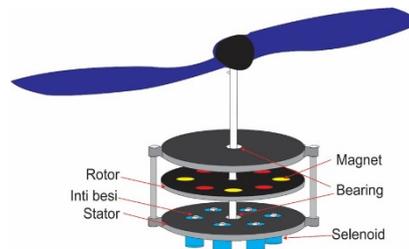
Gbr. 3. Desain rotor 3d dan Desain rotor 2d

Keterangan gambar:

1. Magnet neodymium diameter 10 mm tebal 3 mm.
2. Penampang rotor diameter 50 mm tebal 3mm.
3. Lubang as bearing 3mm.

4. Desain konstruksi motor BLDC Axial Flux Permanent Magnet

Magnet yang digunakan adalah jenis neodymium berdiameter 1 Centimeter disusun secara U-S-U-S. Pada bagian spul menggunakan kawat email dengan diameter 0,5 milimeter menggunakan inti besi. Untuk bearing menggunakan ukuran diameter luar 8 milimeter, diameter dalam 3 milimeter sehingga ukuran as menyesuaikan diameter dalam dari bearing yaitu 3 milimeter



Gbr.4. Desain konstruksi 3D Motor BLDC Axial Flux Permanent Magnet Nylon Carbon Fiber Pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Keterangan:

1. Rotor berbahan nylon carbon fiber diameter 5 cm tebal 3 mm.
2. Inti besi diameter 3 mm.
3. Stator berbahan nylon carbon fiber diameter 3 mm.
4. Magnet neodymium diameter 1 cm tebal 3mm.
5. Bearing berukuran diameter luar 8mm dan diameter dalam 3mm.
6. Solenoid /spul menggunakan kawat tembaga dengan diameter 0.5 mm berjumlah 115 lilitan tiap satu solenoid.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan dari hasil pengujian motor BLDC (Brushless Direct Current) 3 phase axial flux nylon carbon fiber pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Penelitian ini merancang dan membuat motor BLDC axial flux 3 phase dengan bahan nylon carbon fiber pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan menggunakan konstruksi stator tunggal yang memiliki kutub berjumlah 6, setiap kumparan memiliki jumlah lilitan sebanyak 115 yang didapatkan dari menggulung spul dengan diameter kumparan maksimal 18 mm hingga penuh dan menghasilkan sebanyak 115 lilitan, Pada tiap kumparan stator diberikan kawat email dengan ukuran 0,5 mm. 3 kumparan dihubungkan secara seri dan kumparan lainnya dihubungkan secara delta.

Selanjutnya untuk konstruksi rotor pada penelitian ini menggunakan 8 kutub kumparan dengan magnet atau poles yang digunakan sebanyak 8 buah dengan diameter 1 cm ketebalan 3 mm yang disusun secara berseling (kutub utara dan kutub selatan). Untuk memutar motor BLDC tersebut menggunakan driver motor dari pabrik yang digunakan pada drone atau unmanned aerial vehicle pada umumnya.

Pada desain motor, bentuk dari rotor dibuat seperti piringan menggunakan bahan nylon carbon fiber karena kelebihannya yang ringan dan kuat dicetak menggunakan 3D print dengan ukuran diameter 5 cm ketebalan 3 mm, rotor dibuat lubang yang mengelilingi piringan sejumlah 8 sebagai peletakan magnet neodmium dengan diameter lubang 1 cm menyesuaikan jumlah dan ukuran dari magnet neodmium yaitu 10 x 3 mm sebanyak 8 buah magnet. Untuk desain dari stator juga menggunakan bahan nylon carbon fiber diameter menyesuaikan dari ukuran rotor yaitu sama 5 cm dengan ketebalan 3 mm.

Pengujian motor ini meliputi dua pengujian yaitu pengujian motor tanpa beban dan pengujian 4 motor menggunakan beban. Pada pengujian tanpa beban setiap motor di uji menggunakan driver motor dengan sumber tegangan 12 Volt dengan variasi sinyal dari throttle dapat diketahui karakteristik tiap motor dilihat dari arus, daya, dan kecepatan motor. Pengujian kedua menggunakan beban, pengujian ini ke empat motor di pasang pada UAV di beri baling-baling dan di hubungkan dengan driver motor, flight control, receiver, dan remot sebagai transmitter dengan tegangan dari baterai lippo 12 Volt. Hal ini bertujuan untuk mengetahui arus, dan daya angkat dari ke empat motor tersebut.

A. Pengujian Motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber

Adapun hasil pengujian motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber pada UAV untuk mengetahui berat dari motor, kecepatan, tegangan, arus dan daya angkat dari motor tersebut. Spesifikasi berat dan pengukuran dari motor BLDC Axial Flux 3 Phase Nylon Carbon Fiber dari hasil pengujian berupa tegangan, arus, dan kecepatan putaran motor ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL I
SPESIFIKASI MOTOR BLDC AXIAL FLUX 3 PHASE NYLON CARBON FIBER

Keterangan	Simbol	Nilai
Lilitan	N	115 lilitan
Kutub	P	6 kutub
Diameter	D	0.050 meter
Jari-jari rotor	r	0.025 meter

Pada motor BLDC Axial Flux 3 Phase Nylon Carbon Fiber memiliki diameter 5 cm pada stator dan rotornya. Pada stator memiliki 6 kutub kumparan, dan tiap kumparan terdiri dari 115 lilitan dengan ukuran diameter kawat email sebesar 0,5 mm.

Dapat dilihat pada table 2 bahwa hasil pengukuran massa komponen penyusun dari motor BLDC 3 Phase Axial Flux Nylon Carbon Fiber memiliki total massa sebesar 88,8 gram.

Dalam penggunaan bahan nylon carbon fiber terbukti efektif dalam pengurangan beban dari tabel diatas berat dari penampang rotor dan stator hanya memiliki berat sebesar 3,5 Gram saja sedangkan penyumbang berat terbesar ialah dari spool dan inti besi masing-masing memiliki berat total hingga 31 gram.

TABEL 2
HASIL PENGUKURAN MASSA KOMPONEN PENYUSUN MOTOR BLDC AXIAL FLUX NYLON CARBON FIBER

No	Nama	Jumlah	Massa (Gram)	Massa Total (Gram)
1	Magnet Neodymium	8	2	16
2	Penampang Rotor	1	3,5	3,5
3	Bearing	2	2	4
4	Penampang Stator	1	3,5	3,5
5	Spool	6	5,3	31,8
6	Inti besi	6	5	31
Massa Total				88,8

TABEL 3
HASIL PENGUKURAN MASSA KOMPONEN PENYUSUN MOTOR BLDC AXIAL FLUX BAHAN AKRELIK

No	Nama	Jumlah	Massa (gram)	Massa Total (gram)
1	Magnet Neodymium	8	2	16
2	Penampang Rotor	1	7,1	7,1
3	Bearing	2	2	4
4	Penampang Stator	1	7,1	7,1
5	Spool	6	5,3	31,8
6	Inti besi	6	5	31
Massa Total				97

Dari tabel 3 merupakan hasil pengukuran Massa komponen penyusun motor BLDC Axial Flux menggunakan bahan akrilik di dapat total dari massa tersebut adalah 97 gram. Untuk bahan akrilik digunakan pada penampang stator dan penampang rotor masing masing memiliki massa 7,1 gram.

Dari hasil pengukuran pada tabel 2 dan 3 di dapat hasil perbandingan massa motor untuk massa motor berbahan nylon carbon fiber keseluruhan seberat 88,8 gram, sedangkan untuk motor dengan bahan akrilik mempunyai massa total 97 Gram. Kedua motor tersebut mempunyai perbedaan massa total karena perbedaan bahan penyusun motor tersebut. Untuk bahan nylon carbon fiber mempunyai massa lebih ringan pada stator dan rotornya dengan massa 3,5 gram. Sedangkan pada bahan akrilik massa dari stator dan rotornya adalah 7,1 gram. Jadi dapat disimpulkan bahwa bahan nylon carbon fiber lebih ringan daripada dengan bahan akrilik.

Pada table 4 menunjukkan hasil Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Flux Nylon Carbon Fiber Tanpa Beban dengan tegangan sumber yang sama menggunakan variasi throttle. Dari empat motor yang diuji memiliki karakteristik yang hampir sama. Semakin besar throttle di buka maka arus yang dihasilkan semakin meningkat diikuti dengan peningkatan dari kecepatan motor juga berbanding lurus dengan arus motor, semakin meningkatnya daya motor tersebut di dapat hasil perhitungan antara akar tiga dikalikan tegangan dengan arus menghasilkan daya. Daya output motor tersebut juga berbanding lurus dengan arus jika semakin besar arus motor tersebut maka daya output motor juga semakin besar, kecepatan dan daya output pada motor juga semakin besar.

Kecepatan diketahui dari pengukuran menggunakan tachometer yang sebelumnya motor dipasang encoder agar tachometer dapat membaca RPM yang didapat. Tegangan dan arus juga didapat dari voltampere. Untuk mendapatkan daya dengan cara perhitungan antara tungan motor dengan arus motor kemudian di akar tiga dikarenakan untuk motor BLDC 3 Phase menambah perkalian dengan mengakar tiga dihitung berdasarkan fasa yang digunakan.

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT 3 PHASE AXIAL NYLON CARBON FIBER TANPA BEBAN

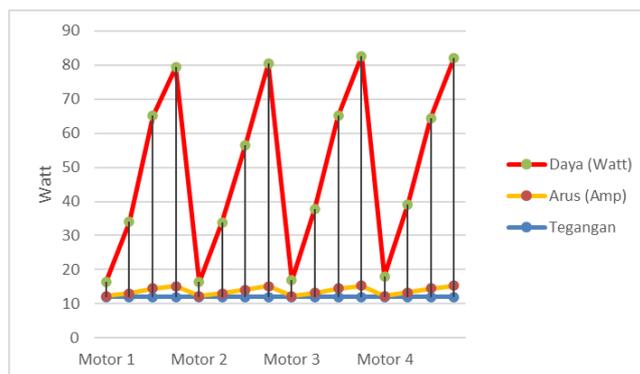
	Tegangan (Volt)	Throttle (%)	Arus (Amp)	Kecepatan (Rpm)	Daya (Watt)	Torsi (Nm)
Motor 1	12	25%	0,2	1191	4,08	0,20
	12	50%	1,03	6966	21,01	1,04
	12	75%	2,48	13728	50,59	2,51
	12	100%	3,15	15660	64,26	3,19
Motor 2	12	25%	0,2	1170	4,08	0,20
	12	50%	1,02	6863	20,81	1,03
	12	75%	2,08	10619	42,43	2,10
	12	100%	3,2	15389	65,28	3,24
Motor 3	12	25%	0,23	1388	4,69	0,23
	12	50%	1,2	6835	24,48	1,21
	12	75%	2,48	12894	50,59	2,51
	12	100%	3,3	14845	67,32	3,34
Motor 4	12	25%	0,28	1713	5,71	0,28
	12	50%	1,27	7067	25,91	1,29
	12	75%	2,45	12174	49,98	2,48
	12	100%	3,28	15504	66,91	3,32

B. Perhitungan Daya Output Motor Brushless Direct Current 3 Phase Fluks Axial Nylon Carbon Fiber

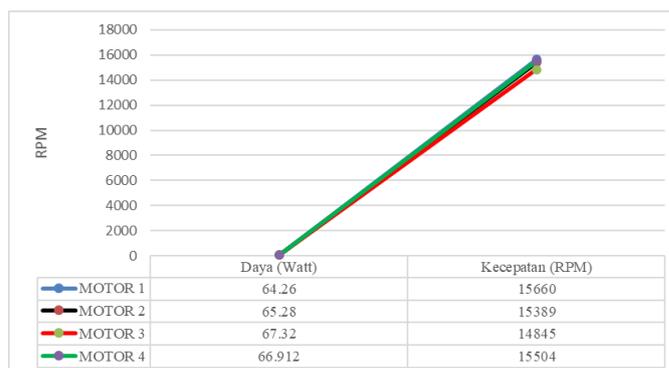
Dari uraian tabel data 4 dapat diketahui bahwa semakin besar throttle di buka arus, kecepatan dan daya motor Brushless Direct Current 3 Phase Fluks Axial Nylon Carbon Fiber akan semakin bertambah besar. Kecepatan motor maksimal pada pengujian ini sebesar 15660 RPM, Ketika throttle dibuka 100% menghasilkan arus 3,15 Amper dengan tegangan 12 Volt sehingga di ketahui daya keluaran tersebut sebesar 64,26 Watt. Perubahan throttle dan arus inilah yang menyebabkan putaran motor berubah. Dapat dirumuskan $P = \sqrt{3} \cdot E_a \cdot I_a$ contoh dari rumus adalah $P = \sqrt{3} \cdot 12 \cdot 3,15 = 64,26$

Watt diketahui E_a adalah tegangan motor dan I_a merupakan arus motor yang di buktikan dari Gambar 5.

Dari grafik hubungan antara arus dan daya dari keempat motor yang dihasilkan bahwa semakin besar arus maka daya yang diperoleh dari keempat motor tersebut juga semakin meningkat, sebagai contoh pada motor 1 saat arus sebesar 0,2 Ampere daya yang diperoleh 4,08 Watt, pada saat arus sebesar 2,48 Amper daya yang diperoleh sebesar 50,592 Watt yang diperoleh dari perkalian arus dan tegangan dikali akar tiga. Grafik tersebut juga menunjukkan hasil dari empat motor memiliki karakter yang hampir sama atau tidak jauh berbeda dari motor pertama hingga ke empat sebagai contoh daya maksimal dari motor ke satu dan ke dua menunjukkan hasil untuk motor ke satu memiliki daya maksimal 64,26 Watt dan motor ke dua 65,28 Watt. Dengan selisih karakter antar motor yang dibuat tidak jauh berbeda sehingga aman untuk diimplementasikan pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV).



Gbr. 5. Hubungan Arus dan Daya Output empat Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Flux Nylon Carbon Fiber.



Gbr. 6. Perbandingan Daya Dan Kecepatan ke empat Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Flux Nylon Carbon Fiber.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa perbedaan daya dari motor satu hingga motor ke empat hanya sebesar 2,652 Watt yaitu pada motor ke tiga dan motor ke satu perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan karena perbedaan antar motor lain lebih kecil lagi. Untuk perbedaan kecepatan motor tidak lebih dari 1000 RPM lebih tepatnya pada motor ke satu dan ketiga mempunyai selisih sebesar 815 RPM dan antar motor lainnya mempunyai selisih yang lebih kecil.

C. Pengujian Kecepatan, Arus, dan Daya Motor BLDC Pabrikasi Tipe 2212 9920 KV

Dalam pengujian motor BLDC tipe pabrikan ini menggunakan konstruksi jenis motor BLDC Radial out runner karena rotor yang berputar berada di bagian luar. Pengujian menggunakan sumber 12 volt dan pengukur kecepatan tachometer. Hasil dari pengukuran motor BLDC pabrikan tipe 2212 920 KV dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL 5
DATA PENGUJIAN MOTOR BLDC PABRIKAN TIPE 2212920 KV

	Throttle	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Kecepatan (RPM)
Motor 1	100%	12	0,49	10,00	9994
Motor 2	100%	12	0,47	9,59	9789
Motor 3	100%	12	0,52	10,61	9871
Motor 4	100%	12	0,5	10,20	9880

Dari table 5 merupakan hasil pengukuran karakteristik motor BLDC Pabrikasi tipe 2212 920 KV. Dari hasil pengukuran keempat motor tersebut mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan melihat selisih dari arus, daya dan kecepatan yang terukur.

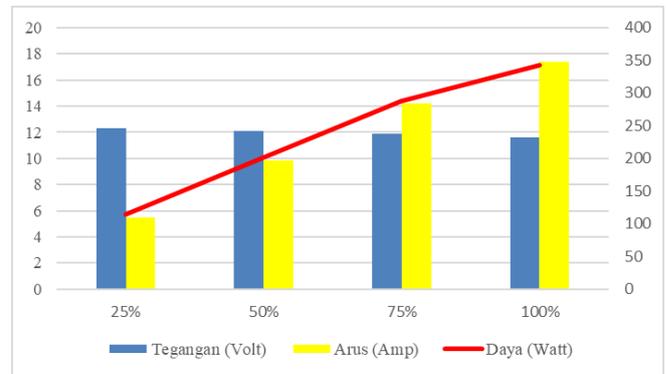
D. Pengujian Daya Angkat Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Nylon Carbon Fiber pada UAV

Pada pengujian daya angkat motor BLDC ini ke empat motor di fungsikan secara bersama untuk mengangkat beban, dan akan di ketahui berapa arus, daya dan akan diketahui pada arus dan daya berapa ke empat motor tersebut dapat mengangkat beban.

TABEL 6
TABEL PENGUJIAN DAYA ANGKAT MOTOR BLDC 3 PHASE AXIAL FLUX NYLON CARBON FIBER PADA UAV

Throttle	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)	Daya (Watt)	Kondisi (UAV)
25%	12,3	5,44	113,7504	Belum Terangkat
50%	12,1	9,81	201,7917	Belum Terangkat
75%	11,9	14,2	287,266	Mulai Terangkat 0-5 Cm
100%	11,6	17,4	343,128	Terangkat 15 Cm

Dapat dilihat beberapa pengujian dengan beberapa parameter antara lain throttle, tegangan, arus, daya, dan kondisi UAV. Pada pengujian tersebut hal yang di berikan variable bebas adalah throttle, dimulai dari 25% hingga 100% untuk tegangan dari baterai lippo 12 Volt. Semakin besar throttle di buka maka arus dan daya juga bertambah tinggi atau berbanding lurus. Saat throttle di buka 25% hingga 50% terukur arus sebesar 5,44 Amper hingga 9,81 Amper dan daya sebesar 113,7504 Watt hingga 201,7917 Watt Kondisi UAV belum terangkat.



Gbr. 7. Pengujian Empat Motor BLDC 3 Phase Axial Nylon Carbon Fiber pada UAV

Pada Gambar 7 diatas grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar throttle di buka arus dan daya yang di keluarkan oleh motor tersebut semakin besar atau berbanding lurus. Berbanding terbalik dengan tegangan yang disuply dari baterai semakin besar throttle dan arus, tegangan mengalami penurunan dari posisi throttle 25% arus yang terukur 5,44 Amper tegangan dari baterai masih normal yaitu 12,3 Volt sampai throttle dibuka sampai 100% arus yang terukur 17,4 Amper dan tegangan dari baterai menjadi 11,6 Volt mengalami penurunan sebesar 0,7 Volt mensuply hingga daya yang besar yaitu 343,128 Watt.

E. Pengujian Thrust Motor BLDC Axial Flux Nylon Carbon Fiber

Pengujian motor BLDC Axial Flux ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gaya angkat dari motor tersebut dengan menggunakan sumber baterai lippo 3S 2200 mAh dan propeller jenis Kingkong LDARC 70x40 3 Blade. Hasil dari pengukuran thrust dapat dilihat pada Table 7.

TABEL 7
PENGUJIAN TRUSH MOTOR BLDC AXIAL FLUX NYLON CARBON FIBER

	Tegangan (Volt)	Throtle	Thrust (Kg)	F Lift (Kg m/s ²)
Motor 1	12	100%	0,195	1,911
Motor 2	12	100%	0,208	2,038
Motor 3	12	100%	0,204	1,999
Motor 4	12	100%	0,196	1,921
Rata-rata				1,967

Dari table 7 dapat dilihat bahwa setiap motor memiliki thrust yang berbeda tetapi perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan, perbedaan paling tinggi pada motor pertama dan kedua mempunyai selisih 13 gram.. Untuk membuat pesawat quadcopter bisa terbang dibutuhkan gaya sebesar F.

TABEL 8
HIUBUNGAN GAYA TRUSH MOTOR DENGAN GAYA TOLAK MENOLAK

	Gaya Thrust $F = m \times g$ (Kg m/s²)	Gaya Tolak Menolak $F = T/r$ (N)
Motor 1	1,911	127,51
Motor 2	2,038	133,58
Motor 3	1,999	129,53
Motor 4	1,921	132,77

Dari table 8 merupakan hasil perhitungan dari gaya thrust motor dan gaya tolak menolak dari motor. Gaya thrust merupakan gaya dorong dari motor tersebut diperoleh dari perhitungan massa dikali gravitasi sedangkan gaya tolak menolak motor merupakan gaya tolak menolak antara rotor dan stator diperoleh dari torsi dibagi dengan jari-jari dari motor.

Dari data tersebut torsi motor menentukan besarnya gaya thrust pada motor jika torsi motor tersebut besar maka gaya thrust motor juga semakin besar dan sebaliknya jika motor tersebut mempunyai torsi yang kecil maka gaya thrust pada motor tersebut juga kecil karena persamaan dari F sama dengan torsi dibagi dengan jari-jari motor sehingga didapat hasil gaya tolak menolak pada motor yang dapat dilihat pada table 8. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya tolak menolak motor maka gaya thrust dari motor juga semakin besar, jika gaya tolak menolak motor kecil maka gaya thrust yang dihasilkan motor tersebut juga kecil atau berbanding lurus.

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Dari penelitian berjudul “Rancang Bangun Motor Brushless Direct Current Axial Flux Three Phase Nylon Carbon Fiber Pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)” ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan motor BLDC Axial Flux dengan bahan Nylon Carbon Fiber memiliki kelebihan yaitu lebih ringan 1 buah motor memiliki massa sebesar 88,8 gram dibandingkan dengan bahan akrilik massa motor sebesar 97 gram.
2. Motor BLDC *Nylon Carbon Fiber* yang dirancang dari ke empat motor memiliki karakteristik dengan kecepatan rata-rata sebesar 15349,5 RPM dengan arus sebesar 3,23 Amper, daya motor sebesar 65,94 Watt dan mempunyai gaya angkat sebesar 1,967 Kg m/s². Pada saat diujikan

pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) saat daya sebesar 113,7504 Watt sampai 201,7917 Watt kondisi UAV belum terangkat, saat daya sebesar 287,266 Watt UAV sudah mulai terangkat ketinggian 0-5 Cm. UAV terangkat saat daya sebesar 343,128 Watt dengan ketinggian 5-15 Cm.

REFERENSI

- [1] Anggraini, D. (2017). Kendali Transmitter Dan Receiver 4 Channel Pada Pesawat Tanpa Awak (Uav) Tipe Cessna. 4–32.
- [2] G. A. Rahardi, K. Anam, A. R. Chaidir and D. A. Larasati, "Navigation System for Olfactory Mobile Robot by Using Machine Vision System," 2021 IEEE 7th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA), 2021, pp. 21-24, doi: 10.1109/ICSIMA50015.2021.9526330.
- [3] Hidayati, N. A., Setyabudi, S. A., Choiron, M. A., & Alamsyah, F. A. (2019). Simulasi Komputer Desain Part Body Kendaraan Hemat Energi Dengan Material Carbon Fiber Composite. 2019, 78–81.
- [4] Kurnianto, D. R. (2018). Penentuan Spesifikasi Motor BLDC Pada UAV Militus.
- [5] Kurniawan, Y., & Zulkifli, Z. (2019). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Menggunakan Solenoida Dengan Pemanfaatan Fluks Magnet. RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 2(1), 9–13. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3111>
- [6] LAVITRY, RISER, FOURNY, & CAMPAN. (1953). Myasthénie guérie par l’ablation d’un thymus non tumoral; Bulletins et Mémoires de La Société, 69(21–23), 764–767
- [7] Layang, S., & Raya, U. P. (2021). FIBER REINFORCED POLYMER AS A REINFORCING MATERIAL FOR CONCRETE. August. <https://doi.org/10.37304/balanga.v9i1.3276>
- [8] Nugraha, Y. U., Yuniarto, M. N., Herizal, H., Asfani, D. A., Riawan, D. C., & Wahyudi, M. (2018). Design Analysis of Axial Flux Permanent Magnet BLDC Motor 5 kW for Electric Scooter Application. Proceeding - 2018 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2018, 163–168. <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2018.8711225>
- [9] Sardjono, P., Adi, W. A., Sebayang, P., & Muljadi. (2012). ANALISIS FASA DAN SIFAT MAGNETIK PADA KOMPOSIT BaFe12O19/Nd2Fe14B HASIL MECHANICAL MILLING. Jurnal Sains Materi Indonesia, 13(2), 146–152
- [10] Suroso, I. (2016). Peran drone/unmanned aerial vehicle (UAV) buatan sttkd dalam dunia penerbangan. Jurnal Teknik Aeronautika Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan.
- [11] Utomo, S. B., Irawan, J. F., Hadi, W., & Sastiko, B. (2021). Design of 6S8P axial flux permanent magnet brushless DC motor with double-sided rotor. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1034(1), 012053.
- [12] Yulianti, B. (2020). Analisis Motor pada Quadcopter. Jurnal Mitra Manajemen, 8(2), 121127. <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jmm/article/view/519>
- [13] G. A. Rahardi, W Widjonarko, SBU Utomo, "Design of Rice Dryer Automation System Using Fuzzy MIMO Method", Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2022, pp. 19-24, DOI: <https://doi.org/10.26740/inajece.v5n1.p19-24>.

