

Analisis Perbandingan Kinerja *Brushless Motor* Menggunakan Metode Eksperimen (*Comparative Analysis of Brushless Motor Performance Using Experimental Methods*)

Erwan Eko Prasetyo¹, Wahyuni Fajar Arum²

Abstract—Energy-saving effort is a challenge in designing a UAV technology. One of many UAV components on the market is brushless motor. There is a possibility that the UAV component's performance does not match the existing specification data. Therefore, it is necessary to do component testing before designing a UAV. This paper presents the results of performance testing of brushless motors types A2212(6T), MR2205, and MT2204. Brushless motor performance is seen based on the amount of thrust, power, and the ratio between thrust to power (N/W). This testing uses an experimental method. The test uses a four-blade propeller type 5140 and a power supply with a DC output capacity of 15-30 V/50 A. The results of the brushless motor test at low power show that the A2212(6T)-2200KV type requires an average power of 25.858 W with a ratio of 0.042 N/W, the MR2205-2300KV type requires an average power of 22.166 W with a ratio of 0.052 N/W, and the MT2204-2300KV type requires an average power of 24.675 W with a ratio of 0.047 N/W. Based on the test data at working current below 1.877 A, it can be seen that the brushless motor type MR2205-2300KV has the best performance because it requires the least power and has the highest ratio value, compared to the other types.

Intisari—Upaya penghematan energi menjadi tantangan dalam perancangan sebuah teknologi UAV. Salah satu komponen UAV yang banyak tersedia di pasaran adalah *brushless motor*. Ada kemungkinan kinerja komponen UAV tidak sesuai dengan data spesifikasi yang ada. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian komponen sebelum merancang sebuah UAV. Makalah ini menyajikan hasil pengujian kinerja *brushless motor* tipe A2212(6T), MR2205, dan MT2204. Kinerja *brushless motor* dilihat berdasarkan besarnya daya dorong (*thrust*), daya yang dikonsumsi (*power*) dan rasio antara *thrust* terhadap daya (N/W). Pengujian *brushless motor* ini menggunakan metode eksperimen. Dalam pengujian ini digunakan propeler empat *blade* tipe 5140 dan catu daya dengan kapasitas *output* DC 15-30 V/50 A. Hasil pengujian pada daya rendah menunjukkan bahwa *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 25,858 W dengan rasio sebesar 0,042 N/W, tipe MR2205-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 22,166 W dengan rasio sebesar 0,052 N/W, dan tipe MT2204-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 24,675 W dengan rasio sebesar 0,047 N/W. Berdasarkan data pengujian pada arus kerja di bawah 1,877 A, diketahui bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300KV memiliki kinerja yang paling baik karena membutuhkan

daya paling kecil dan memiliki nilai rasio yang paling tinggi jika dibandingkan dengan kedua tipe lainnya.

Kata Kunci—*Brushless Motor*, UAV, Eksperimen, Analisis, Perbandingan.

I. PENDAHULUAN

Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau pesawat tanpa awak sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Dalam bidang pertanian, UAV digunakan sebagai alat bantu penyemprotan tanaman dan *monitoring* hasil pertanian. Dalam bidang fotografi UAV digunakan sebagai pemetaan dan foto udara. Dalam bidang militer UAV digunakan sebagai senjata dan alat pertahanan, sedangkan dalam bidang industri penerbangan sebagai alat bantu melakukan inspeksi dan pengecekan *airframe* sebuah pesawat terbang. Di beberapa negara maju, UAV sudah mulai digunakan sebagai alat transportasi dan pengiriman barang, bahkan dapat digunakan untuk memperbaiki jalan [1].

Teknologi UAV kini semakin banyak dikembangkan [2]. Penelitian dan pengembangan dilakukan untuk menghasilkan UAV yang semakin canggih, aman, efektif, dan efisien. Perancang UAV berupaya merancang UAV yang sehemat mungkin, tetapi memiliki kinerja semaksimal mungkin. Efektivitas dan efisiensi dapat ditingkatkan dengan melakukan penghematan konsumsi energi. Salah satu upaya penghematan energi pada sebuah UAV adalah dengan memilih dan menggunakan komponen yang hemat energi.

Saat ini masyarakat diharapkan menghemat energi agar ketersediaan energi dapat terpenuhi secara berkelanjutan [3], [4]. Upaya penghematan energi menjadi tantangan dalam perancangan sebuah teknologi, salah satunya pada perancangan UAV. Tantangan ini berupa cara merancang sebuah UAV yang hemat energi. Upaya penghematan energi dilakukan agar UAV menjadi lebih efektif dan efisien. Penghematan energi dapat dilakukan dengan memilih komponen-komponen pendukung UAV yang dapat menghemat konsumsi energi sehingga dengan sumber energi yang terbatas, sebuah UAV mampu terbang lebih lama dan memiliki daya jelajah yang lebih jauh.

Teknologi UAV yang semakin berkembang [5] berdampak pada banyaknya produsen komponen-komponen pendukung UAV. Banyak pilihan produk yang ditawarkan dari sisi harga maupun kualitas. Salah satu komponen UAV yang banyak tersedia di pasaran adalah *brushless motor*. Banyaknya berbagai macam produk *brushless motor* dengan kualitas dan spesifikasi yang bervariasi memberikan pilihan yang lebih luas dalam merancang sebuah UAV. Konsumsi energi pada

^{1,2} Program Studi D3 Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, Jl. Parangtritis Km 4,5 Sewon, Bantul, D.I. Yogyakarta 55187 Indonesia (telp: 0274-418 248; fax: 0274-4396163; e-mail: erwan.eko@sttkd.ac.id, wahyuni.fajar@sttkd.ac.id)

brushless motor dapat dilihat dari besarnya daya yang diserap oleh *brushless motor* saat beroperasi. Semakin sedikit daya yang diserap oleh *brushless motor*, semakin hemat energi yang dibutuhkannya.

Namun, ada kemungkinan kinerja komponen UAV tidak sesuai dengan data spesifikasi yang ada. Beberapa *brushless motor* mungkin memiliki kinerja yang tidak sesuai antara data teknis yang tercantum pada komponen dengan kinerja *brushless motor* yang sebenarnya. Hal ini dapat berakibat pada ketidaksesuaian antara rancangan UAV dengan kinerja hasil yang sebenarnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian komponen sebelum merancang sebuah UAV agar didapatkan hasil implementasi sesuai perencanaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada makalah ini dilakukan pengujian beberapa jenis *brushless motor* yang digunakan pada UAV untuk mengetahui spesifikasi *brushless motor* sehingga diketahui daya dorong (*thrust*) dan daya yang diserap (*power*) masing-masing motor. Jenis *brushless motor* yang diamati adalah tipe A2212(6T), MR2205, dan MT2204.

II. PENGUJIAN BRUSHLESS MOTOR

A. Upaya Penghematan Energi

Penelitian tentang upaya penghematan energi listrik pernah dilakukan sebelumnya. Salah satu penelitian mengusulkan upaya penghematan bahan bakar pembangkit dan energi dengan metode pengaturan penggunaan tenaga listrik [6]. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pengaturan penggunaan beban listrik yang hemat energi dapat mengurangi penggunaan bahan bakar pembangkit.

Telah diusulkan upaya penghematan energi listrik dengan menerapkan strategi *Demand Side Management* (DSM) untuk memodifikasi pemakaian energi agar diperoleh efisiensi energi yang maksimal [7]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya listrik yang semula bekerja 1,06 MW per hari menjadi 0,65 MW per hari atau terjadi penghematan listrik sebesar 38,46 % per hari.

Penelitian lain mengusulkan simulasi penghematan energi listrik pada gedung yang menggunakan lampu dan pendingin ruangan [8]. Dari hasil simulasi diketahui bahwa penggunaan lampu jenis LED dan pendingin ruangan jenis *inverter* dapat mengurangi konsumsi energi sebesar 55% dan 56%.

Selain itu, telah diusulkan pula upaya penghematan energi pada aplikasi motor kapasitor dengan menggunakan semikonduktor jenis *triac* sebagai konverter daya [9]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *triac* terbukti dapat mengurangi konsumsi energi listrik pada motor kapasitor berbeban rendah.

Sebuah penelitian lain mengusulkan digunakannya metode pengujian ketahanan *brushless motor* pada UAV bersayap tetap [10]. Pengujian *brushless motor* dilakukan secara fisik pada *test bench* untuk mendapatkan data ketahanan fisik. Data ini kemudian digunakan untuk merancang komponen dalam sistem propulsi UAV.

Pada makalah ini eksperimen dilakukan pada tiga jenis *brushless motor*, yaitu tipe A2212(6T), MR2205, dan MT2204. Ketiga jenis motor dipilih ini karena merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan dan banyak ditemukan di

pasaran. Banyaknya produk yang beredar di pasaran sering kali menyebabkan ditemukannya ketidaksesuaian spesifikasi motor yang tertulis pada *datasheet* dengan kinerja yang sebenarnya. Keadaan seperti ini melatarbelakangi pentingnya melakukan pengujian unjuk kerja *brushless motor* sebelum diaplikasikan pada UAV.

B. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

UAV atau pesawat tanpa awak merupakan pesawat terbang yang dikendalikan pilot dari permukaan tanah melalui *remote control* atau dikendalikan oleh komputer maupun alat pengendali yang telah terprogram [11]. UAV dapat digunakan untuk membawa kamera, sensor, peralatan komunikasi, dan muatan lainnya. Pada awalnya, di tahun 1950-an, UAV digunakan untuk keperluan militer sebagai alat pengamatan dan pengintaian dan keperluan misi perang. Kini penggunaan UAV tidak hanya sebatas pada keperluan militer tetapi sudah banyak digunakan untuk keperluan nonmiliter, seperti pemadaman kebakaran, fotografi, pemetaan, dan beberapa pekerjaan lain yang berbahaya. UAV dapat memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan dengan pesawat terbang biasa. Penggunaan UAV dapat meniadakan risiko korban manusia yang mengawaki pesawat.

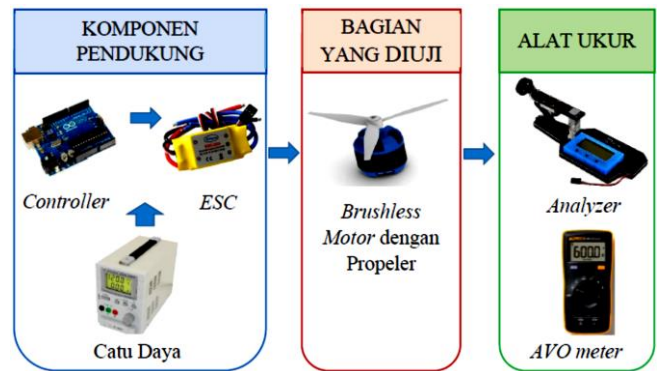
Ada banyak jenis UAV yang telah diproduksi, baik oleh pabrikan maupun hasil rakitan. Pada umumnya, UAV digerakkan oleh motor penggerak agar dapat terbang menjelajah. Ada dua jenis motor penggerak yang digunakan pada UAV, yaitu motor berbahan bakar minyak dan motor listrik. Motor listrik yang digunakan pada UAV berjenis *brushless motor* dengan sumber energi utama dari baterai. Baterai harus diisi daya sebelum digunakan untuk menerbangkan UAV. Oleh karena itu, kemampuan terbang UAV dengan *brushless motor* sangat bergantung pada sumber energi dari baterai. Energi listrik yang disimpan dalam baterai sangat terbatas sehingga perlu adanya penghematan konsumsi energi agar UAV mampu terbang lebih lama.

C. Brushless Motor

Brushless Motor merupakan jenis motor sinkron yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC sebagai sumber energi utama. Prinsip kerjanya adalah dengan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC menggunakan *inverter* tiga fasa. *Brushless motor* memiliki elektromagnet yang berada pada bagian stator dan magnet permanen pada bagian rotor. Stator merupakan bagian motor yang diam dan berfungsi memberikan gaya elektromagnetik sehingga motor dapat berputar. Stator terbuat dari tumpukan lempengan baja yang dililit kawat. Rotor merupakan bagian motor yang berputar akibat adanya gaya elektromagnetik dari stator. Rotor disusun dari beberapa magnet permanen yang jumlahnya bervariasi. Jumlah kutub magnet sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan, tetapi berbanding terbalik dengan putarannya. *Brushless motor* banyak digunakan karena memiliki keunggulan, seperti efisiensi yang tinggi dan kerugian mekanis yang rendah karena tidak menggunakan sikat seperti motor DC [12]. *Brushless motor* ditunjukkan pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Contoh brushless motor.



Gbr. 2 Skema pengujian brushless motor.

D. Thrust

Thrust merupakan gaya yang berlawanan dengan gaya hambat dan pada umumnya beraksi paralel dengan sumbu longitudinal. *Thrust* merupakan gaya yang menggerakkan pesawat di udara. Gaya ini digunakan untuk mengatasi *drag* pada pesawat dan *weight* pada roket. *Thrust* dihasilkan oleh mesin pesawat melalui beberapa jenis sistem propulsi. *Thrust* merupakan gaya mekanik dengan sistem propulsi yang harus bersentuhan secara fisik dengan fluida untuk menghasilkan gaya dorong.

Thrust merupakan gaya dorong yang dihasilkan dari gaya angkat (*lift*) pada bagian belakang propeler yang bergerak. Parameter yang perlu diperhatikan pada desain propeler untuk memperoleh *thrust* maksimal antara lain diameter, jumlah daun (*blade*), dan sudut *rake*. Besarnya nilai pada parameter tersebut akan menentukan besarnya nilai *thrust* [13].

E. Metode Pengujian Brushless Motor

Pada perancangan UAV, sebelum spesifikasi komponen yang akan digunakan pada pesawat ditentukan, perlu dilakukan analisis perhitungan kebutuhan daya pesawat [14]. Data-data perhitungan didapatkan dari pengukuran secara langsung pada saat pengujian komponen. Pengujian dilakukan untuk memperoleh beberapa parameter, seperti *thrust* yang dihasilkan, tegangan dan arus yang digunakan motor, dan jumlah daya yang diserap motor. Pengujian *brushless motor* dilakukan menggunakan *brushless motor analyzer* atau menggunakan alat ukur sesuai parameter yang diamati.

Pengujian *brushless motor* pada makalah ini menggunakan catu daya adaptor dengan sumber listrik dari PLN. Pemilihan catu daya dari adaptor ini dimaksudkan agar tegangan sumber lebih stabil saat digunakan untuk pengujian. Penggunaan sumber listrik dari baterai sebenarnya dapat digunakan, tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama karena harus dilakukan pengisian daya setiap kali akan digunakan untuk pengujian.

Pengendalian kecepatan motor dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino. Penggunaan mikrokontroler ini dipilih karena dapat menghasilkan *Pulse Width Modulation* (PWM) sebagai pengatur kecepatan *brushless motor* yang dapat diatur dengan mudah. Selain digunakan sebagai penghasil PWM, mikrokontroler juga digunakan sebagai pengolah data hasil pembacaan sensor tegangan, arus, dan *loadcell*. Pengujian *brushless motor* menggunakan *analyzer*

dilakukan karena data hasil pembacaan dapat direkam menggunakan komputer secara langsung. Alat ukur voltmeter dan amperemeter digunakan sebagai pembanding data hasil pembacaan sensor pada *analyzer* untuk menjaga keakuratan data yang didapatkan. Skema pengujian *brushless motor* ditunjukkan pada Gbr. 2.

Metode yang digunakan pada makalah ini adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk menguji kinerja *brushless motor*. Masing-masing jenis *brushless motor* diuji coba dengan propeler yang sama, kemudian nilai masing-masing besaran yang akan diamati, yaitu *thrust*, tegangan, dan arus diukur, sedangkan daya yang dikonsumsi *brushless motor* merupakan perkalian antara tegangan dengan arus. Jenis *brushless motor* yang diamati adalah tipe A2212(6T)-2200KV, MR2205-2300KV, dan MT2204-2300KV. Pengujian motor dilakukan menggunakan propeler empat *blade* tipe 5040.

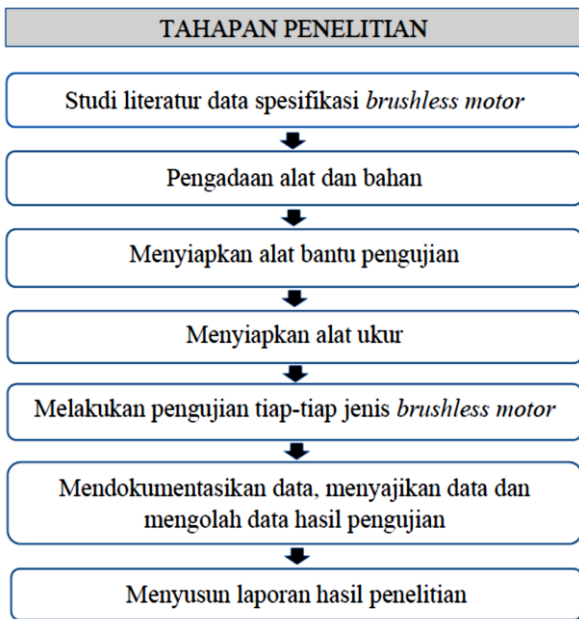
Setiap *brushless motor* diuji dengan mengatur kecepatan putaran untuk menghasilkan pembebanan (*load*) 0–200 gram dengan kelipatan 10 gram. Interval 0–200 gram dipilih karena merujuk pada kemampuan maksimal pembebanan yang dihasilkan saat diuji dengan propeler empat *blade* tipe 5040 pada tegangan catu daya berkapasitas 15 VDC 50 A. Pemilihan kelipatan pembebanan sebesar 10 gram saat pengujian dikarenakan dengan perubahan tersebut sudah dapat dilihat adanya perubahan arus kerja setiap *brushless motor* yang diuji. Pengujian pada masing-masing *brushless motor* dilakukan sebanyak tiga kali kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Data yang didapatkan kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperlihatkan informasi perbandingan masing-masing jenis *brushless motor*. Analisis data dilakukan dengan melihat tiap besaran semua jenis *brushless motor* yang diamati. Selanjutnya, penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh. Jenis *brushless motor* dengan berat dan konsumsi daya paling kecil pada saat menghasilkan *thrust* yang sama merupakan jenis motor yang direkomendasikan untuk merancang UAV hemat energi. Tahapan penelitian ditunjukkan dengan diagram alir seperti pada Gbr. 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Spesifikasi Brushless Motor

Pada makalah ini disajikan hasil pengujian tiga jenis *brushless motor*, yaitu tipe A2212(6T)-2200KV, MR2205-



Gbr. 3 Diagram alir tahapan penelitian.

TABEL I
DATA SPESIFIKASI BRUSHLESS DC MOTOR

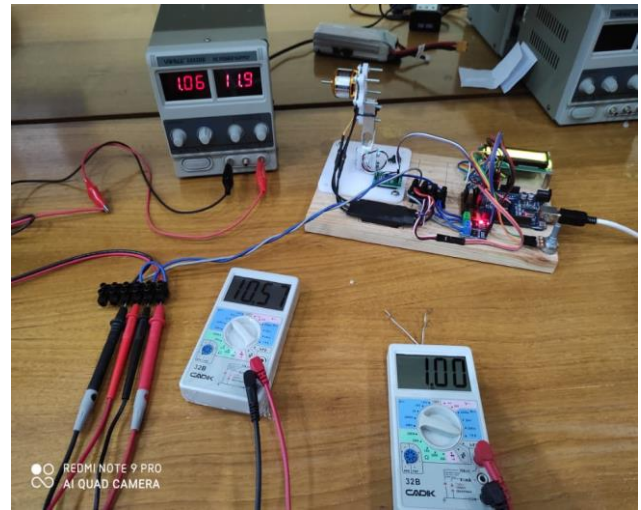
No	Parameter	A2212(6T)-2200KV	MR2205-2300KV	MT2204-2300KV
1	KV	2.200 rpm/V	2.300 rpm/V	2.300 rpm/V
2	Resistansi	90 mΩ	0,068 Ω	-
3	Arus maksimal	12 A/60 s	25 A/15 s	-
4	Daya maksimal	239 W	420 W	-
5	Berat	49 g	28.4 g	25 g
6	Diameter luar	27,5 mm	28,1 mm	27,9 mm
7	Diameter shaft	3,17 mm	5 mm	3 mm

2300KV, dan MT2204-2300KV. Sebelum dilakukan pengujian kinerja tiap-tiap *brushless motor* dengan cara eksperimen, dilakukan pendataan spesifikasi masing-masing tipe *brushless motor* terlebih dahulu dengan melakukan studi literatur berdasarkan *datasheet*. Data spesifikasi motor disajikan pada Tabel I.

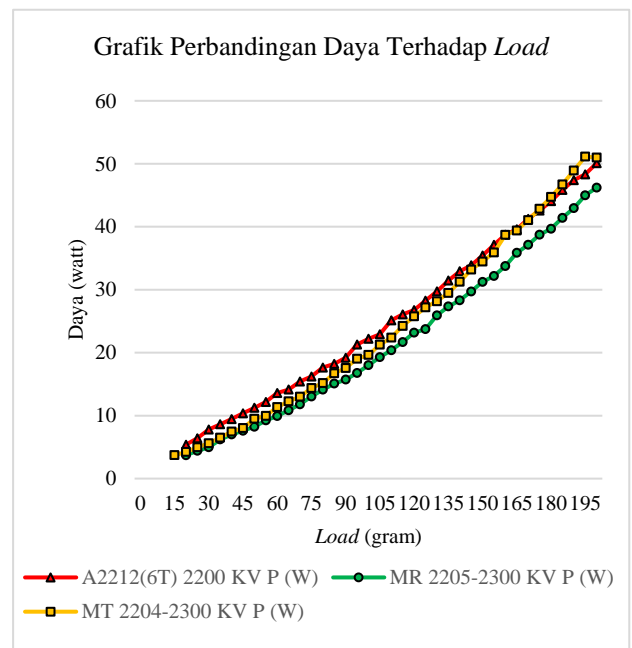
Berdasarkan data tersebut, motor tipe MT2204-2300KV mempunyai berat yang paling ringan, yaitu 25 g. Hal ini akan berdampak pada implementasi *brushless motor* pada pesawat tanpa awak. Berat motor yang lebih ringan akan mengurangi berat total pesawat tanpa awak sehingga dapat mengurangi beban pesawat tersebut. Namun, data pada Tabel I belum dapat dijadikan sebagai satu-satunya acuan dalam pemilihan *brushless motor* karena masih perlu data kinerja *brushless motor* yang sebenarnya terkait nilai rasio antara *thrust* yang dihasilkan terhadap daya yang dibutuhkan *brushless motor* tersebut.

B. Data Hasil Pengujian Kinerja Brushless Motor

Pengujian kinerja *brushless motor* dilakukan menggunakan sumber tegangan dari catu daya adaptor dengan kapasitas output DC 15 V/50 A. Penggunaan catu daya menggunakan adaptor dengan sumber tegangan listrik 220 VAC dari PLN



Gbr. 4 Cara pengujian brushless motor.



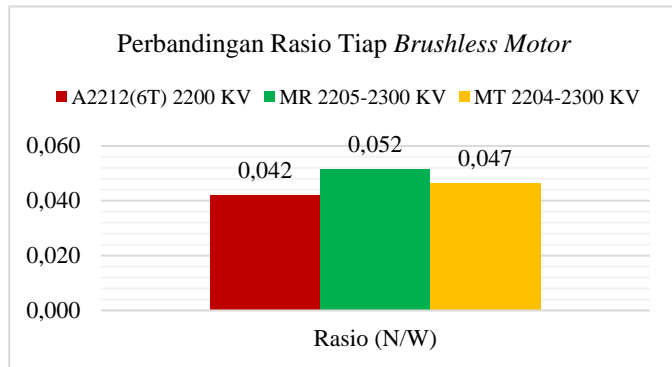
Gbr. 5 Grafik perbandingan daya terhadap load.

dimaksudkan untuk mendapatkan tegangan yang stabil. Pengujian dilakukan pada ketiga jenis motor dengan propeler empat *blade* tipe 5040. Variabel yang diamati pada pengujian ini adalah tegangan, arus, dan *thrust*. Tegangan dan arus diukur menggunakan *AVO-meter* sesuai dengan fungsinya, sedangkan *thrust* diukur menggunakan *thrust meter*. Cara pengujian ditampilkan seperti pada Gbr. 4.

Pengujian masing-masing motor dilakukan dengan cara mengatur kecepatan *brushless motor* agar menghasilkan pembebanan mulai dari 0 sampai 200 gram, dengan kelipatan 10 gram. Kemudian hasil pembebanan yang terbaca pada alat ukur dikonversi menjadi *thrust* (T) dalam satuan Newton (N). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja motor, dilihat dari nilai *thrust* terhadap daya yang dikonsumsi. Grafik perbandingan antara daya (W) terhadap load (gr) ditunjukkan pada Gbr. 5.

TABEL II
PERBANDINGAN RATA-RATA HASIL PENGUJIAN *BRUSHLESS MOTOR* DENGAN PROPELER EMPAT *BLADE* TIPE 5040

No	Tipe Motor	Thrust (N)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Rasio (N/W)
1	A2212(6T) 2200 KV	0,981	13,809	1,877	25,858	0,042
2	MR 2205-2300 KV	0,981	13,821	1,608	22,166	0,052
3	MT 2204-2300 KV	0,981	13,839	1,787	24,675	0,047



Gbr. 6 Grafik perbandingan rasio (N/W).

Pengujian pada tiap tipe motor dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian dari besar daya yang dikonsumsi tiap jenis *brushless motor* dihitung reratanya. Data hasil perhitungan disajikan pada Tabel II.

Berdasarkan data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel II, untuk menghasilkan nilai *thrust* yang sama, *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 25,858 watt, tipe MR2205-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 22,166 watt, dan tipe MT2204-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 24,675 watt. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300 KV membutuhkan daya rata-rata paling kecil.

Selain berdasarkan daya yang dibutuhkan, kinerja *brushless motor* juga dilihat dari nilai rasio antara *thrust* (N) terhadap daya (watt). Nilai rasio yang dimaksud merupakan perbandingan antara *thrust* yang dihasilkan terhadap daya yang dibutuhkan. Nilai rasio ini memperlihatkan besarnya *thrust* (N) yang dihasilkan per satuan daya (watt). Berdasarkan data pada Tabel II, nilai rasio yang dihasilkan *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV adalah sebesar 0,042 N/W, sedangkan tipe MR2205-2300KV sebesar 0,052 N/W dan tipe MT2204-2300KV sebesar 0,047 N/W. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300KV mempunyai nilai rasio paling tinggi. Grafik perbandingan nilai rasio *brushless motor* disajikan pada Gbr. 6.

Berdasarkan data hasil pengujian, dapat dilihat bahwa rasio *brushless motor* tipe A2212(6T) 2200KV adalah sebesar 0,042 N/W, *brushless motor* tipe MR2205-2300KV sebesar 0,052 N/W, dan *brushless motor* tipe MT2204-2300KV sebesar 0,047 N/W. Rasio paling tinggi dimiliki oleh *brushless motor* tipe MR 2205-2300KV, yaitu sebesar 0,052 N/W.

Dari nilai rasio tersebut dapat dilihat bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300KV membutuhkan daya paling rendah

dibandingkan *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV dan MT2204-2300KV. *Brushless motor* tipe MR2205-2300KV membutuhkan daya paling kecil saat diuji coba menggunakan propeler empat *blade* tipe 5140. Hal ini menunjukkan bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300KV memiliki kinerja yang paling baik jika dilihat dari besarnya daya yang dibutuhkan. Oleh karena itu, pada saat mendesain UAV agar lebih hemat energi dengan menggunakan propeler empat *blade* tipe 5140, dapat dipilih *brushless motor* tipe MR2205-2300KV karena memiliki konsumsi daya yang lebih kecil dibandingkan dengan tipe A2212(6T) 2200KV dan MT2204-2300KV.

IV. KESIMPULAN

Kinerja *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV, tipe MR2205-2300 KV, dan tipe MT2204-2300 KV memiliki hasil yang berbeda saat diuji menggunakan propeler dan catu daya yang sama. Pada makalah ini, pengujian *brushless motor* menggunakan propeler empat *blade* tipe 5140 dan catu daya adaptor pada tegangan 15 V dengan kapasitas *output* DC 15-30 V/50 A. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *brushless motor* tipe A2212(6T)-2200KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 25,858 W dengan rasio sebesar 0,042 N/W, tipe MR2205-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 22,166 W dengan rasio sebesar 0,052 N/W, dan tipe MT2204-2300KV membutuhkan daya rata-rata sebesar 24,675 W dengan rasio sebesar 0,047 N/W. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa *brushless motor* tipe MR2205-2300KV memiliki kinerja paling baik karena membutuhkan daya paling kecil dan memiliki nilai rasio paling tinggi jika diuji pada kondisi arus rendah yang nilainya kurang dari 1,877A.

Makalah ini masih memiliki keterbatasan karena pengujian *brushless motor* masih terbatas pada kondisi arus rendah, yaitu di bawah 1,877 A. Kondisi ini terjadi karena pembebanan saat pengujian belum dapat mencapai kondisi arus maksimal sesuai data spesifikasi *brushless motor* yang ada. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pembebanan yang lebih tinggi agar dapat menguji *brushless motor* pada kondisi arus yang lebih besar, sehingga kinerja *brushless motor* pada rentang arus yang lebih tinggi dapat diketahui.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kemenristek/BRIN yang telah memberikan dukungan dana dalam melaksanakan penelitian ini. Terima kasih juga diucapkan untuk Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan yang telah memberikan izin dan dukungan fasilitas dalam melaksanakan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] F. al Birra (2018) "Mengintip Pemanfaatan Drone Masa Depan, Bisa Perbaiki Jalan Raya" [Online], <https://www.jawapos.com/oto-dan-teknologi/22/06/2018/mengintip-pemanfaatan-drone-masa-depan-bisa-perbaiki-jalan-raya/>, tanggal akses: 2-Sep-2020.
- [2] M. Ihsan (2018) "Status dan Pemanfaatan Drone di Indonesia: Kontrol Kualitas Produk Pemetaan" [Online], <http://spig.upi.edu/2018/05/07/status-dan-pemanfaatan-drone-di-indonesia-kontrol-kualitas-produk-pemetaan/>, tanggal akses: 7-Sep-2020.

- [3] G. Amanda (2017) "Hemat Energi Harus Jadi Gaya Hidup" [Online], <https://republika.co.id/berita/ekonomi/makro/17/11/01/oyosba423-hemat-energi-harus-jadi-gaya-hidup>, tanggal akses: 7-Sep-2020.
- [4] B. Santoso, I.W. Mustika, dan S.S. Kusumawardani, "Pemodelan Monitoring Pemakaian dan Penghematan Energi Listrik dengan Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2014, hal. 529–536.
- [5] A. Yasa (2017) "Teknologi Pesawat Tanpa Awak Terus Berkembang" [Online], <https://teknologi.bisnis.com/read/20170325/105/640301/teknologi-pesawat-tanpa-awak-terus-berkembang/>, tanggal akses: 2-Sep-2020.
- [6] Widodo, "Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik dalam Upaya Penghematan Bahan Bakar Pembangkit dan Energi," *Transmisi*, Vol. 8, No. 1, hal. 45–51, 2006.
- [7] J. Marpaung, "Kendali Beban Terpusat untuk Sistem Air Handling Unit (AHU) di PT MPIM sebagai Upaya Penghematan Energi Listrik," *Jurnal ELKHA*, Vol. 5, No. 1, hal. 40–49, 2013.
- [8] A.Y. Nugraha dan O. Kurdi, "Studi Upaya Penghematan Energi Listrik pada Gedung Asthabrata PT Mekar Armada Jaya," *Jurnal Teknik Energi*, Vol. 14, No. 1, hal. 25–30, 2018.
- [9] R.N. Hasanah, "Kajian Terhadap Upaya Penghematan Energi pada Aplikasi Motor Kapasitor," *Jurnal EECCIS*, Vol. 6, No. 1, hal. 61–66, 2012.
- [10] D.L. Gabriel, J. Meyer, dan F. du Plessis, "Brushless DC Motor Characterisation and Selection for A Fixed Wing UAV," *IEEEAFRICON Conference*, 2011, hal. 13–15.
- [11] C. Hakim, *Berdaulat di Udara Membangun Citra Penerbangan Nasional*. Jakarta, Indonesia: Penerbit Buku Kompas, 2010.
- [12] H. Suryoatmojo, N.R. Arsyah, R. Mardiyanto, D.C. Riawan, S. Anam, dan M. Ashari, "Design of Electronic Speed Controller for BLDC Motor Based on Single Ended Primary Inductance Converter (SEPIC)," *2017 Proc. International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA 2017)*, 2017, hal. 181–186.
- [13] H. Simbolon, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan Kaplan Series pada Kapal Tugboat Ari 400 HP dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan CFD," *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 3, No. 4, hal. 394–404, 2015.
- [14] T. Sugiarto, I.T. Setyadewi, A. Marta, dan G.S. Prabowo, "Rancang Bangun Sistem Pengujian Motor Brushless untuk Aplikasi Solar-Lapan Surveillance UAV Berbasis Labview," *Jurnal Teknologi Dirgantara*, Vol. 13, No. 2, hal. 113–120, 2015.