

## PENGUJIAN GAYA DORONG MOTOR ELEKTRIK UNTUK SOLAR UAV

Adi Wirawan  
Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN  
Pos El :adi.wirawan@lapan.go.id

### Abstrak

Telah dilakukan perancangan sistem pengujian gaya dorong motor elektrik untuk solar unmanned aerial vehicle (UAV). Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan serta karakteristik dari motor elektrik yang digunakan pada solar UAV. Pengujian dilakukan dengan mengukur besarnya arus dan tegangan pada sistem propulsi solar UAV, dan juga mengukur gaya dorong yang dihasilkan oleh elektrik motor. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan sensor arus dan tegangan sedangkan pengukuran gaya dorong elektrik motor menggunakan sensor load cell. Dari pengujian didapatkan besarnya arus dan tegangan yang digunakan elektrik motor dan gaya dorong yang dihasilkan oleh elektrik motor.

**Kata kunci:** gaya dorong, elektrik motor, solar UAV.

### Abstract

*Has been design the testing system for electric motors thrust of solar unmanned aerial vehicle (UAV). The testing is conducted to determine the capability and characteristics of electric motors used in solar UAV. Testing is done by measuring the value of current and voltage on solar UAV propulsion system, and also to measure the thrust force generated by the electric motors. Current and voltage measurements are done using current and voltage sensors while measuring of electric motor thrust is using a load cell sensor. Obtained from testing the value of current and voltage used by electric motor and the thrust generated by the electric motors.*

**Keywords:** thrust, electric motor, solar UAV.

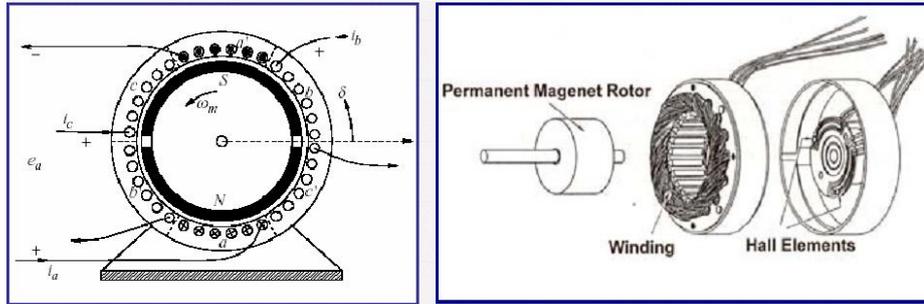
## 1. PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Penerbangan – LAPAN telah mengembangkan beberapa LSU (LAPAN *Surveillance* UAV) dengan sistem propulsi yang bersumber dari baterai maupun bahan bakar fosil. Salah satu pesawat tanpa awak yang telah dikembangkan oleh Pusat Teknologi Penerbangan adalah seri LSU-01 (LAPAN *Surveillance* UAV - 01). LSU-01 merupakan pesawat tanpa awak dengan sistem propulsi elektrik yang bersumber dari baterai. Waktu terbang LSU-01 kurang lebih satu jam, sehingga memiliki keterbatasan lama terbang serta jangkauan misi yang dapat dilakukan. Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN juga mengembangkan UAV dengan sistem propulsi energy surya (solar uav) dengan seri LSU Solar, untuk meningkatkan lama terbang serta menambah jangkauan daerah operasi terbang yang lebih luas [1].

Untuk mengetahui performa dari Brushless DC (BLDC) motor yang digunakan oleh LSU Solar perlu dilakukan pengujian. Pengujian meliputi penggunaan daya serta gaya dorong yang dihasilkan oleh BLDC motor. Hasil pengujian dapat digunakan sebagai acuan untuk menghitung kemampuan terbang LSU solar menjalankan misinya.

## 2. BRUSHLESS DC MOTOR

BLDC motor merupakan motor dengan tipe motor sinkron. Hal ini berarti medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. BLDC motor dibuat dengan menggunakan rotor dengan magnet permanen dan kumparan kawat pada kutub stator [2]. Struktur dari BLDC motor [3] dapat dilihat pada Gambar 2-9 dibawah.



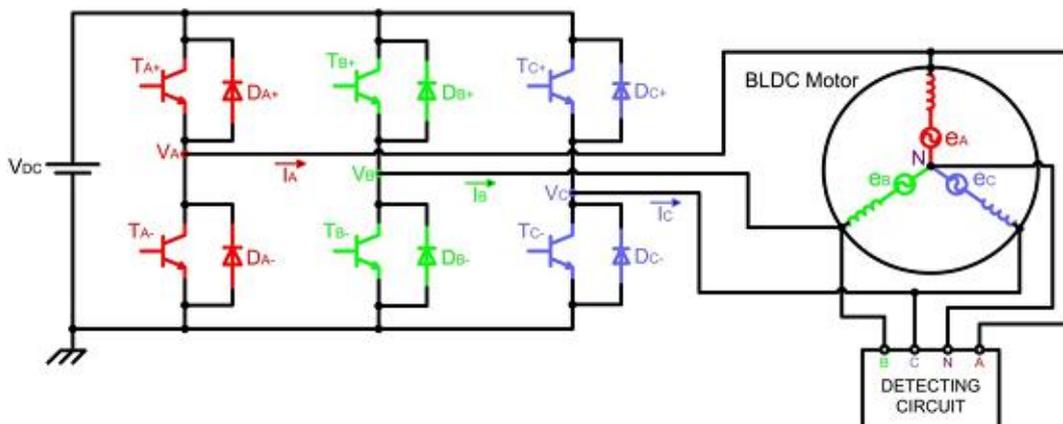
Gambar 2-9 stuktur dari BLDC motor

Prinsip dasar dari elektrik motor adalah adanya perubahan dari tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet. Teori dasarnya kembali pada konduktor yang berada dalam medan magnet. Jika arus diberikan pada konduktor, medan magnet akan terjadi disekitar konduktor seperti disebutkan pada literatur [4]. BLDC motor yang digunakan pada solar LSU ditampilkan dalam Gambar 2-10 dibawah:



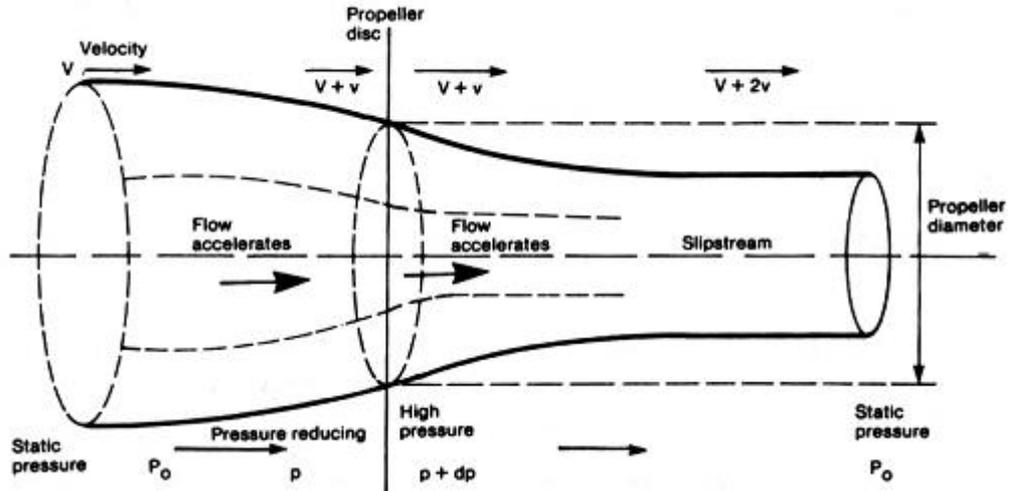
Gambar 2-10 OSMG9526 BLDC motor

BLDC yang digunakan pada pengujian ini adalah OSMG 9526 dari OS motor. Spesifikasi dari BLDC dapat dilihat pada datasheet OS motor [5]. BLDC ini memiliki input tegangan 12.6V dan memiliki gaya dorong serta rpm yang bervariasi sesuai dengan propeller yang digunakan. Sebagai contoh dengan menggunakan propeller 11x7E akan dihasilkan daya dorong sebesar 2.1kg dengan putaran sebesar 9350 rpm. Untuk menggerakkan BLDC motor dibutuhkan suatu driver elektronik, secara umum BLDC motor driver ditunjukkan pada Gambar 2-11 [6].



Gambar 2-11 BLDC motor driver

Propeller secara keseluruhan bisa dilihat sebagai piringan aktuator yang berputar mengirimkan energi ke udara sekitar [4].



Gambar 2-12 tekanan dan kecepatan melewati piringan actuator [7]

Pada Gambar 2-12 diatas ditunjukkan piringan aktuator dan perubahan aliran udara dan tekanan. Pada bagian depan piringan, tekanan berkurang dari tekanan statik  $p_0$  ke tekanan lebih rendah  $p$ , sehingga kecepatan meningkat ( $v + \Delta v$ ). Ketika melewati piringan, energy ditransfer ke aliran udara yang menghasilkan peningkatan tekanan  $dp$ , dimana kecepatan akan lebih meningkat ( $v + 2\Delta v$ ). Gaya dorong dihasilkan dari perbedaan tekanan  $dp$  pada bagian depan dan bagian belakang piringan *actuator* dan dapat dihitung dengan mengasumsikan jika perubahan tekanan menyebar pada semua area piringan [7].

$$T = \frac{\pi}{4} D^2 dp$$

dimana

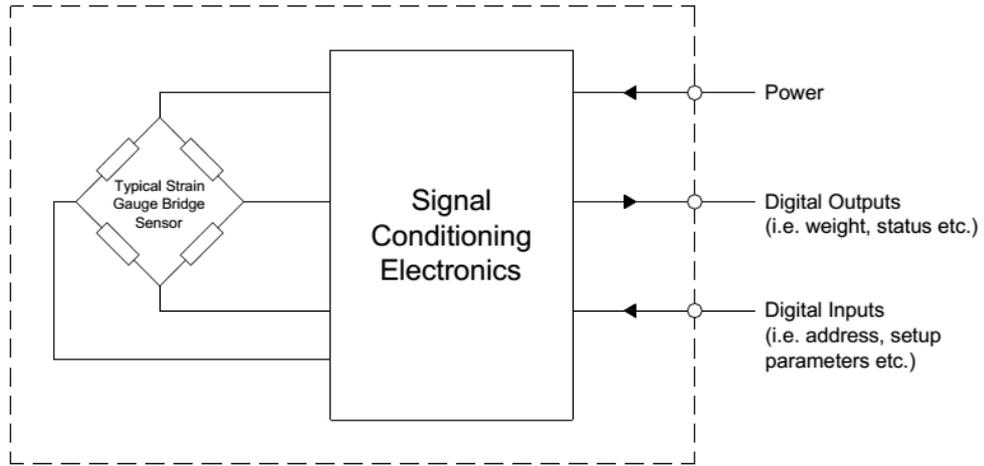
$T = \text{gaya dorong [N]}$

$D = \text{diameter piringan [m]}$

$dp = \text{perbedaan tekanan [Pa]}$

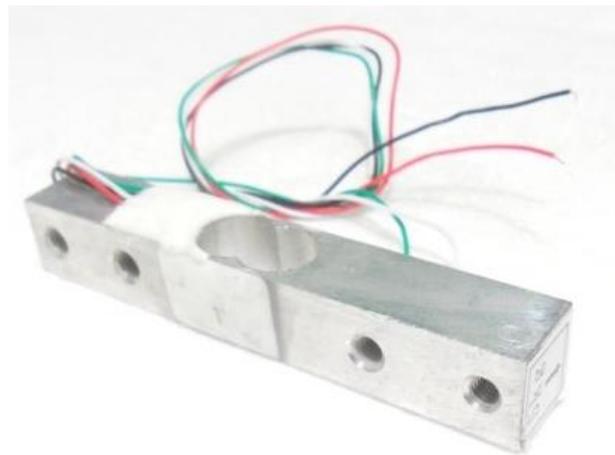
### 3. LOAD CELL

Sesuai dengan [8] diantara semua sensor dan tranduser untuk automotif, penelitian, consumer dan aplikasi industry, load cell merupakan salah satu tranduser yang paling penting. Pada dasarnya, tranduser ini mengukur perubahan yang dihasilkan oleh gaya atau berat. Load cell berdasarkan [9] secara umum memiliki konfigurasi seperti Gambar 3-1. Terdiri dari sensor strain gauge dan pengkondisi sinyal, sensor stain gauge secara umum memiliki 4 koneksi kabel 2 buah kabel sebagai eksitasi positif dan negative serta 2 buah kabel koneksi untuk sinyal positif dan sinyal negatif. Pada pengkondisi sinyal secara umum terdapat 3 koneksi kabel, koneksi kabel untuk catu daya, koneksi data digital serta koneksi ground.



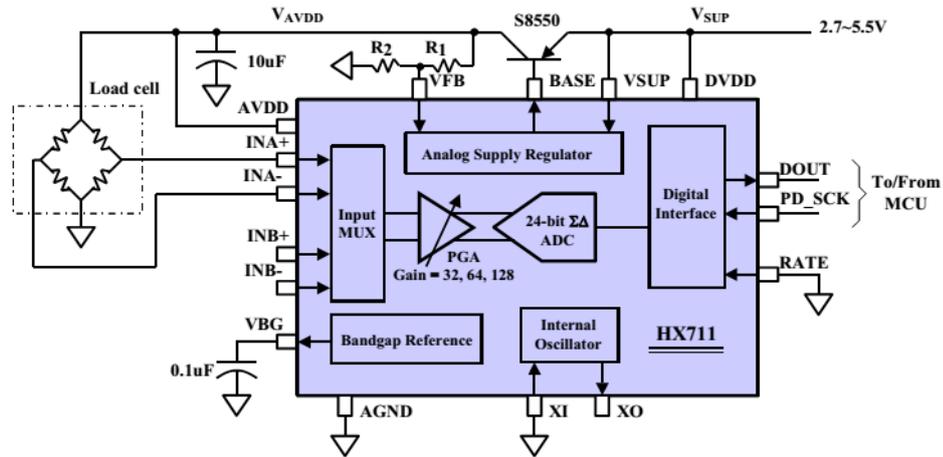
**Gambar 3-1** konfigurasi load cell dan pengkondisi sinyal

Dalam pengujian ini digunakan load cell yang memiliki rentang pengukuran maksimal sebesar 3 kg, pemilihan ini disesuaikan dengan data yang didapat dari datasheet elektrik motor, data thrust maksimum dihasilkan oleh elektrik motor adalah sebesar 2.1kg. Bentuk fisik dari load cell yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3-2 dibawah memiliki 4 kabel keluaran, merah (power+), hitam(power-), hijau (signal+), putih(signal-).



**Gambar 3-2** load cell 3 kg

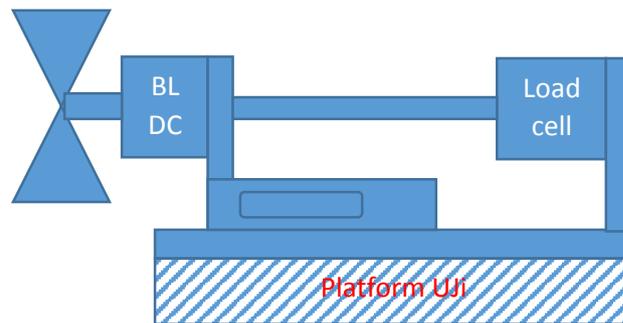
Load cell pada Gambar terbuat dari material aluminium, memiliki beban maksimal sebesar 3 kg, memiliki keluaran  $1.0 \pm 0.15\text{mV} / \text{V}$ , nonlinearity sebesar 0.05%, hysteresis sebesar 0.03% F.S, catu daya yang disarankan adalah sebesar 5 volt. Pengkondisi sinyal yang digunakan dalam pengujian ini adalah HX711, 24 bit ADC yang digunakan untuk pengukur berat seperti dijelaskan pada [10]. Pengkondisi sinyal ini dua pilihan kanal masukan diferensial, memiliki data keluaran sebesar 80 SPS serta bekerja pada rentang tegangan 2.6-5.5 volt. Blok diagram penggunaan HX711 secara umum dapat dilihat pada Gambar 3-3. Komunikasi dengan mikrokontroler menggunakan 2 pin, pin Dout dan pin PD\_SCK.



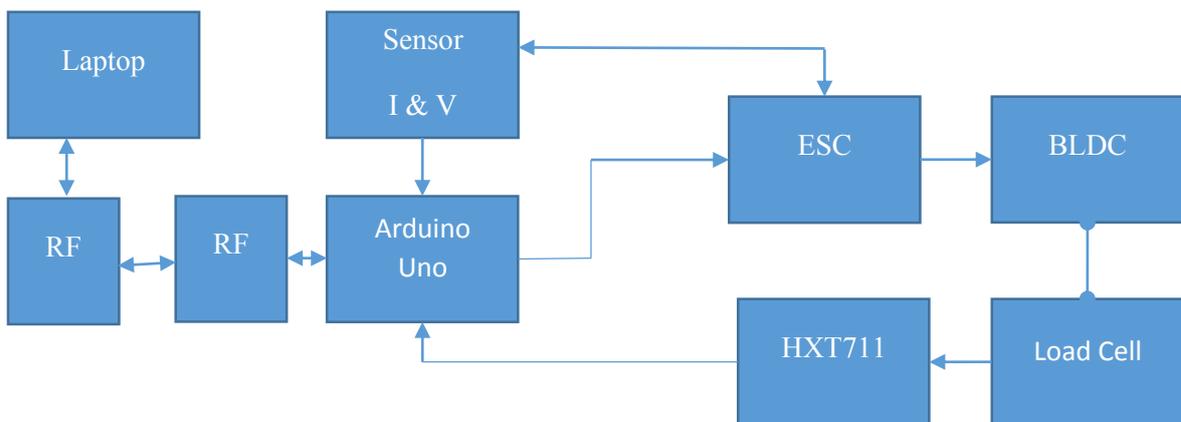
Gambar 3-3 blok diagram pengkondisi sinyal

#### 4. TEST RIG (PAPAN UJI)

Test rig dirancang dengan menggabungkan BLDC motor serta *loadcell* dalam satu papan uji, gambaran test rig secara umum disajikan dalam Gambar 4-1. BLDC motor ditempatkan pada papan uji agar bisa bergerak bebas dalam arah horizontal, untuk mengurangi gesekan digunakan *roller* dan pelicin pada bagian bawah papan uji BLDC motor yang berhubungan dengan *platform* papan uji. Pada pengujian BLDC motor digunakan propeller dengan ukuran 11x7E.



Gambar 4-1 test rig uji BLDC Motor



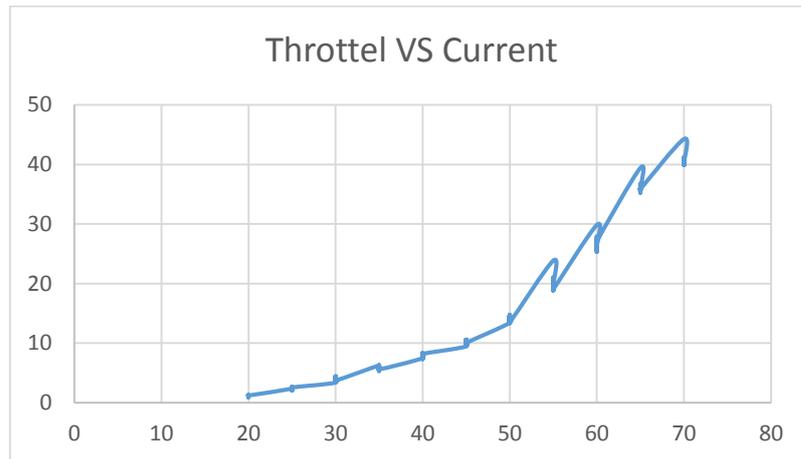
Gambar 4-2 blok diagram sistem elektronik

Sistem elektronik yang digunakan untuk mengatur pengujian BLDC motor dapat dilihat pada Gambar 4-2. Sistem elektronik terdiri dari mikrokontroler, sensor arus dan tegangan, sensor *loadcell* yang dilengkapi pengkondisi sinyal, *ESC* (*electronic speed controller*), serta RF Transceiver.

Mikrokontroler menggunakan arduino uno sebagai pusat pemrosesan data. Sensor arus dan tegangan digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dari elektrik motor. Loadcell digunakan untuk mengukur nilai gaya dorong yang dihasilkan oleh BLDC motor. ESC digunakan sebagai driver untuk menggerakkan BLDC motor. RF *Transceiver* digunakan untuk menerima perintah serta megirimkan data hasil uji ke laptop.

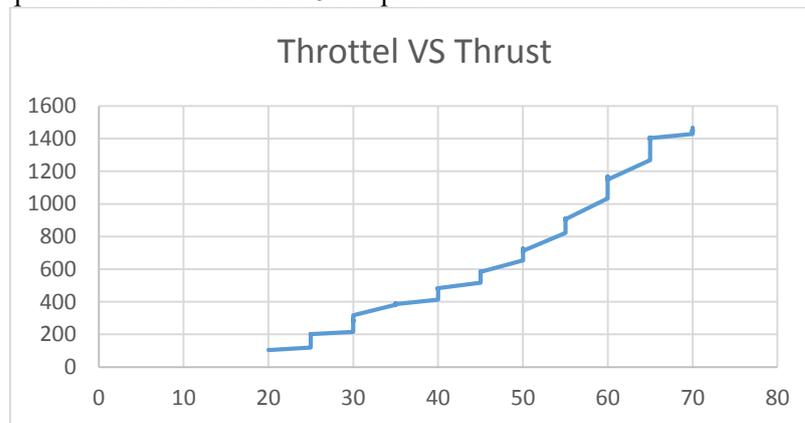
## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan dari pengujian diolah dengan menggunakan software excel dan disajikan dalam format grafik seperti pada Gambar 5-1, Gambar dan Gambar 5-3.



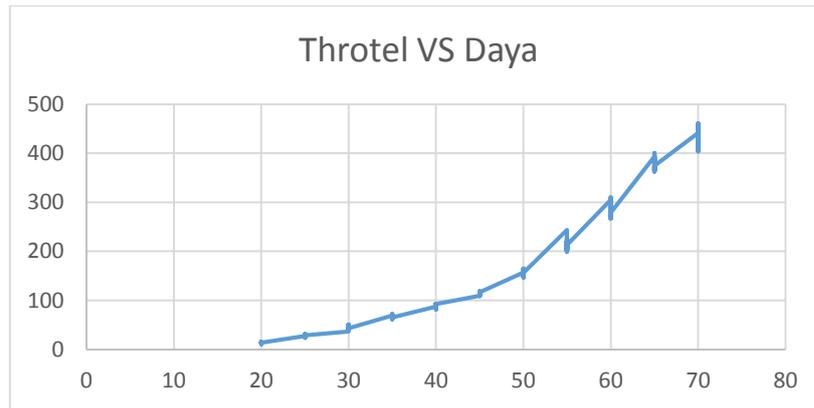
Gambar 5-1 hubungan persentasi throtel dengan gaya dorong

Dari gambar 5-1 dapat dilihat hubungan antara throttle dengan penggunaan arus yang terukur. Pada *throttle* 20% pemakaian arus sekitar 2A dan terus miningkat sampai dengan pemakaian *throttle* maksimal pada 70% pemakaian arus sebesar 45 Ampere.



Gambar 5-2 hubungan persentasi throtel dengan gaya dorong

Dari gambar 5-2 dapat dilihat hubungan antara throttle dengan gaya dorong yang terukur. Pada *throttle* 20% gaya dorong yang terukur sekitar 100 mg dan terus miningkat sampai dengan pemakaian *throttle* maksimal pada 70% menghasilkan gaya dorong yang terukur sekitar 1400 mg.



**Gambar 5-3** hubungan persentase throtel dengan pemakaian daya

Dari gambar 5-3 dapat dilihat hubungan antara throttle dengan penggunaan daya. Pada *throttle* 20% penggunaan daya sekitar 24Watt dan terus meningkat sampai dengan pemakaian *throttle* maksimal pada 70% penggunaan daya sekitar 440 Watt .

Dari ketiga grafik dapat dilihat bahwa pada throttle 70% adalah maksimum pemakaian arus, dan daya serta menghasilkan gaya dorong yang paling maksimal. Penggunaan arus pada BLDC motor adalah sebesar 44Ampere, dengan gaya dorong yang dihasilkan adalah sebesar 1.45kg dan daya yang dibutuhkan adalah sebesar 440 watt. Jika hasil pengujian dibandingkan dengan data yang disajikan dalam datasheet BLDC OSMG 9526 motor seperti ditampilkan pada Tabel , hasil pengujian menunjukkan nilai arus dan daya yang bersesuaian, Untuk nilai gaya dorong memiliki sedikit perbedaan yang disebabkan karena adanya gaya gesekan yang ditimbulkan oleh konfigurasi pada papan uji.

**Tabel 5-1** data parameter BLDC OSMG 9526

Propeller Size	LiPo Cell	Voltage	Current	Wattage	Thrust	r.p.m.
11x5.5E	3S	12.6V	31A	391W	1.9kg	10,100
11x7E	3S	12.6V	37A	466W	2.1kg	9,750
11x8.5E	3S	12.6V	44A	554W	2.1kg	9,350
11x10E	3S	12.6V	49A	617W	2.0kg	9,100

## 6. KESIMPULAN

Dari pengujian dapat disimpulkan untuk BLDC OSMG 9526 dengan penggunaan *throttle* 70% menghasilkan pemakaian arus maksimum sebesar 44 Ampere, daya yang digunakan sebesar 1.45 kg serta menghasilkan gaya dorong maksimal sebesar 440 watt. Hasil pengujian memiliki kesesuaian jika dibandingkan dengan data yang disajikan dalam datasheet BLDC OSMG 9526 motor.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Gunawan Setyo Prabowo selaku Kepala Pusat Teknologi Penerbangan dan Bapak Ari Sugeng Budiyananta Selaku Kepala Bidang Teknologi Avionik atas bimbingan dan kepercayaannya memberikan tanggung jawab kepada kami sehingga kami dapat berpartisipasi dalam pengembangan dan penelitian di bidang teknologi penerbangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) D. A. A. Wirawan, "Desain Sistem Manajemen Daya untuk Solar UAV" in MAPIN PIT 2015, Bogor, 2015.
- 2) J. A. S. K. G. R. M. V. Ramesh, "Speed Control Of Brushless Dc Motor By Using Fuzzy Logic Pi Controller", *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* , pp. 55-62, 2011.

- 3) M. Ehsani, "*Control of BLDC machines with improved performance*" ,Texas A&M University.
- 4) A. Apffelsteadt, "*An Approach to Involving Testing and Software Computing into the Predictions of Model Aircraft Engine Performance*", Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, 2008.
- 5) O. Motor, "*OS Motor specification*," 2013.
- 6) S. Ogasawara and H. Akagi, "*An Approach to Position Sensorless Drive for Brushless DC Motors*", *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 27, pp. 928-933, 1991.
- 7) S. Martin, *Model Aircraft Aerodynamics*, Argus: Hemel Hempstead, 1994.
- 8) C. D. Johnson, *Process control instrumentation technology*, New Jersey: Prentice-Hall, 1997.
- 9) C. C. J. C. J.G. Rocha, "*Smart load cells: an industrial application*" in *Sensors and Actuators*, Portugal, 2000.
- 10) AVIA, "*HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*".