

Pemilihan Motor Listrik Sebagai Penggerak Utama dan Propeller Sebagai Alat Gerak Pada Sistem Propulsi Pesawat Flying Wing PX

Endah Yuniarti*, Tri Susilo, Aji Prakoso, Albi Nuari Hastono

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

* *Corresponding Author* : endah.yuniarti13@gmail.com

Abstrak – Pemilihan motor listrik sebagai mesin penggerak utama dan propeller sebagai alat gerak sistem propulsi pesawat Flying Wing PX telah dilakukan. Motor listrik yang diteliti adalah tipe EMAX BL 2382/05, NTM Pprop Drive Series 42-58 dan Turnigy 3648. Propeller yang diuji coba adalah propeller berukuran 12x8, 13x8, 14x7 dan 15x7. Parameter yang diteliti adalah daya motor, kecepatan motor, kecepatan propeller dan gaya dorong. Pengaruh parameter terhadap performa pesawat telah dianalisis. Daya motor diperoleh dari arus masing-masing tipe motor dikalikan dengan tegangan baterai yang digunakan yaitu sebesar 11,1 volt. Kecepatan motor diperoleh dari nilai KV yaitu istilah pabrikan yang menyatakan banyaknya motor berputar per menit jika diberi tegangan 1 volt. Kecepatan propeller diukur dengan alat Tachometer. Kecepatan aliran udara diukur dengan alat Digital Anemometer Air Flow Meter untuk selanjutnya kecepatan aliran udara ini digunakan untuk menghitung gaya dorong. Hasil menunjukkan bahwa tipe motor yang menghasilkan daya dan kecepatan motor tertinggi adalah Emax BL 2382/05 yaitu sebesar 888 watt dan 8935 rpm. Dengan daya sebesar 888-watt maka pesawat dapat melakukan sport performance. Propeller yang menghasilkan kecepatan yang sesuai dengan batas maksimum dari motor ialah tipe 13x8 dan 14x7, namun propeller 14x7 mempunyai gaya dorong yang lebih besar daripada propeller 13x8 yaitu sebesar 159,6 N. Sehingga motor EMAX BL 2382/05 dan propeller 14x7 dapat digunakan pada pesawat Flying Wing PX agar performa pesawat maksimal

Kata kunci: Motor listrik, Propeller, Daya, Kecepatan, Gaya Dorong, Flying Wing PX

Abstract – *Election electric motor as main motor engine and propeller as mechanical device of propulsion system Flying Wing PX aircraft has been done. The types of investigated electrics motor are EMAX BL 2382/05, NTM Pprop Drive Series 42-58 and Turnigy 3648. The propellers that have been tested are 12x8, 13x8, 14x7 and 15x7 dimension propeller. Parameters that have been investigated are power, velocity of motor, velocity of propeller and thrust. Effect of parameters on aircraft performance has been analyzed. Power as result from motor currents multiplied 11,1 volt baterai voltage. Velocities of motors as result from value of KV that technical term for explain how many motor rotation each second in 1 volt applied voltage. Propeller velocities were measured by Tachometer device. Air flow velocities were measured by Digital Anemometer Air Flow Meter. Furthermore, it's used for thrust calculation. The result showed that the highest power and motor velocities obtained by EMAX BL 2382/05 is 888 watts and 8935 rpm. With the 888 watts as highest power, the aircraft is able to do sport performance. The propeller velocities which is appropriate with motor velocities maximum limit is 13x8 and 14x7 dimensions, but the highest thrust obtained by 14x7 dimensions. Thus, EMAX BL 2382/05 electric motor and 14x7 dimension propeller can used at Flying Wing PX aircraft in order to aircraft performance is maximal.*

Keywords: *Electric Motor, Propeller, Power, Velocities, Thrust, Flying Wing PX*

I. PENDAHULUAN

Aeromodelling adalah suatu kegiatan yang mempergunakan sarana miniatur (model) pesawat terbang yang tidak berawak atau tidak dapat membawa manusia dan terdapat batasan ukuran. Kegiatan tersebut untuk tujuan rekreasi, edukasi, olahraga dan dapat juga digunakan untuk pemetaan dan pemantauan. Pesawat model pada *aeromodelling* dibagi menjadi dua yaitu, pesawat statik dan pesawat dinamik. Pesawat statik adalah jenis pesawat yang tidak dapat terbang, pesawat jenis ini biasanya digunakan sebagai hiasan ataupun sebagai benda uji di laboratorium. Sedangkan pesawat dinamik merupakan pesawat yang dapat terbang. Pesawat dinamik dibagi menjadi pesawat dinamik bermotor dan ada yang tidak. Pesawat tidak bermotor yaitu pesawat yang proses penerbangannya tidak menggunakan mesin tetapi menggunakan tali dengan cara ditarik atau dilempar. Pesawat dinamik yang bermotor proses terbangnya menggunakan mesin, biasanya penggeraknya berupa *remote control* dan *control line* ^[1]. Sistem propulsi adalah bagian terpenting dalam perancangan pesawat model dinamik bermotor sebagai sumber penggerak.

Sistem propulsi adalah sistem yang menghasilkan gerakan kedepan atau gaya dorong (*Thrust*). Sistem propulsi pada pesawat model terdiri dari motor penggerak utama, sistem transmisi dan alat gerak (*propulsor*). Prinsip kerja dari sistem propulsi adalah motor penggerak utama (*main engine*) sebagai sumber daya utama memberikan daya output kepada alat gerak (*propulsor*) melalui sistem transmisi daya. Besarnya daya yang diserap oleh *propulsor* tergantung pada besarnya efisiensi sistem transmisi tersebut. Daya yang diserap inilah yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan alat gerak (*propulsor*) ^[2].

Motor penggerak utama pada sistem propulsi pesawat model biasanya berupa motor listrik (*electric*). Ada dua tipe motor motor listrik (*electric*) yang digunakan yaitu motor AC dan motor DC.

Motor *brushless* adalah contoh motor yang menggunakan arus searah (DC) dan biasa disebut sebagai Motor *Brushless Direct Current* (BLDC). Motor *brushless* digunakan di dunia industri seperti industri mobil, otomasi medis, instrumentasi dan industri pesawat model. Keuntungan motor *Brushless Direct Current* (BLDC) antara lain *high speed* operasi, *high power density*, efisiensinya tinggi dan usia pakainya lebih lama. Alat gerak (*propulsor*) pada pesawat model biasanya *propeller* atau baling-baling. Propeller yang akan digunakan harus disesuaikan ukurannya baik diameter, kebutuhan dan karakteristik dari motornya ^[3].

Flying Wing merupakan istilah untuk desain pesawat terbang yang bentuknya menyerupai dua sayap pesawat yang menyatu (*blended-wing body*). Desain pesawat tidak memiliki bagian utama yang disebut *fuselage* dan ekor (*tail*) seperti pada pesawat yang kita kenal saat ini. Bentuk *Flying Wing* menyerupai Boomerang yang pada dasarnya memang merupakan dua bilah sayap yang digabungkan menjadi satu unit. Pesawat *Flying Wing* memiliki ukuran sayap yang lebih tebal dibandingkan dengan sayap pada pesawat biasa, maka pesawat *flying wing* harus mengatasi masalah hambatan udara (*drag*) yang lebih besar pula. Besarnya hambatan udara sangat dipengaruhi oleh kecepatan pesawat yaitu semakin tinggi kecepatan pesawat, semakin besar pula *drag* yang harus diatasi dan luas permukaan yang tegak lurus arah getaran fluida berarti ketebalannya. Sayap pesawat biasa yang sangat tipis menghasilkan *drag* yang jauh lebih kecil dari *flying wing* saat meluncur di udara pada kecepatan sama. Dengan semakin besarnya hambatan udara, *flying wing* harus memiliki mesin yang mampu menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang lebih besar dan stabil supaya bisa mengatasi hambatan udara tersebut ^[4]. Pada penelitian ini akan dilakukan pemilihan tipe motor *Brushless Direct Current* (BLDC) dan propeller yang sesuai dengan karakteristik pesawat *Flying Wing* PX.

II. METODE PENELITIAN

Pesawat yang digunakan adalah pesawat model *Flying Wing PX* dengan spesifikasi pesawat tertera pada Tabel 2.1. Sistem propulsi yang diterapkan pada pesawat *Flying Wing PX* adalah sistem propulsi elektrik. Motor listrik yang digunakan adalah motor *Brushless* yang menggunakan arus searah (DC). Motor *Brushless* yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga tipe yaitu: Motor *Brushless* Emax BL2382/05 sebagai motor 1, NTM Pprop Drive Series 42-58 sebagai motor 2, Turnigy 3648 600KV sebagai motor 3. Ketiga tipe motor brushless dipilih berdasarkan ketersediaannya di Indonesia. Langkah pertama adalah menghitung besar daya output motor listrik, lalu besar gaya dorong (*thrust*) minimum dan kecepatan motor maksimum motor listrik. Berdasarkan ketiga data tersebut maka dapat ditentukan satu tipe motor *brushless* yang paling sesuai dengan spesifikasi pesawat *Flying Wing PX*. Kemudian tipe motor tersebut digunakan untuk pengujian selanjutnya yaitu pengujian propeller. Propeller yang digunakan adalah propeller 12x8, 13x8, 14x7 dan 15x7 yang terbuat dari kayu balsa. Angka 12, 13, 14, 15 merupakan diameter dari propeller (*inchi*) dan angka 7 dan 8 merupakan *pitch* propeller atau sudut yang dibentuk oleh propeller. Propeller tersebut diuji dengan alat Tachometer untuk mendapatkan data kecepatan propeller dalam satuan rotasi per menit dan diuji dengan Digital Anemometer Air Flow Meter untuk mendapatkan data kecepatan aliran udara (v_1 dan v_4). Keempat tipe propeller dibandingkan berdasarkan data rotasi per menit, kemudian disesuaikan dengan kecepatan maksimum motor listrik. Kemudian tipe propeller yang sesuai dengan batas rotasi permenit maksimum motor listrik diukur nilai kecepatan aliran angin (v_1 dan v_4) untuk mendapatkan gaya dorong dan efisiensi propeller.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pesawat [5]

Spesifikasi	Ukuran
Wingspan	220 cm
Length	70.5 cm
Height	12 cm
Luas pesawat	7115,3 cm ²
Weight	2,753 kg

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variasi Tipe Motor *Brushless*

3.1.1 Daya Output Motor

Tegangan (V) yang digunakan adalah tegangan dari baterai lipo (lithium polimer) yaitu 11,1 volt. Arus yang digunakan berdasarkan spesifikasi masing-masing tipe motor *Brushless* yaitu : $I_1 = 80$ A, $I_2 = 70$ A, $I_3 = 70$ A. Hasil perhitungan daya dari ketiga motor *Brushless* disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daya Motor *Brushless* [5]

Motor	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Daya (W)
Emax BL2382/05	11,1	80	888
NTM Pprop Drive Series 42-58	11,1	70	777
Turnigy 3648	11,1	70	777

Pemilihan motor untuk pesawat model yaitu menggunakan prinsip *power ratio* dengan asumsi *watts/pounds* berat pesawat. Dengan ketentuan daya minimum yang diperlukan agar pesawat dapat melakukan:

- *ready to fly* dan *slow fly* adalah 50 *watts/pounds* berat pesawat
- *sport performance* maka diperlukan minimum 100 *watts/pounds* berat pesawat
- terbang vertical, diperlukan minimum 150 *watts/pounds* berat pesawat.

Hal ini adalah pandangan secara garis besar dan berlaku untuk model pesawat yang umum^[6]. Sehingga jika dibandingkan dengan massa pesawat yaitu 2752 gram = 26,97 N, maka diperlukan: $\frac{50 \text{ watt}}{4,448 \text{ N}} \times 26,97 \text{ N} = 303,17 \text{ watt}$ daya minimum agar pesawat dapat melakukan *ready to fly* atau *slow fly*. Kemudian diperlukan $\frac{100 \text{ watt}}{4,448 \text{ N}} \times 26,97 \text{ N} = 606,34 \text{ watt}$ daya minimum agar pesawat dapat melakukan *sport performance* dan diperlukan $\frac{150 \text{ watt}}{4,448 \text{ N}} \times 26,97 \text{ N} = 909,51 \text{ watt}$ daya minimum agar pesawat dapat terbang vertikal. Tabel 3.1 menunjukkan bahwa ketiga tipe motor brushless memenuhi syarat daya minimum yang diperlukan pesawat untuk melakukan *ready to fly* dan *sport performance*, tetapi tidak memenuhi syarat untuk terbang vertikal. Untuk terbang vertikal, minimum daya yang diperlukan adalah 909,51 watt maka berdasarkan daya masing-masing motor, yang paling mendekati nilainya adalah tipe motor Emax BL2382/05 yaitu sebesar 888watt.

3.1.2 Thrust of Weight

Pesawat membutuhkan gaya dorong (*thrust*) minimal 80% dari berat total (berat pesawat ditambah berat motor) untuk dapat melakukan *take off* [5]. Hasil perhitungan *thrust of weight* disajikan pada Tabel 3.2, dimana W_E adalah berat motor dan W_P berat pesawat.

Tabel 3.2 Thrust of Weight [5]

Motor	Weight (N)		Thrust (N)
	W_E	W_P	
Emax BL2382/05	2,1	26,97	23,26
NTM Pprop Drive Series 42-58	3,19	26,97	24,13
Turnigy 3648	1,36	26,97	22,76

Tabel 3.2 memperlihatkan minimum *thrust* yang diperlukan agar pesawat *Flying Wing PX* dapat melakukan *take off*, yaitu 80% dari berat total (berat pesawat ditambah berat motor). Terlihat bahwa tipe motor Turnigy 3648 hanya membutuhkan minimum *thrust* 22,76 N untuk dapat *take off*. Jika dikaitkan dengan daya motor pada Tabel 3.1, tipe motor ini hanya mempunyai daya 777 watt, tetapi membutuhkan minimum *thrust* yang terendah diantara tipe motor lainnya, hal ini disebabkan berat motor ini yaitu 1,36 N paling ringan diantara motor yang lain. Tipe motor NTM Pprop Drive Series 42-58 membutuhkan minimum *thrust* 24,13 N, angka tersebut paling tinggi diantara tipe motor lainnya. Hal tersebut dikarenakan motor ini hanya mempunyai daya motor sebesar 777 watt tetapi berat motor 3,19 N atau berat yang paling besar diantara motor lainnya. Sehingga jika tipe NTM Pprop Drive Series 42-58 dibandingkan dengan tipe Turnigy 3648 yang memiliki daya yang sama yaitu 777 watt, sedangkan minimum *thrust* yang harus dihasilkan berbeda, hal tersebut dikarenakan perbedaan berat motor itu sendiri. Tipe Emax BL2382/05 membutuhkan minimum *thrust* sebesar 23,26 N. Tipe motor ini mempunyai daya motor 888 watt dan berat motor 2,1 N.

3.1.3 Kecepatan Motor

KV merupakan istilah yang dikeluarkan oleh pabrik. KV dalam penelitian ini menjelaskan berapa kali motor berputar dalam satu menit pada saat diberi dengan tegangan 1 Volt tanpa diberi beban (contohnya, tanpa baling-

baling pesawat). Satuan KV adalah rpm/volt. Dimana $KV_1 = KV$ Motor *Brushless Emax BL2382/05* = 805 rpm/volt, $KV_2 = KV$ Motor *NTM Pprop Drive Series 42-58* = 500 rpm/menit dan $KV_3 = KV$ Motor *Turnigy 3648* = 600 rpm/menit. Hasil perhitungan rotasi permenit dari ketiga motor *Brushless* disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kecepatan Motor [5]

Motor	KV	Teg. (volt)	V_{motor} (rpm)
Emax BL2382/05	805	11,1	8935
NTM Pprop Drive Series 42-58	500	11,1	5550
Turnigy 3648	600	11,1	6660

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa tipe motor yang menghasilkan kecepatan rotasi tertinggi adalah Emax BL2382/05 yaitu sebesar 8935 rpm. Tipe Turnigy 3648 hanya mampu menghasilkan kecepatan rotasi sebesar 6660 rpm dan NTM Pprop Drive Series 42-58 menghasilkan kecepatan paling rendah yaitu 5550 rpm. Rotasi permenit yang diperoleh pada Tabel 3.3 adalah gambaran berapa kali motor dengan diberi tegangan 11,1 volt tanpa diberi beban atau tanpa propeller.

Berdasarkan daya output motor dan kecepatan motor berputar (rotasi per menit), maka diperoleh bahwa tipe motor Emax BL 2382/05 mempunyai nilai tertinggi diantara kedua tipe motor lainnya yaitu tipe NTM Pprop Drive Series 42-58 dan Turnigy 3648. Selanjutnya tipe motor Emax BL 2382/05 akan digunakan untuk pengujian variasi propeller.

3.2 Variasi Tipe Propeller

3.2.1 Kecepatan Propeller

Propeller yang digunakan adalah propeller dengan konfigurasi 12x8, 13x8, 14x7 dan 15x7. Pengukuran kecepatan propeller dalam satuan rotasi permenit diperoleh dari pengukuran langsung menggunakan alat Tachometer. Tabel 3.4 adalah hasil pengukuran kecepatan propeller 12x8, 13x8, 14x7, 15x7.

Tabel 3.4 Kecepatan Propeller [7]

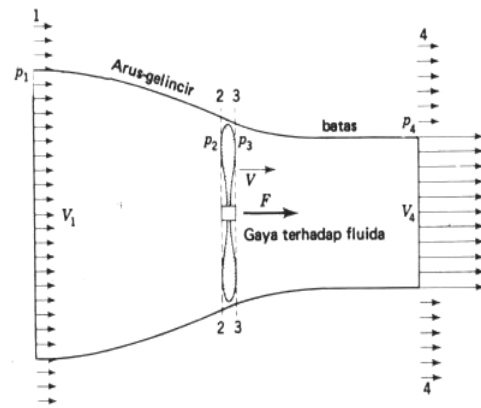
Propeller	V_{prop} (rpm)
12 x 8	9971,33 ± 2,64
13 x 8	8536,00 ± 1,73
14 x 7	7685,33 ± 3,50
15 x 7	6976,33 ± 2,64

Tabel 3.4 memperlihatkan bahwa untuk propeller dengan pitch 8, yaitu propeller 12x8 dan 13x8 mempunyai kecepatan sebesar 9971 dan 8536 rpm, dua angka dibelakang koma dapat diabaikan karena angka tersebut merupakan hasil perhitungan rata-rata (pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali). Jika disesuaikan dengan kecepatan motor Emax BL2382/05 yang digunakan pada pesawat *Flying Wing PX*, yaitu sebesar 8935 rpm maka propeller 13x8 yang paling mendekati yaitu sebesar 8536 rpm. Sedangkan untuk propeller dengan pitch 7 yaitu 14x7 dan 15x7 mempunyai kecepatan 7685 rpm dan 6976 rpm. Jika dikaitkan dengan kecepatan motor yang digunakan maka kedua tipe propeller tersebut masih berada dalam batas maksimum, namun untuk propeller 15x7 yang mempunyai 6976 rpm dirasa terlalu jauh dari batas maksimum yaitu 8935 rpm, artinya masih terdapat rentang batas 1959 rpm yang tidak digunakan oleh propeller tersebut. Sehingga untuk propeller dengan pitch 7, diperoleh tipe propeller 14x7 yang paling mendekati batas kecepatan motor yang digunakan.

Berdasarkan batas maksimum kecepatan motor yang diperbolehkan maka diperoleh tipe propeller yang paling mendekati adalah 13x8 untuk propeller dengan pitch 8 dan 14x7 untuk propeller dengan pitch 7. Selanjutnya akan diketahui besar gaya dorong dari kedua propeller ini.

3.2.2 Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan angin diukur menggunakan alat Digital Anemometer Air Flow Meter EAI000604. Dari pengukuran alat tersebut, diperoleh nilai v_1 yaitu kecepatan udara saat udara akan melewati *propeller* dan v_4 yaitu kecepatan udara setelah melalui *propeller* (Gambar 3.1). Luas *disk propeller* (A) dihitung dengan luas lingkaran karena *propeller* yang berputar akan membentuk lingkaran. Densitas yang digunakan adalah densitas udara pada sea level.



Gambar 3.1 Aliran udara yang melalui *propeller* [8]

Kita berasumsi bahwa udara yang dipengaruhi oleh *disc* terbatas pada *slip stream* seperti yang ditunjukkan Gambar 3.1 sehingga daerah penampang 2 dan 3 adalah sama, maka:

$$v_2 = v_3 \quad (3.1)$$

Tekanan P_1 dan P_4 sama dengan nilai *free stream*. Kita menganggap *volume control* yang dibentuk oleh *slip stream* pada akhir 1 dan 4. Aplikasi dari persamaan kontinuitas memberi suatu persamaan matematika:

$$\rho v_1 A = \rho v_4 A = \dot{m} \quad (3.2)$$

Mengingat satu-satunya gaya yang bekerja atas *volume control* adalah gaya total pada *disc* atau *thrust*. Tekanan yang sama pada p_1 dan p_4 tidak memberikan kontribusi pada gaya di permukaan. Karena aliran berlangsung dalam arah horizontal tidak ada *body force* untuk dipertimbangkan, oleh karena itu [8]:

$$F = v_4 \rho v_4 A - v_1 \rho v_1 A = \dot{m}(v_4 - v_1) \quad (3.3)$$

Jika kecepatan di depan *propeller* disebut kecepatan *freestream*, yaitu v_1 . Kita melihat bahwa propeller bergerak pada kecepatan v_1 , usaha yang dilakukan oleh propeller pada aliran udara disebut juga output daya yaitu:

$$P_{output} = F v_1 = \dot{m}(v_4 - v_1) v_1 \quad (3.4)$$

Selain itu beberapa energi kinetik ditambahkan ke aliran udara yang berjalan, oleh karena itu daya input yang diberikan adalah:

$$P_{input} = \dot{m}(v_4 - v_1) v_1 + \frac{1}{2} \dot{m}(v_4 - v_1)^2 \quad (3.5)$$

Propeller efficiency adalah prosentase perbandingan keluaran power output dengan power input [8]:

$$\eta_p = \frac{V_1}{V_1 + \frac{1}{2}(V_4 - V_1)} \times 100\% \quad (3.6)$$

dimana,

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_4}{2} \quad (3.7)$$

Sehingga

$$\eta_p = \frac{v_1}{\bar{v}} \times 100\% \quad (3.8)$$

Melalui persamaan (3.3) dan (3.8) diperoleh gaya dorong dan efisiensi propeller seperti tertera pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Gaya Dorong dan Efisiensi [7]

Parameter	13x8	14x7
v_1 (m/s)	31,30±0,35	37,63±0,36
v_4 (m/s)	55,60±0,35	63,57±0,53
\bar{v} (m/s)	42,03	50,60
D (m)	0,3302	0,3556
A (m ²)	0,085	0,099
ρ (kg/m ³)	1,225	1,225
F (N)	101,96	159,60
η_p (%)	72,5	74,5

Berdasarkan Tabel 3.5, tipe propeller 14x7 mempunyai gaya dorong yang lebih besar dibandingkan dengan tipe 13x8, efisiensi propellernya pun demikian. Sehingga propeller yang sesuai dengan karakteristik pesawat Flying Wing PX adalah 14x7 dengan gaya dorong (*thrust*) sebesar 159,6 N dengan menggunakan motor EMAX BL2382/05 dengan daya yang dihasilkan sebesar 888 watt.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh adalah tipe motor yang menghasilkan daya dan kecepatan motor tertinggi adalah EMAX BL 2382/05 yaitu sebesar 888 watt dan 8935 rpm. Dengan daya 888 watt yang dihasilkan maka pesawat sudah dapat melakukan *sport performance*. Propeller yang menghasilkan kecepatan yang sesuai dengan batas maksimum dari motor ialah tipe 13x8 dan 14x7, namun yang mempunyai gaya dorong lebih besar

adalah 14x7. Sehingga motor EMAX BL 2382/05 dan propeller 14x7 dapat digunakan pada pesawat Flying Wing PX agar performa pesawat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Dendhi, G., 2013. BLDC Motor, <http://gerry24dendhi.blogspot.com/2013/12/bldc-motor.html> diakses tanggal 20 Agustus 2015
- (2) Atmoko, B., _____, Merakit Sendiri Pesawat Terbang Model R/C, http://bandung-aeromodeling.com/tutorials/Engine_dan_Motor_Pesawat_Model.pdf, diakses pada 28 Januari 2016
- (3) _____, 2003, Sistem Propulsi Electrical, <http://www.oocities.org/tinbdg/sistem-propulsi-elictrical.htm>, diakses pada 21 Agustus 2015
- (4) Surya, Y., 2010, Desain Pesawat Masa Depan, <http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/384-desain-pesawat-masa-depan> diakses tanggal 27 Januari 2016
- (5) Hastono, A.N., 2015, Rancang Bangun Pesawat Model UAV Flying Wing PX dan Pemilihan Motor Listrik Berdasarkan Tiga Tipe Motor Brushless, *Skripsi*, Prodi Teknik Penerbangan Universitas Suryadarma, Jakarta
- (6) Michael, 2005, *Brushless Convension*, <http://miketigabelas.webs.com/brushless.html> diakses tanggal 20 Mei 2015
- (7) Prakoso, A., 2015, Performa Propeller Pada Pesawat Flying Wing PX Dengan Motor Brushless Melalui Variasi Efisiensi Propeller Berdasarkan Konfigurasi Panjang Propeller, *Skripsi*, Prodi Teknik Penerbangan Universitas Suryadarma, Jakarta
- (8) Arismunandar, W., 2002, *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*, ITB Bandung.