

Pengembangan LSU(LAPAN Surveillance UAV) SOLAR

Dewi Anggraeni¹, Arifin R¹, Yanuar P¹, Gunawan SP¹

¹ Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN, E-mail : dewi.anggraeni@lapan.go.id, arifin.rasyadi@lapan.go.id, yanuar.prabowo@lapan.go.id, gunawan.setyo@lapan.go.id

Abstrak –Solar LSU dibutuhkan untuk meningkatkan lama terbang serta daerah operasi terbang yang lebih luas untuk misi pengamatan (*surveillance*). Pada pengembangan LSU Solar ini rancangan dasar untuk pesawat tanpa awak bertenaga surya telah ditetapkan, dengan tipe pesawat *glider*. Misi akan dilakukan pada pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 untuk mendapatkan cahaya matahari yang optimum. Metode yang dilakukan adalah pembelajaran komparatif terhadap pesawat tanpa awak bertenaga surya yang lain dan perhitungan kebutuhan daya LSU Solar telah dilakukan. Luas bentangan sayap terhadap kebutuhan daya LSU Solar telah dihitung, luas sayap sebesar 0.5 m² akan dipasang sel surya untuk memenuhi kebutuhan daya pesawat. Massa total pesawat sebesar 3,5585 kg, membutuhkan kekuatan gaya dorong motor sebesar 2,5 kg untuk dapat terbang. Hasil analisa didapatkan adalah sistem *photovoltaic* dapat memenuhi daya sebesar 50,1 watt yang cukup untuk terbang meluncur selama 2 jam.

Kata kunci: daya, sel, surya, LSU, Solar,

PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Penerbangan merupakan bagian dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional/LAPAN sebagai sebuah lembaga penelitian yang bergerak dibidang kedirgantaraan telah mengembangkan beberapa LSU (LAPAN *Surveillance UAV*) dengan sistem propulsi bersumber pada baterai dan bahan bakar. Kemampuan untuk meningkatkan lama terbang serta daerah operasi terbang yang lebih luas untuk misi pengamatan (*surveillance*) saat ini, menjadi fokus utama dalam kegiatan pengembangan pesawat tanpa awak. Indonesia memiliki pancaran cahaya matahari sepanjang tahun yang berpotensi besar bagi pengembangan UAV bertenaga surya sehingga target lama terbang dan jangkauan wilayah yang luas dapat dicapai, hal inilah yang menjadi dasar LAPAN mengembangkan teknologi baru yang ramah lingkungan.

Pengembangan yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Penerbangan terhadap pesawat tanpa awak dengan seri LSU-01 (LAPAN *Surveillance UAV* - 01) telah banyak dilakukan, baik sistem autonomous nya serta pemanfaatan pesawat terhadap berbagai aplikasi pemotretan dari banyak misi telah dilakukan. Waktu terbang LSU-01 selama kurang lebih satu jam memberikan keterbatasan terhadap misi yang akan dilaksanakan. Sehingga memberikan alasan kuat terhadap pengembangan pesawat tanpa awak yang memiliki waktu terbang lebih lama.

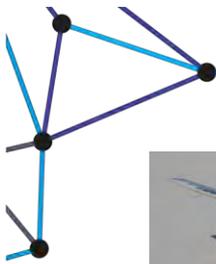
Tujuan dari makalah ini adalah melakukan rancangan dasar terhadap pesawat tanpa awak bertenaga surya yang diberi nama Solar LSU. Pembelajaran komparatif terhadap pesawat tanpa awak bertenaga surya yang lain dan perhitungan kebutuhan daya LSU Solar dilakukan untuk mengetahui berapa jam pesawat dapat terbang optimal. Rekomendasi spesifikasi tipe pesawat dan jenis sel surya yang ada dipasaran dan perhitungan beban/massa ditentukan sebagai dasar kerja dalam melakukan rancang bangun Solar LSU.

MATERI DAN METODE

Metode yang dilakukan adalah melakukan pembelajaran komparatif terhadap pesawat tanpa awak bertenaga surya

Pembelajaran Komparatif terhadap Pesawat Tanpa Awak Bertenaga Surya

Pembelajaran komparatif pesawat tanpa awak bertenaga surya, mengacu pada pesawat *So Long*, *QinetiQ Zephyr*, *Sun Sailor 1* dan *2* serta *Green Falcon*, lihat Tabel 1.



Gambar 1. SoLong, QinetiQ Zephyr, SunSailor 2^{Christopher JH. 2011} dan Green Falcon^{www.flightglobal.com}

Kemampuan tiap pesawat ditunjukkan pada Tabel 1 dan gambar pesawat tanpa awak bertenaga surya dapat dilihat pada gambar 1. Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa umumnya pesawat menggunakan 1 motor elektrik pada sistem propulsinya. Tipe konfigurasi konvensional paling banyak dipilih pada pesawat tanpa awak bertenaga surya.

Pada SunSailor 1, memiliki 0.943 m² dengan daya sistem photovoltaic yang dihasilkan adalah 100 watt yang mana mendekati sistem avionic pesawat LSU-01 yang menjadi acuan awal dari pesawat tanpa awak bertenaga surya ini (Dewi A, Yanuar P, Gunawan SP. 2013) dan dengan luasan sayap 0,943 m².

Tabel 1. Profil dari So Long, QinetiQ Zephyr dan Sun Sailor 1 and 2^{Christopher JH. 2011}, dan Green Falcon^{www.flightglobal.com}

	So Long	QinetiQ Zephyr	Sun Sailor 1	Sun Sailor 2	Green Falcon
Capabilities	Terbang 48 jam menggunakan sel surya dan motor elektrik	Lama terbang 336 jam 22 menit. Payload 5 lb	Belum dapat memecahkan rekor dunia F5-SOL category (belum terpecahkan)	Sama dengan SunSailor1.	Dapat terbang 24 jam
Configuration	Jumlah propeller 1 dengan konfigurasi V tail	Berat 50 kilogram, memiliki 22,5 meter yang dilapisi dengan solar array amorphous silicon	Jumlah propeller 1 yang konvensional dengan konfigurasi V-tail	Sama dengan SunSailor1	Mempunyai 2.5 m luas sayap, dengan berat 4 kg
Solar Cell Configuration	120 Sanyo 1850 Li-Ion cells, 76 Sunpower A300 solar cells, nominal power = 225 W, battery mass = 5.5 kg		Sel surya Sunpower A300 dengan efisiensi 21% , area 0.943 m ² berat total 0.66 kg.	Sel surya Sunpower A300 dengan efisiensi 21%, area 1.097 m ² berat total 0.77 kg total.	Solar cell Monocrystalline dan baterai litium
Power Output	Maximum motor power 800 W	-	PV's max power is 100 W	PV's max power is 140 W	-

Dalam hal ini Green Falcon merupakan pesawat jenis salto glider dengan waktu lama terbang yang mencapai 24 jam, dengan luas sayap sebesar 2.5 m² dan berat 4 kg. Dari tabel 1, pembelajaran komparatif pesawat tanpa awak tenaga surya dapat diambil keputusan bahwa dalam rancangan pesawat kali ini jenis pesawat salto glider dipilih untuk rancang bangun Solar LSU.

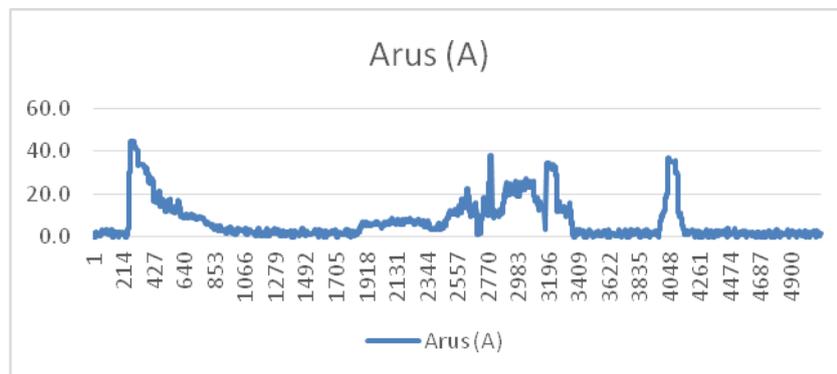
Spesifikasi misi

Pesawat salto glider yang telah ditetapkan dalam rancang bangun ini memiliki sistem seperti dibawah ini.

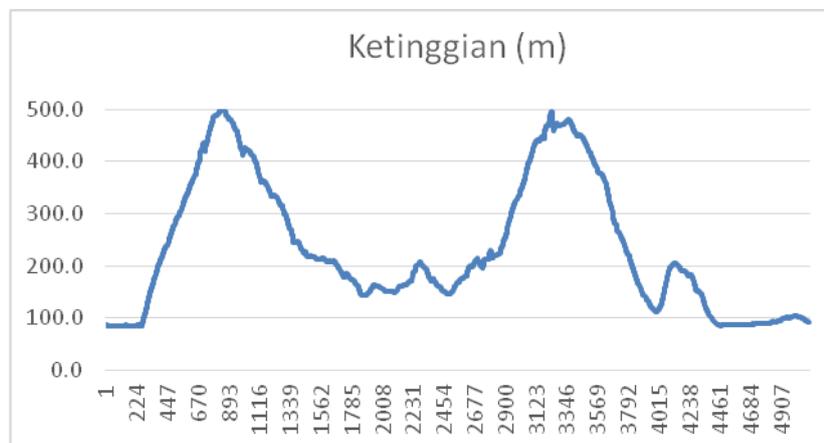
Sistem Solar LSU

Pesawat tanpa awak memiliki perangkat untuk mengendalikan pesawat dari daratan, sistem memiliki komponen – komponen seperti dibawah ini:

- Autopilot
- Sensors: gyros, GPS, accelerometer, magnetometer, barometric pressure
- Engine: brushlessdcmotor
- Electronic speed controller
- propeller 1 x 7
- Komunikasi telemetri 900 MHz- 1 watt
- Baterai Lipo 5800 mAh, 4 cell



Gambar 2. Grafik arus motor elektrik pesawat *Solar LSU*

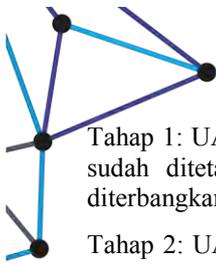


Gambar 3. Grafik ketinggian pesawat *Solar LSU*

Uji terbang dilakukan di lingkungan Pusat Teknologi Penerbangan Rumpin Bogor, uji terbang pesawat tanpa panel surya untuk mengetahui karakteristik kebutuhan daya yang dibutuhkan saat take off, meluncur dan mendarat. Gambar 2 menunjukkan hasil data arus dan gambar 3 menunjukkan data ketinggian pesawat, pesawat diluncurkan di ketinggian 100 meter diatas permukaan laut. Saat take off, pesawat dapat mencapai ketinggian 500 meter dengan kebutuhan arus mencapai 45 Ampere. Meluncur dengan di ketinggian antara 150 – 200 meter membutuhkan daya sekitar 3–7 Ampere, dan 3 – 0 Ampere yang dibutuhkan pesawat untuk mendarat.

Profil misi

Profil misi terbang pesawat adalah sebagai berikut:



Tahap 1: UAV akan diluncurkan dan dimulai terbang pada pukul 11.00 siang dengan beberapa ketinggian yang sudah ditetapkan sesuai dengan kebutuhan misi. Setelah meluncur di ketinggian tertentu pesawat akan diterbangkan secara autonomous.

Tahap 2: UAV akan terbang selama 2 jam. Dari aplikasi, dengan kelas beban ringan 0-5 kg yang dimiliki oleh LAPAN, yaitu pesawat tanpa awak LSU-01 hanya mampu terbang selama 1 jam. Sehingga, LSU Solar ini diharapkan mampu terbang 2 kali dari kemampuan terbang LSU-01.

Tahap 3: Pada pukul 13.00, UAV akan di switch ke kendali manual oleh pilot didarat dan mulai untuk melakukan pendaratan.

Lama terbang pesawat kurang lebih 2 jam, hal ini dilakukan untuk mencapai daya maksimum yang diterima oleh sel surya di siang hari. UAV ini memiliki kategori berat yang rendah/kecil, serta dapat diluncurkan menggunakan tangan dan dapat mendarat di wilayah yang tidak terkondisikan.

ANALISADANPEMBAHASAN

Rancangan Solar LSU



Gambar 4. Ilustrasi pemasangan sel surya Sunpower C60 pada Solar LSU

Dari data uji terbang pada sub bab 3.1, maka dapat dilihat kesimpulan dari grafik Gambar 2 dan Gambar 3 pada Tabel 2. Konsumsi daya Solar LSU. Sehingga kebutuhan sel surya harus diperhitungkan untuk memenuhi kebutuhan terbang pesawat. Tipe sel surya juga menjadi hal yang penting untuk dapat di integrasikan pada luasan sayap yang terbatas.

Tabel 2. Konsumsi daya

No	Flight condition	Current (Ampere)	Power (Watt)
1.	Take Off / Climb	45	756
2.	Cruise	3 s/d 7	33.6 s/d 50.4
3.	Landing	2 s/d 0	33.6 s/d 0

Banyak sel surya yang terdapat di pasar, beberapa digunakan untuk keperluan listrik rumah tangga, satelit dan UAV (Christopher JH. 2011). Dalam rancangan kali ini ada 2 tipe sel surya yang menjadi pertimbangan untuk dipasang, yaitu sel surya Sunpower yang banyak digunakan pada UAV, lihat Tabel 1, dan Azurspace menjadi rekomendasi rancangan Christopher JH. 2011. Selain efisiensinya yang tinggi mencapai lebih dari 20 %, kemudahan dalam pengadaan bahan tersebut menjadi pertimbangan kami dalam rancang bangun ini.

Pada Tabel 3 merupakan spesifikasi 2 sel surya yang telah dibahas diatas. Dalam rancangan ini sel surya Sunpower dipilih karena harga dan sifat nya yang flexible dapat dipasang mengikuti bentuk sayap pesawat. Dari Gambar 4 menunjukkan sel surya yang memiliki luasan 12,5 x 12,5 cm per sel terpasang di sayap dan tail, jumlah sel surya yang terpasang sebanyak 15 sel, makamaksimum daya yang dihasilkan dapat dihitung seperti dibawah ini:

$$P = 3.34 \frac{\text{watt}}{\text{sel}} \times 15 \text{sel} = 50.1 \text{ Watt} \quad (1)$$

Tabel 3. Solar cell specification for UAV^{5), 6)}

Sel Surya	Efisiensi	Luas sel	Massa	Standard Test Conditions (STC)
Sunpower C60	Min 20%	1.25 cm ²	36 gr	1.5 Amd – 1000W/m ²
Azurspace 3T34C	34 %	30.18 cm ²	≤ 86 mg/cm ²	1.5 Amd – 1000W/m ²

Perhitungan (1) menunjukkan bahwa dengan daya 50,1 watt yang dihasilkan oleh panel surya, hanya mampu untuk memenuhi kebutuhan pesawat saat terbang meluncur.

Berat dan keseimbangan

Penyusunan berat komponen

Massa tiap bagian pesawat diperhitungkan untuk mengetahui massa totalnya. Berat mempengaruhi keseimbangan sebuah pesawat. Tabel 4 menunjukkan berat komponen yang menyusun Solar LSU. Dengan perhitungan berat sel surya seperti dibawah ini, dengan mengacu pada Tabel 3;

$$\text{Berat 15 sel surya} = 15 \times 36 \text{ gr} = 540 \text{ gram} \quad (2)$$

Total berat sel surya yang harus ditopang pesawat adalah 540 gram. Sehingga total komponen – komponen yang ada di pesawat adalah 3,3735 kg. Gaya dorong motor dipilih setidaknya sepertiga dari total massa UAV¹⁰⁾. Maka, gaya dorong yang dibutuhkan motor elektrik adalah;

$$T = \frac{1}{3} \times 3,5585 \text{ kg} = 1.1861 \text{ kg} \quad (3)$$

Tabel 4. Berat komponen

No.	Component	Mass (kg) A solar-powered LSU-01
1	Sistem repeater	0.5
2	Radio Telemetry	0.0467
3	Brushless Motor	0.1223
4	Receiver RC	0.0136
5	Autopilot	0.0177
6	ESC	0.0462
7	GPS	0.0112
8	Camera Batteries	0.1172
9	Batteries 4 s 5000mAh	0.533
10	Fuselage	0.6098
11	Cable	0.09
12	HTP	0.0986
13	Small components	0.062
14	Wing	0.9832
15	Servo	0.06
16	Glue	0.02
17	Ubec	0.042
18	Solar cells	0.501
19	MPPT	0.185
Total		3.5585

Untuk mengantisipasi penambahan berat saat manufaktur, maka dua kali dari nilai gaya dorong yaitu sebesar 2,373 kg dan kita bulatkan menjadi 2,5 kg. Spesifikasi berbagai macam tipe OS motor elektrik^{www.osengines.com} menunjukkan bahwa dengan gaya dorong sebesar 2,5 kg, dibutuhkan motor tipe OSMG9530 dengan propeller 11x 7, lihat Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi motor elektrik



Propeller Size	LiPo Cell	Voltage	Current	Wattage	Thrust	r.p.m.
10x7	4S	16.8V	30A	504W	2.0kg	11,000
11x6	4S	16.8V	36A	605W	2.1kg	10,700
11x7E	4S	16.8V	37A	622W	2.5kg	10,500
12x6E	4S	16.8V	40A	672W	2.8kg	10,400
12x8E	4S	16.8V	48A	806W	3.4kg	10,000
13x8E	4S	16.8V	60A	1,008W	3.8kg	9,400
14x7E	4S	16.8V	65A	1,092W	3.9kg	9,100
15x7E	4S	16.8V	79A	1,327W	3.6kg	7,900

MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Dalam hubungannya dengan terbang lama dan ditinggikan tertentu atau yang lebih umum dikenal dengan high altitude long endurance solar UAV (HALE-SPUAV) sangat dibutuhkan MPPT. Penjajakan poin daya maksimum/ Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk memindahkan sebagian besar daya dari panel sel surya ke sistem elektrik UAV dan baterai. Untuk rancangan ini GV-10/140W 10 A MPPT kendali pengisian berfungsi di suhu -40°C sampai 85°C efisiensi rata-rata 96 % – 98 %, (<http://genasun.com>).

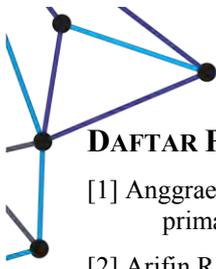
Gambar 5. Genasun GV-10/140W 10 A MPPT charge controller, (<http://genasun.com>)

KESIMPULAN

Dari pembelajaran komparatif terhadap pesawat tanpa awak tenaga surya, maka di ambil keputusan bahwa pesawat jenis salto glider digunakan dalam rancangan pesawat tanpa awak bertenga surya ini, sel surya Sunpower C60 dipilih karena harga yang terjangkau dan memiliki efisiensi tinggi, sifat lenturnya dapat diintegrasikan ke sayap UAV. Dari uji terbang dengan mengambil daya terendah saat kondisi terbang jelajah pada tabel 2 konsumsi daya sebesar 33.6 s/d 50.4 watt dengan daya yang dihasilkan oleh sel surya sebesar 50,1 watt mengacu pada hitungan (1) sehingga dapat disimpulkan bahwa pesawat LSU Solar memenuhi daya terbang meluncur kurang lebih selama 2 jam dari pukul 11.00 sampai 13.00 untuk mengoptimalkan hasil daya dari sel surya yang diberikan ke sistem propulsi *Solar LSU*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ari Sugeng Budiyanata atas bimbingan dan kepercayaannya memberikan tanggung jawab ini kepada kami sehingga kami dapat berpartisipasi dalam pembangunan di bidang teknologi penerbangan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraeni D, Prabowo GS, Prabowo Y, Draft hybrid LSU 01 development for urban mapping: Concept and primary design. UAV World Conference, Frankfurt, November, 2013.
- [2] Arifin R, Dewi A, Awang Adi, Encung S. Engine and propeller selection for propulsion system LAPAN Surveillance UAV – 05 (LSU-05) using analytic and experimental test. SIPTEKGAN XVII-2014. International Seminar of Aerospace and Technology, 2014.
- [3] Christopher JH, Design of a small solar-powered Unmanned Aerial Vehicle. MS. Thesis, San JoseStateUniversity, 2011.
- [4] Dewi A, Yanuar P, Gunawan SP, Design of a Solar Powered LAPAN Surveillance UAVs – 01 (LSU-01). SIPTEKGAN XVII-2013. International Seminar of Aerospace and Technology, 2013.
- [5] Diakses dari website: <http://www.flightglobal.com/news/articles/solar-powered-uav-could-aid-australia-fire-monitoring-336930/>
- [6] Manish RB, Solar powered unmanned aerial vehicle: High altitude long endurance applications (HALE-SPUAV). MS. Thesis. San JoseStateUniversity, 2012.
- [7] Prabowo GS, AnggraeniDewi, Ariwandono F. 2012. Small UAV applications for mitigation disaster at Mount Merapi. UAV World Conference. Frankfurt, November, 2012.
- [8] Specification data of Azurspace3T34C.
- [9] Specification data of SunpowerC60.
- [10] Spesifikasi berbagai macam tipe OS motor elektrik. Diakses dari website www.osengines.com.
- [11] Spesifikasi Genasun MPPT, <http://genasun.com/all-products/solar-charge-controllers/for-lithium/gv-10-lithium-10a-solar-charge-controller/>