

Desain Sistem Manajemen Daya untuk Solar UAV

Adi Wirawan¹, Dewi Anggraeni¹

¹ Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN Rumpin, Email: adi.wirawan@lapan.go.id; dewi.anggraeni@lapan.go.id

Abstrak –Telah dilakukan desain sistem manajemen daya untuk *solar unmanned aerial vehicle* (UAV). Solar UAV menggunakan kombinasi elektrik motor, baterai Li-ion dan sel panel surya sebagai system penggerak. Sistem manajemen daya akan mengatur ketersediaan daya yang diperlukan untuk system penggerak maupun sistem elektronik pada solar UAV. Sistem manajemen daya terdiri dari bagian *maximum power point tracking* (MPPT), bagian manajemen baterai dan bagian pengkonversi tegangan. Bagian MPPT berfungsi untuk memperoleh daya maksimum dari sel panel surya. Bagian manajemen baterai berfungsi memonitor dan mengontrol proses pengisian dan pengosongan dari module baterai Li-ion. Bagian pengkonversi tegangan berfungsi menghasilkan tegangan +5 V dan +12 V untuk kebutuhan daya pada sirkuit elektronik solar UAV.

Kata kunci: *solar uav, system manajemen daya, MPPT, manajemen baterai, pengkonversi tegangan*

PENDAHULUAN

UAV adalah pilihan ideal untuk aplikasi yang membutuhkan waktu terbang yang lama, namun untuk dapat mendapatkan waktu terbang yang lama, perlu dikembangkan sumber energi yang efektif untuk memastikan peralatan *onboard* berfungsi dengan baik[1]. Untuk mencapai waktu terbang yang lama, dengan kemampuan UAV membawa muatan yang terbatas, maka dibutuhkan sumber energi dengan *densitas* yang tinggi.

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 memiliki keterbatasan lama terbang serta jangkauan misi yang dapat dilakukan. Penelitian untuk meningkatkan lama terbang serta jangkauan daerah operasi terbang yang lebih luas untuk misi pemotretan maupun pengamatan (*surveillance*) menjadi fokus utama dalam kegiatan pengembangan pesawat tanpa awak di Pusat Teknologi Penerbangan.

Sumber energi terbarukan merupakan alternatif yang menarik untuk pengganti sistem propulsi berbasis bahan bakar fosil konvensional. Sumber energi terbarukan yang sering digunakan untuk aplikasi UAV adalah energi surya, bahan bakar hidrogen serta media penyimpanan energi seperti baterai dan super kapasitor[1]. Wilayah Indonesia berada di sekitar garis katulistiwa yang mendapatkan paparan energi matahari hampir sepanjang tahun, hal ini merupakan potensi yang besar bagi pengembangan UAV dengan sistem propulsi bertenaga surya. Hal tersebut menjadi dasar Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN mengembangkan UAV dengan sistem propulsi energi surya (solar uav) dengan seri LSU Solar, untuk meningkatkan lama terbang serta menambah jangkauan daerah operasi terbang yang lebih luas. Rancangan dasar untuk solar UAV telah ditetapkan dengan tipe pesawat glider. Misi awal UAV solar akan dilakukan pada pukul 11.00 sampai dengan pukul 13.00 agar mendapatkan energi matahari yang optimum.

Tujuan dari makalah ini adalah melakukan desain sistem manajemen daya untuk solar UAV. Solar UAV menggunakan kombinasi elektrik motor, baterai Li-ion dan sel surya sebagai system penggerak. Sistem manajemen daya akan mengatur ketersediaan daya yang diperlukan untuk sistem propulsi maupun sistem elektronik pada solar UAV.

TINJAUAN SISTEM

Sistem Solar UAV memiliki komponen seperti dibawah ini [2]:

- *Autopilot: Ardupilot*
- *Sensors: gyros, GPS, accelerometer, magnetometer, barometric pressure*
- *Engine: brushlessdcmotor*
- *Electronic speed controller*
- *Propeller 11 x 7 E*
- *Modul telemetri 900 MHz- 1 watt*
- *Baterai Lipo 5800 mAh, 4S1P*



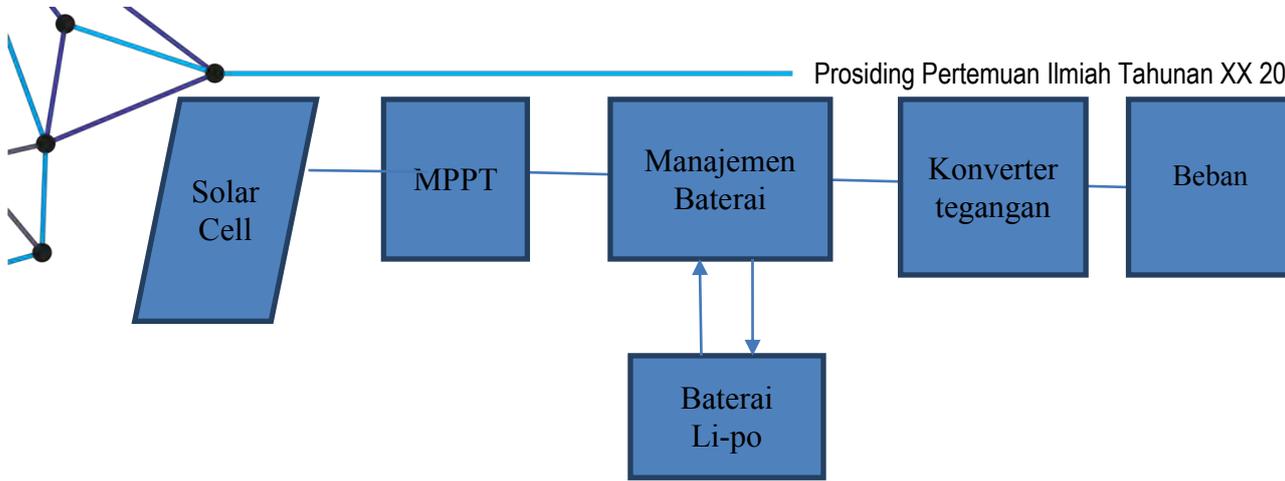
Gambar 1. Ilustrasi pemasangan sel surya pada Solar UAV[3]

Sistem manajemen daya untuk solar UAV dirancang untuk memperoleh energy listrik dari tenaga matahari dan menyediakan enegi untuk kebutuhan sistem propulsi dan komponen elektronik UAV. Dalam penelitian ini, digunakan sel surya mono kristalsunpower C60 sebagai sumber listrik yang banyak digunakan pada aplikasi UAV karena memiliki efisiensi yang tinggi mencapai lebih dari 20 %. Untuk menyesuaikan dengan konfigurasi pesawat, konfigurasi panel sel surya dibagi menjadi dua panel, yaitu sayap kiri dan sayap kanan pesawat. Ilustrasi pemasangan panel sel surya pada solar UAV ditunjukkan pada Gambar. 1. Di bawah kondisi uji standar(1.5 Amd – 1000 W/m²), sel surya akan menghasilkan daya maksimum hingga sekitar 3.34 W. Tegangan maksimum power point dan arus masing-masing sekitar 0.574 V dan 5.83A. Karakteristik kelistrikan darisel surya Sunpower C60 terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kelistrikan Sunpower C60[4].

Electrical Characteristics of Typical Cell at Standard Test Conditions (STC)						
STC: 1000W/m ² , AM 1.5g and cell temp 25°C						
Bin	Pmpp (Wp)	Eff. (%)	Vmpp (V)	Impp (A)	Voc (V)	Isc (A)
G	3.34	21.8	0.574	5.83	0.682	6.24
H	3.38	22.1	0.577	5.87	0.684	6.26
I	3.40	22.3	0.581	5.90	0.686	6.27
J	3.42	22.5	0.582	5.93	0.687	6.28

All Electrical Characteristics parameters are nominal
 Unlaminated Cell Temperature Coefficients
 Voltage: -1.8 mV / °C Power: -0.32% / °C

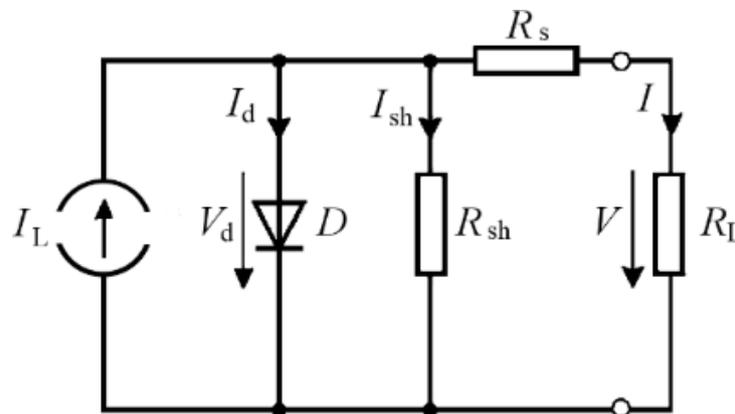


Gambar 2. Sistem manajemen daya

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, sistem dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama, MPPT, berfungsi untuk meningkatkan efisiensi sel surya agar mendapatkan daya maksimum yang tersedia dari panel sel surya. Bagian kedua, manajemen baterai, berfungsi memantau dan mengendalikan penyimpanan energi dan pengiriman tenaga surya yang diambil dari panel sel surya. Bagian ketiga, konversi daya, mengubah tegangan input ke 5 V dan 12 V untuk keperluan komponen elektronik. Pertimbangan fungsional dan desain untuk setiap tahap dibahas dalam bagian berikut.

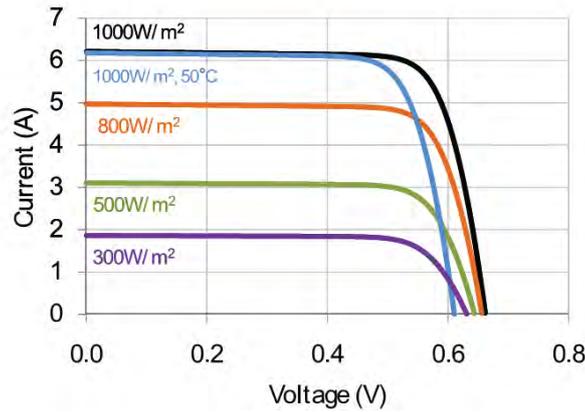
MPPT

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya tergantung pada suhu sel surya, kondisi iradiasi matahari serta karakteristik beban listrik. Sel surya adalah perangkat nonlinier dan dapat direpresentasikan sebagai model sumber arus seperti ditunjukkan pada Gambar 3[5]. Dimana I_{ph} adalah sumber arus searah, R_{sh} dan R_s adalah ekuivalent dengan shunt dan tahanan yang disusun secara seri, sedangkan D adalah dioda sambungan dengan sambungan PN.

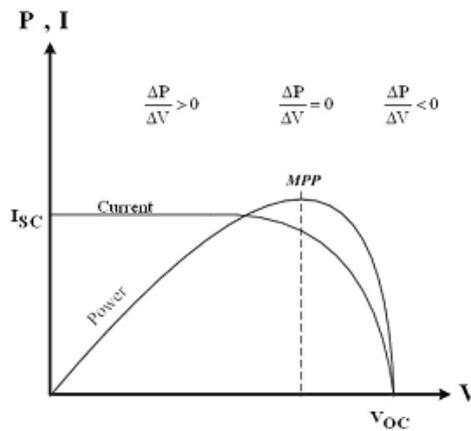


Gambar 3. Ekuivalensi diagram sirkuit sel surya

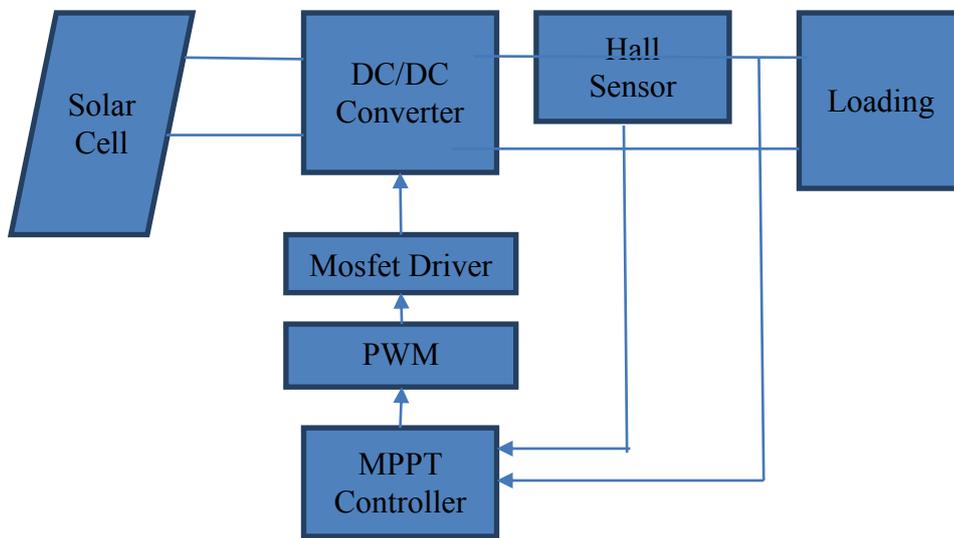
Keluaran arus dan tegangan dari sel tenaga surya pada iradiasi dan temperatur yang berbeda ditunjukkan pada Gambar. 5[4]. Setiap kurva memiliki *power point maksimum* seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5, yang merupakan titik operasi optimal untuk penggunaan sel surya secara efisien pada saat kondisi operasi tertentu. Agar sel surya bekerja secara efisien, kita mencoba untuk memaksa sel surya beroperasi pada *power point maksimum* melalui sebuah mekanisme yang disebut MPPT. Untuk menjelaskan mekanisme pengoperasian MPPT, kita menggunakan kurva operasi dan menggambar ulang karakteristik kurva pada Gambar. 6. Dapat dijelaskan, pada titik daya maksimum $\frac{\Delta P}{\Delta V} = 0$. Nilai daya keluaran akan turun jika $\frac{\Delta P}{\Delta V} < 0$, dan daya keluaran akan naik jika $\frac{\Delta P}{\Delta V} > 0$ [6].



Gambar 5. Karakteristik arus dan daya Sunpower C60[4]

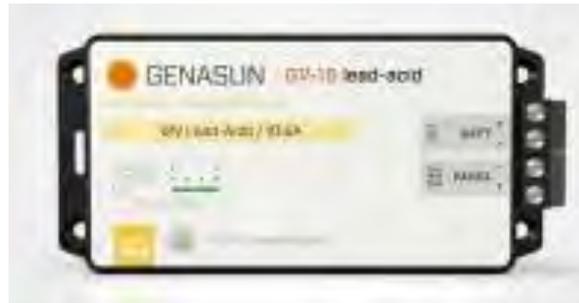


Gambar 6. Karakteristik sel surya[6]



Gambar 7. Sistem dasar MPPT

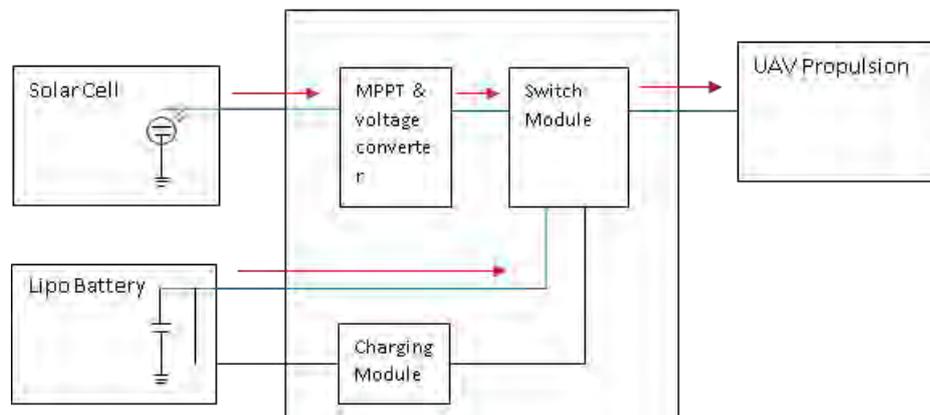
Sistem dasar MPPT terdiri dari pulse width modulator (PWM), driver MOSFET, DC/ DC buck konverter, dan kontroler. Diagram blok sistem dasar MPPT ditunjukkan pada Gambar. 7. Ide utama MPPT adalah untuk terus menyesuaikan tegangan pada terminal beban dengan mengontrol siklus dari PWM. Untuk rancangan ini menggunakan MPPT tipe GV-10/140W 10 A MPPT seperti ditunjukkan pada gambar 8.yang dapat bekerja di suhu -40 °C sampai 85 °C dengan efisiensi rata-rata 96 % – 98 %.



Gambar 8. MPPT Genasun GV-10/140W 10 A[7]

MANAJEMEN BATERAI

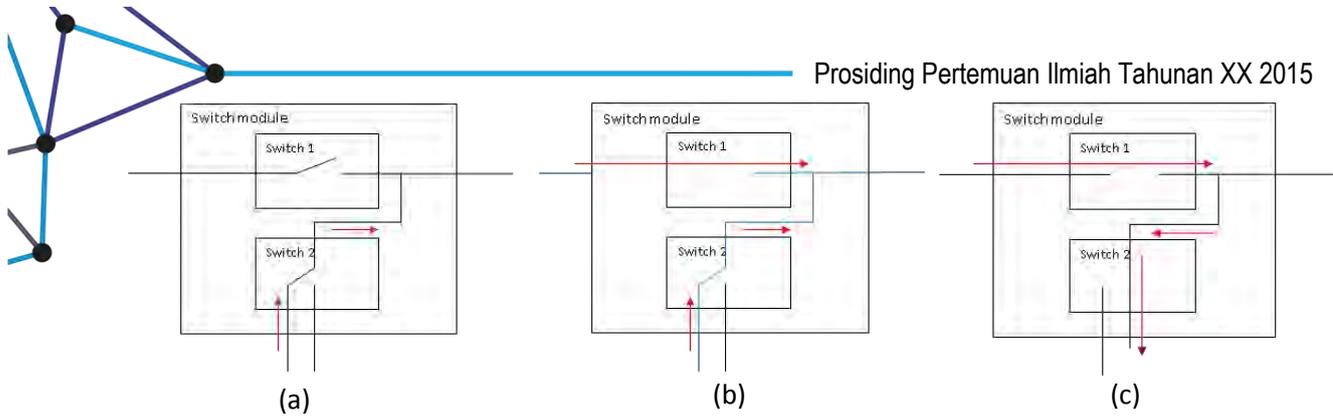
Sistem manajemen baterai monitor dan mengontrol penyimpanan dan penggunaan energi yang diambil dari panel surya. Diagram blok sistem dari sistem manajemen baterai ditunjukkan pada Gambar. 9. Sistem terdiri dari tiga subsistem utama, yaitu modul baterai lithium, konverter daya, dan kontrol pengisian. Input daya dari sistem manajemen baterai berasal dari output sistem MPPT. Output dari sistem manajemen baterai memasok daya yang diperlukan untuk sistem propulsi UAV serta komponen elektronik lainnya.



Gambar 9. Diagram blok sistem manajemen baterai



Gambar 10. Modul baterai Turnigy T5800.4S.25-5800 mAh

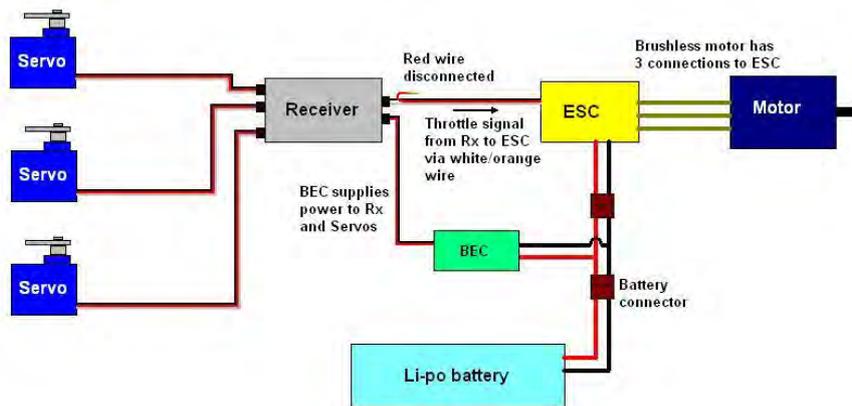


Gambar 11. Alur pengisian dan pengosongan baterai

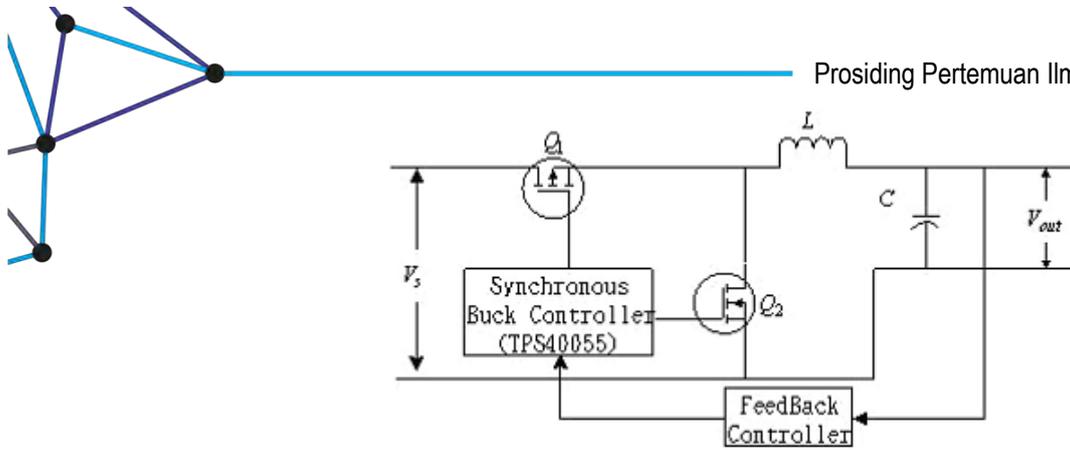
Modul baterai yang dipilih dalam sistem ini adalah Lithium ion (Li-Ion) baterai isi ulang polimer (perusahaan TURNIGY, Model baterai: T5800.4S.25-5800 mAh). Sebuah modul baterai seperti ditunjukkan dalam Gambar. 10. memiliki tegangan nominal 14,8 V dengan kapasitas 5800 mAh. Pada awalnya, baterai digunakan sebagai sumber utama pada saat lepas landas. Seperti ditunjukkan dalam Gambar. 11(a), relay S1 dibuka dan relay S2, digeser ke arah baterai. Gambar. 11(b) dan 11(c) adalah pengisian dan pemakaian baterai secara bersamaan hal ini terjadi pada saat *climb* maupun *cruise* dimana kondisi daya solar panel mencukupi sebagai sumber energi, relay S1 ditutup dan relay S2 juga ditutup.

PENKONVERSIAN TEGANGAN

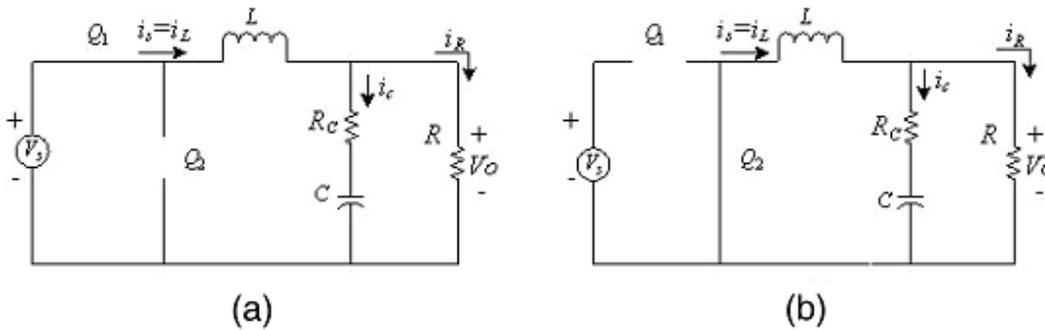
Sistem konversi tegangan mengubah tegangan pada baterai, dari +16,8 V menjadi +5 V dan +12 V untuk menyediakan tegangan yang dibutuhkan untuk komponen elektronik pada sistem Solar UAV. Sumber daya +5 V digunakan untuk menggerakkan servo motor, menyediakan daya untuk *receiver*, radio telemetri dan juga Autopilot. Pemasangan converter tegangan sistem solar UAV ditunjukkan pada gambar 12. Secara umum diagram blok fungsional dari konverter tegangan adalah buck converter, ditunjukkan pada Gambar. 13[6]. Blok diagram ini menggunakan dua MOSFET tipe N, Q1 dan Q2 untuk mengontrol aliran energi dari sumber ke beban. Sirkuit yang disederhanakan untuk siklus pengisian induktor ditunjukkan pada Gambar. 14(a). Dalam keadaan ini, MOSFET Q1 yang diaktifkan dan Q2 dimatikan. Dalam pemakaian induktor, operasinya dibalik seperti ditunjukkan pada Gambar. 14 (b) Dalam sistem solar UAV digunakan dua konverter tegangan UBEC untuk sumber daya +5 V dan +12V.



Gambar 12. Instalasi konverter tegangan sistem solar UAV



Gambar 13. Diagram buck converter



Gambar 14. Alur kerja buck converter (a) Q1 aktif, Q2 mati (b) Q1 mati, Q2 aktif

KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT

Makalah ini membahas tentang desain dari system manajemen daya untuk solar UAV. Sistem ini terdiri dari panel tenaga surya untuk mengakomodasi kebutuhan daya dari pesawat, sistem MPPT untuk meningkatkan efisiensi dari sel surya, sistem manajemen baterai untuk memantau dan mengontrol penyimpanan energi dan penggunaan energi, dan sistem konversi tegangan untuk mengubah tegangan yang diambil dari tenaga baterai. Struktur rangkaian elektronik yang disediakan dalam makalah ini berisi tiga tahap konversi listrik secara cascade. Efisiensi daya sistem secara keseluruhan adalah kombinasi dari efisiensi semua tiga tahap.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Botha CM, Mayer J, "Consideration For Optimal Renewable Energy Power Source In Unmanned Aerial Vehicle Application" ICUE, Johannesburg, 2008.
- [2]Prabowo Gunawan S, Anggraeni, Dewi, Ariwandono, Fajar, "Small UAV Applications for mitigation disaster at Mount Merapi" UAV World Conference, Frankfurt, November 2012.
- [3] Anggraeni Dewi ,Arifin R, , Prabowo Yanuar, " Solar LSU(Lapan Surveillance Aircraft)", 2015.
- [4] Data spesifikasi Sunpower C60Solar Cell Monocrystalline silicon
- [5] Johnson, D. E., Hilburn, J. L., Johnson, J. R., and Scott,P. D.Basic Electric Circuit Analysis (5th ed.).New York: Wiley, 1995.
- [6] Shiau J-K, Ma D-M, Yang P-Y, "Design of a Solar Power Management System for an Experiment UAV", IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems Vol. 45, No. 4 October 2009
- [7]Data Spesifikasi Genasun GV-10/140W