

Electronic Power System untuk Satelit Nano

Triawan Nugroho*¹, Agfianto Eko Putro², Bakhtiar Alldino³

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta

^{2,3}Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *maztriawan@gmail.com, agfi68@gmail.com, bakhtiar.alldino.a.s@gmail.com,

Abstrak

Sebuah electronic power system telah dirancang dan diimplementasikan untuk menyimpan dan menyalurkan energi listrik. Electronic power system merupakan bagian penting dari satelit yang berfungsi untuk menghasilkan, menyimpan dan menyalurkan listrik. Apabila terjadi kegagalan pada electronic power system, maka seluruh sub sistem yang mendapatkan pasokan daya akan mengalami gangguan.

Electronic power system satelit nano yang diteliti berbasis mikrokontroler keluarga AVR, ATmega 8. Sistem ini dilengkapi dengan sensor ACS712, sensor MAX7500, regulator switching LM2576 dan multiplekser DG560A. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah electronic power system yang berfungsi menyalurkan arus dan tegangan pada masing-masing channel yang digunakan, yaitu 3.3 V, 5 V dan 12V, serta mampu mengendalikan arus dan tegangan apabila terdapat kelebihan beban. Data digabung dalam format string yang dikirim melalui komunikasi serial dan ditampilkan pada Graphical User Interface (GUI). Data hasil pengukuran arus dan tegangan juga dapat disimpan dalam bentuk excel.

Kata kunci—Nanosatelit, eps, sensor, power system

Abstract

An electronic power system has been made and implemented to be able to save and distribute electrical power. Electronic power system is an important part of satellite that function to produce, to save and to distribute electrical. If suffers failure on electronic power system, then all the subsystem receiving the supply of power will be in default.

Electronic power system of nano satellite that researched is based on microcontroller of AVR family, ATmega 8. This system is completed by ACS712 sensor, MAX7500 sensor, switching LM2576 regulator and DG560A multiplexer. The result of this research is an electronic power system that function to distribute the current and the voltage in each channel used, namely 3.3 volt, 5 volt, and 12 volt, and able to control the current and voltage if there is overloaded. All these data are then bundled into a single data string which is sent by serial communication and displayed on Grafical User Interface (GUI). Data of result of measurement the current and voltage can be deposited in the excel form.

Keywords—Nanosatellite, eps, sensor, power system

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi satelit memberikan manfaat yang besar dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Teknologi satelit telah menghilangkan batasan jarak dalam berkomunikasi antar manusia di belahan bumi. Peran teknologi satelit tidak hanya bidang telekomunikasi, tetapi hampir di seluruh bidang seperti pertanian, kelautan, pertahanan dan lain sebagainya. Satelit Nano memiliki ukuran yang lebih kecil dibanding satelit konvensional

pada umumnya serta memiliki bobot yang ringan. Satelit nano memiliki bobot kurang dari 10 kg[1].

Electronic Power System (EPS) merupakan bagian yang terpenting pada satelit[2]. Hal ini disebabkan modul – modul pada satelit sangat bergantung pada *electronic power system*. Apabila *Electronic Power System* mengalami kegagalan maka seluruh modul pada satelit akan mengalami gangguan. Modul atau sub sistem pada satelit membutuhkan pasokan daya yang besarnya berbeda-beda. Dibutuhkan *electronic power system* yang dapat menyuplai pasokan daya sesuai dengan kebutuhan sistem. Pada saat terjadi kelebihan arus atau tegangan pada salah satu sub sistem satelit, maka *Electronic Power System* harus segera memutuskan sementara sub sistem satelit tersebut sampai arus atau tegangan kembali normal. Hal ini bertujuan untuk mengamankan komponen pada sub sistem satelit dari kelebihan arus maupun tegangan.

Electronic power system terdiri dari tiga bagian utama [3]. Yaitu *Power Source*, *Power Storage Unit* dan *Power Conditioning*. *Power source* adalah sistem yang dapat menghasilkan energi listrik. *Power storage* adalah sistem yang dapat menyimpan energi dalam bentuk *electrochemical cells*. Dan *power conditioning unit* berfungsi untuk mengendalikan dan menyalurkan energi listrik.

2. METODE PENELITIAN

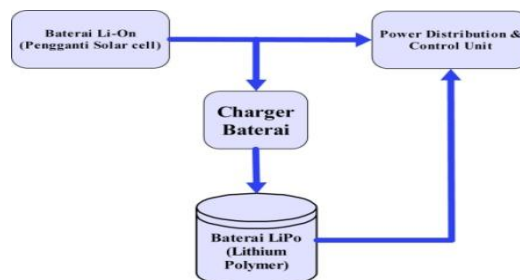
Dalam penelitian ini, *electronic power system* yang dibuat dapat menirukan kerja EPS untuk menyalurkan, mengendalikan dan menyimpan energi listrik. Terdapat tiga bagian utama dalam pembuatan *electronic power system*, yaitu *power source*, *power control* dan *power distribution*.

2.1 Analisis dan Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan piranti keras (*hardware*) dan perancangan piranti lunak (*software*). Perancangan piranti keras (*hardware*) meliputi perancangan desain dari sistem elektronik yang digunakan untuk sumber energi baterai Li-Ion dan baterai LiPo, sistem distribusi energi listrik, akuisi data dari sensor arus dan tegangan, sistem kendali menggunakan mikrokontroler pada *printed circuit board* (PCB) dengan piranti lunak EAGLE (*easily applicable graphic layout editor*). Perancangan piranti lunak (*software*) meliputi *firmware* dan *software* GUI. *Firmware* adalah program yang akan diisikan ke dalam mikrokontroler ATmega 8. Bahasa yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler adalah bahasa C dengan menggunakan CodeVisionAVR C *compiler*. Sedangkan *software* GUI adalah *software* pengantarmukaan pengguna, yang dikembangkan menggunakan Microsoft Visual Studio 2010.

2. 1.1 Rancangan Umum EPS

Rancangan secara umum EPS terdiri dari baterai Li-Ion sebagai sumber energi utama, modul *charger*, baterai LiPo sebagai sumber energi kedua, *power distribution* dan *control unit*. Berikut rancangan secara umum EPS:



Gambar 1 Rancangan umum EPS

Gambar 1 menunjukkan rancangan umum EPS yang dibuat pada penelitian ini. *Power Source* merupakan bagian dari *electronic power system* yang berfungsi untuk menghasilkan energi listrik. Digunakan 1 buah baterai Li-Ion sebagai sumber energi utama dan 1 buah baterai LiPo (*lithium polymer*) sebagai sumber energi kedua. *Power control* merupakan bagian *electronic power system* yang berfungsi untuk mengendalikan pasokan daya dan tegangan pada masing – masing sub sistem. Sedangkan *power distribution* merupakan bagian dari *electronic power system* untuk mengubah besar tegangan power supply menjadi besar tegangan dengan nilai tertentu.

2.1.2 Power Budget

Power budget berfungsi untuk mengetahui kebutuhan maksimal power dari board EPS yang dibuat sehingga tidak melebihi dari power yang dihasilkan oleh sumber tegangan.

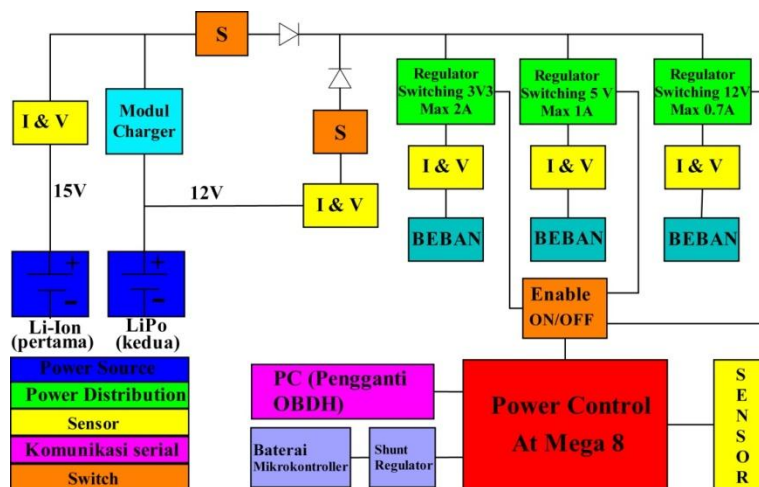
Tabel 1 Power Budget EPS

	Voltage [V]	Max. Arus [mA]	Max. Power [mW]
Output 1	3,3	2000	6600
Output 2	5	1000	5000
Output 3	12	700	8400
Total			20000

Tabel 1 menunjukkan total *power budget* yang dirancang untuk *board* EPS yang dibuat pada penelitian ini. Kebutuhan maksimal daya pada EPS tersebut tidaklah digunakan secara keseluruhan, tetapi disesuaikan dengan beban pada EPS atau dengan kata lain disesuaikan dengan kebutuhan subsistem pada satelit yang digantikan dengan sebuah beban untuk mensimulasikan.

2.1.3 Blok Diagram

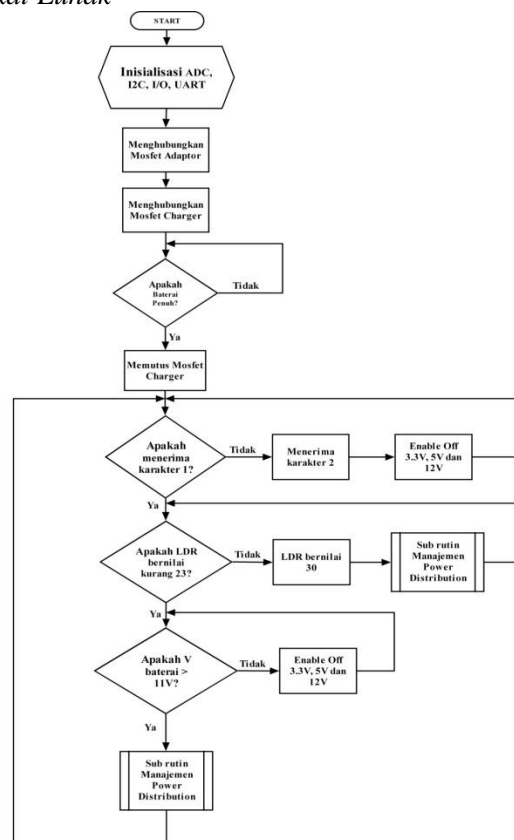
Blok diagram EPS yang dibuat pada penelitian ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai EPS yang akan dibuat. Berikut blok diagram EPS yang dibuat pada penelitian ini.



Gambar 2 Blok diagram EPS

Gambar 2 menunjukkan blok diagram EPS yang dibuat pada penelitian ini. *Power distribution* pada EPS yang dibuat menggunakan regulator *switching* LM2576. Digunakan tiga jenis regulator LM2576, yaitu 3.3 V, 5 V dan 12V. Regulator LM2576 dilengkapi dengan *enable on/off* yang dapat dikendalikan mati/hidup oleh mikrokontroler melalui kaki 5 regulator LM2576. *Power source* pada EPS yang dibuat digunakan baterai Li-Ion 15 V sebagai sumber utama EPS dan baterai LiPo sebagai sumber energi kedua. Pada bagian *switch* digunakan mosfet sebagai saklar sumber tegangan dan optocoupler sebagai antar muka rangkain kendali agar tidak terjadi *short circuit* [4]. Bagian sensor digunakan mikrokontroler untuk mengolah data-data dari sensor arus dan tegangan yang digunakan pada EPS. Komunikasi serial digunakan sebagai jalur komunikasi antara EPS dengan PC sebagai pengganti OBDH. Data-data dari sensor arus dan tegangan yang terukur pada EPS akan ditampilkan melalui GUI pada PC yang berfungsi sebagai pengganti OBDH.

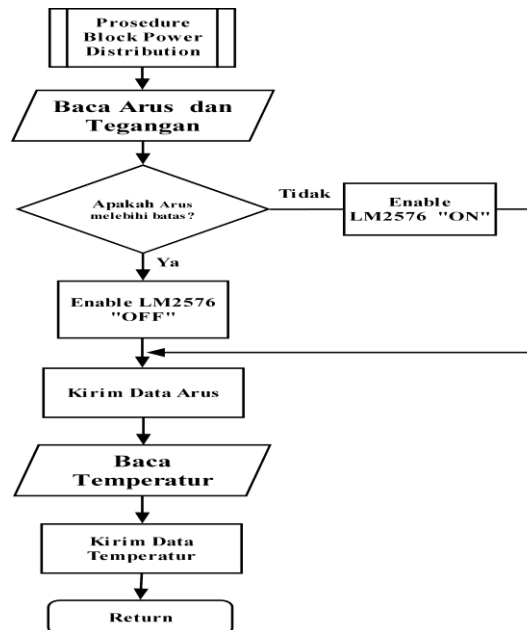
2.1.4 Rancangan Perangkat Lunak



Gambar 3 Diagram alir EPS

Gambar 3 menunjukkan diagram alir EPS yang diawali dengan inisialisasi ADC, I2C, UART serta protokol – protokol lain untuk proses akuisi data dari berbagai sensor yang digunakan, seperti variabel dan konstanta yang diperlukan pada pembacaan data – data tersebut. Secara berurutan, sistem *electronic power system* akan mengaktifkan mosfet Li-Ion dan *balancer* untuk mengisi baterai LiPo (*Lithium polymer*). Sistem terus melakukan pengecekan dan apabila baterai telah penuh, maka program akan memutus mosfet *balancer*. Secara berurutan, sistem *electronic power system* akan mengakuisisi data dari sensor arus dan tegangan pada Li-Ion. Apabila Li-Ion mengalami penurunan energi listrik, maka akan diaktifkan mosfet baterai. Pada baterai juga dilakukan akuisisi data sensor arus dan tegangan. EPS akan memutus mosfet baterai dan menghubungkan mosfet Li-Ion, apabila baterai mengalami penurunan energi di bawah nilai ambang. Produk dari proses tersebut sebatas pada pengendalian mosfet

berdasarkan hasil pembacaan sensor arus dan tegangan. Hasil pembacaan sensor arus dan tegangan juga akan diproses pada sub rutin manajemen *power distribution*.



Gambar 4 Sub rutin manajemen power distribution

Gambar 4 menunjukkan sub rutin manajemen *power distribution* dimana hasil pembacaan arus dan tegangan dibandingkan dengan nilai konstanta arus dan tegangan pada program. Apabila terdapat kelebihan arus dan tegangan maka akan dilakukan kontrol *off* pada IC regulator LM2576. Data temperatur diperoleh dari hasil pembacaan dari *output* sensor MAX7500 dengan protokol I2C. Langkah selanjutnya membendel data – data sensor arus, tegangan dan temperatur menjadi satu data *string* panjang. Data *string* ini kemudian ditransmisikan secara serial melalui RS-232.

2.2 Implementasi Sistem

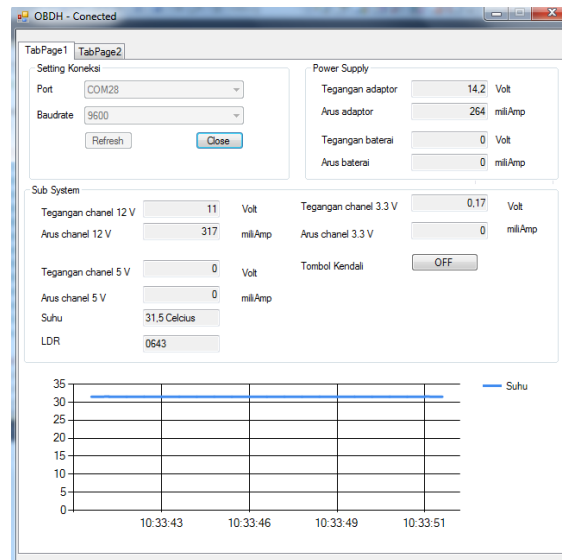


Gambar 5 Board electronic power system

Gambar 5 menunjukkan *board electronic power system* yang dibuat pada penelitian ini. Pada *board electronic power system* yang dibuat terdapat dua tingkatan PCB. Dua tingkatan PCB pada testbed *electronic power system*, yaitu satu tingkat bawah untuk penempatan komponen blok *power control* dan juga blok *power source*, sedangkan tingkat atasnya untuk

penempatan komponen blok *power distribution*. Kedua tingkat tersebut menggunakan sumber vcc dan *ground* yang sama sehingga untuk menghubungkan kedua *board* tersebut menggunakan pin *header* dan *black housing*. Untuk menambah kokoh antara *board* atas dan bawah, maka disambung dengan sambungan baja *spacer*.

Data arus dan tegangan pada masing-masing *channel* ditampilkan pada *graphical user interface* (GUI) yang dikembangkan menggunakan Microsoft Visual Studio 2010. Data hasil pengukuran arus dan tegangan juga dapat disimpan dalam bentuk excel.



Gambar 6 Implementasi antar muka sistem

Gambar 6 menunjukkan implementasi antar muka yang digunakan untuk menampilkan data arus dan tegangan pada masing – masing *channel* EPS yang dibuat. Tombol kendali pada antar muka sistem berfungsi untuk mengendalikan hidup atau mati *channel* EPS. Pada awal EPS ini dihidupkan maka baterai Li-Ion akan melakukan *charging* atau pengisian terlebih dahulu ke baterai LiPo dan tidak menghidupkan sub sistem. Sub sistem mulai dihidupkan ketika proses *charging* selesai dengan menggunakan tombol kendali pada antar muka sistem. Suhu pada *board* ditampilkan melalui grafik pada antar muka sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian berdasarkan skenario dilakukan dengan cara menguji *electronic power system* dengan urutan kondisi yang dialami pada satelit nano. Urutan kondisi yang dilakukan dalam pengujian menyerupai urutan kerja EPS yang dimulai pada saat peluncuran satelit hingga satelit berada di angkasa dengan mengesampingkan berbagai faktor eksternal yang terjadi di angkasa. Pengujian tersebut juga dilakukan dengan menyesuaikan fungsi yang dapat dilakukan pada EPS yang dibuat pada penelitian ini.

Pengujian berdasarkan skenario diawali dengan proses *charging* baterai LiPo. Pada pengujian *charging* ini dilakukan pengukuran arus dan tegangan serta waktu yang dibutuhkan selama proses *charging* baterai. Apabila proses *charging* telah selesai, maka dilanjutkan pada proses distribusi arus pada masing-masing *channel* atau dapat diistilahkan dengan proses *discharging*. Pada proses *discharging* ini dilakukan dengan dua cara yaitu pada saat beban normal dan pada saat kelebihan beban. Beban normal pada *electronic power system* artinya beban tidak melebihi dari kapasitas maksimal arus yang telah ditentukan pada masing-masing *channel*. Pengujian digantikan dengan sebuah beban berupa resistor (ohm) yang memiliki rating

daya sebesar 5 W. Berikut kapasitas maksimal arus masing-masing *channel* yang telah ditentukan sesuai dengan perkiraan kebutuhan subsistem lain pada EPS:

- Channel 3.3 V

Daya total = 1 watt

Sehingga $\frac{1 \text{ watt}}{3.3 \text{ volt}} = 0.303 \text{ A}$, Maksimal arus 300 mA

Arus maksimal 300mA

- Channel 5 V

Daya total 1 Watt

Sehingga $\frac{1 \text{ watt}}{5 \text{ volt}} = 0.2$, Maksimal arus 200mA

Arus maksimal 200mA

- Channel 12 V

Daya total = 6 watt

Sehingga $\frac{16 \text{ watt}}{12 \text{ volt}} = 0.416 \text{ A}$, Maksimal arus 400mA

Arus maksimal 400mA

Kelebihan beban pada pengujian ini dilakukan dengan tiga cara, yaitu kelebihan beban pada salah satu *channel*, kelebihan beban pada dua *channel* dan kelebihan beban pada ketiga *channel*.

3.1. Charging

EPS pada penelitian ini melakukan sistem *charging* dari sumber energi pertama yang digunakan yaitu baterai Li-Ion 15 V ke *storage energy* yang digunakan yaitu baterai LiPo 11 V. Selama proses *charging* akan ditandai dengan nyala lampu indikator pada *board* EPS. Proses *charging* akan dihentikan ketika baterai LiPo dalam keadaan penuh. Terdapat dua buah lampu pada *balancer* yang digunakan. Dua buah lampu tersebut masing-masing adalah lampu hijau dan lampu merah. Lampu hijau pada *balancer* digunakan sebagai indikator power *balancer*. Sedangkan lampu merah sebagai indikaor pada saat proses *charging*. Lampu merah akan terus menyala selama proses *charging* dilakukan. Dan akan mati apabila baterai LiPo telah penuh. Informasi bit lampu merah pada *balancer* digunakan mikrokontroller untuk mengetahui bahwa proses *charging* sedang berlangsung atau sudah penuh. Informasi bit tersebut yaitu, bernilai 0, ketika baterai LiPo sudah penuh dan bernilai 1, ketika berlangsung proses *charging*.

Baterai Li-Ion yang digunakan memiliki *capacity* (mAh) sebesar 2200 dengan *configuration* (s) sebesar 3,7/1 Cell. Diperlukan 4cell baterai Li-Ion untuk dapat melakukan sistem pengisian ke baterai LiPo yang memiliki nilai tegangan kurang lebih 11,1/3Cell. Hasil pengujian tersebut didapati bahwa proses pengujian berhenti setelah lima belas menit pengisian energi listrik dan kemudian proses pengisian tersebut tidak bisa dilanjutkan. Hal ini disebabkan oleh faktor, diantaranya kapasitas baterai yang pada kenyataannya lebih kecil dibanding kapasitas baterai LiPo yang digunakan. Sehingga dengan begitu energi listrik yang dikeluarkan baterai Li-Ion lebih cepat habis dan tidak dapat melakukan pengisian energi listrik pada baterai LiPo secara baik.

Selain itu yang perlu diperhatikan dalam proses pengisian agar tegangan input stabil, hal ini dapat ditambahkan rangkaian *shunt regulator* yang dapat menjaga tegangan masukan agar dapat bersifat stabil. Rangkaian *shunt regulator* sederhana dapat dibuat dengan menggunakan resistor dan dioda zener yang dipasang *reverse* (terbalik).

3.2 Discharging

Pada pengujian *discharging* dilakukan dengan menggunakan beban berupa lampu 20W. Tujuan pengujian *discharge rate* baterai untuk mengetahui seberapa cepat baterai LiPo yang

digunakan pada *electronic power system* dapat dikosongkan secara aman dengan beban sebesar 20 W. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan penurunan tegangan saat *discharging* dengan perubahan waktu. Presentase penurunan tegangan dapat dihitung melalui sebuah persamaan (1)

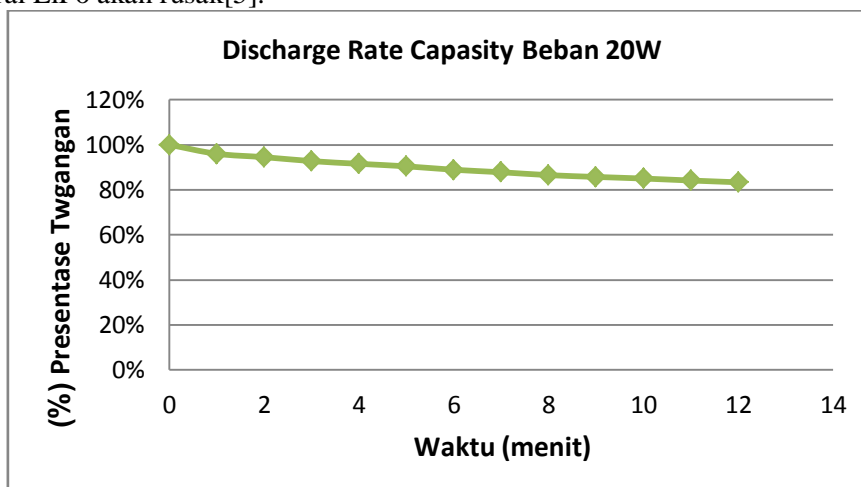
$$\text{Presentase tegangan} = \frac{V_t}{V_{\text{mak}}} \times 100\% \quad (1)$$

V_t merupakan tegangan pada saat t , sedangkan V_{maks} merupakan tegangan maksimal yang diperoleh pada waktu *charging*.

Tabel 2 Discharge rate Baterai LiPo Turnigy 3 cell dengan $\Delta t=60$ detik, Beban Lampu 20 W

No.	Tegangan (V)	Presentase Voltage	Δt (menit)
1.	12.54	100%	0
2.	12.04	96%	1
3.	11.85	94,50%	1
4.	11.63	92,74%	1
5.	11,48	91,54%	1
6.	11,34	90,43%	1
7.	11,16	88,90%	1
8.	11,00	87,80%	1
9.	10,85	86,52%	1
10.	10,75	85,72%	1
11.	10,66	85%	1
12.	10,55	84,13%	1
13.	10,45	83,33%	1
Total waktu			12 menit

Pada Tabel 2 menjelaskan tahapan *discharge rate* pada baterai LiPo Turnigy 3 cell yang digunakan. Tegangan 12,54 V merupakan tegangan maksimal pada waktu *full charge* selama 2 jam. Tegangan pada baterai LiPo yang digunakan akan berkurang setiap satuan waktu akan sebanding dengan berkurangnya kapasitas baterai. Untuk itu pada pengujian *discharge rate* digunakan perubahan tegangan dalam setiap perubahan waktu setiap 60 detik. Baterai LiPo memiliki besar tegangan setiap *cell* secara teori sebesar 3,7 V. Dan dapat dikosongkan secara aman setiap *cell* 3.3 V. Apabila baterai LiPo dikosongkan untuk setiap *cell* kurang dari 3.3 V, maka baterai LiPo akan rusak[5].



Gambar 7 Grafik Discharge Capacity Baterai LiPo

Gambar 7 menunjukkan *discharge capacity* dari baterai LiPo yang digunakan pada *electronic power system*. Pada baterai tersebut maksimal tegangan yang dapat dicapai ketika *full charge* sebesar 12,54 V. Pada pengujian *discharge capacity* digunakan beban dengan kapasitas daya sebesar 20 W. Tujuan utama dari pengujian *discharge capacity* adalah untuk mengetahui seberapa cepat baterai LiPo yang digunakan pada *electronic power system* dapat dikosongkan secara aman dengan beban sebesar 20 W. Dari hasil pengujian tersebut kita dapat mengetahui untuk penggunaan beban sebesar 20 W baterai lithium dapat dikosongkan secara aman selama kurang lebih 720 detik atau setara dengan 12 menit.

3.2.1 Beban Normal

Pada pengujian beban normal dilakukan dengan menggunakan resistor (ohm) yang memiliki rating daya 5 W sesuai dengan arus yang dibutuhkan pada masing-masing *channel*. Pada *channel 3.3V* maksimal arus yang dapat dilewati sebesar 300 mA, *channel 5 V* maksimal arus yang dapat dilewati sebesar 200mA dan *channel 12 V* maksimal arus yang dapat dilewati sebesar 400mA.

Tabel 3 Pengujian Beban Normal Channel 3.3V

No.	R 5W (Ω)	V Channel 3.3 (V)	I Channel 3.3 (mA)	V Baterai Li-Ion (V)	I Baterai Li-Ion (mA)
1.	0	3.35	0	15,28	0
2.	16	3.32	224	15.13	220

Tabel 3 menunjukkan besarnya arus yang terukur melalui sensor arus ACS712 dan juga tegangan yang terukur melalui sensor tegangan. Besar arus yang terukur tersebut kurang dari batas maksimal arus yang dapat dilewatkan. Sehingga *channel 3.3* akan diaktifkan oleh mikrokontroler melalui pin *enable on/off* pada regulator LM2576 secara *active low*.

Tabel 4 Pengujian Beban Normal Channel 5V

No.	R 5W (Ω)	V Channel 5 (V)	I Channel 5 (mA)	V Baterai Li-Ion (V)	I Baterai Li-Ion (mA)
1.	0	5.04	0	15.28	0
2.	48	5.01	110	15.13	180

Tabel 4 menunjukkan besarnya arus yang terukur melalui sensor arus ACS712 dan juga tegangan yang terukur melalui sensor tegangan. Besar arus yang terukur tersebut kurang dari batas maksimal arus yang dapat dilewatkan. Sehingga *channel 5* akan diaktifkan oleh mikrokontroler melalui pin *enable on/off* pada regulator LM2576 secara *active low*.

Tabel 5 Pengujian Beban Normal Channel 12V

No.	R 5W (Ω)	V Channel 12 (V)	I Channel 12 (mA)	V Baterai Li-Ion (V)	I Baterai Li-Ion (mA)
1.	0	11.8	0	15.28	0
2.	31	11.7	390	14.69	360

Tabel 5 menunjukkan besarnya arus yang terukur melalui sensor arus ACS712 dan juga tegangan yang terukur melalui sensor tegangan. Besar arus yang terukur tersebut kurang dari batas maksimal arus yang dapat dilewatkan. Sehingga *channel 12* akan diaktifkan oleh mikrokontroler melalui pin *enable on/off* pada regulator LM2576 secara *active low*.

Pada pengujian beban normal pada ketiga *channel* tersebut kita dapat mengetahui jumlah daya total yang dibutuhkan. Tabel 6 menunjukkan daya total yang dibutuhkan pada saat beban normal.

Tabel 6 Daya total saat beban normal

Channel	Tegangan (V)	I(mA)	Daya (mWatt)
3.3	3.32	224	745
5	5.01	110	551
12	11,7	400	4680
Total			5976

Pada tabel 6 menjelaskan daya total pada saat beban normal *electronic power system*. Diperoleh daya total sebesar 5976 mW atau jika dibulatkan dapat mencapai nilai 5.9 W.

3.2.1 Kelebihan beban

Pengujian kelebihan beban dilakukan dengan memberikan nilai hambatan yang melebihi batas arus yang dibutuhkan pada masing-masing *channel*. Keadaan ini sesuai dengan keadaan EPS dimana distribusi arus dan tegangan tidak selamanya berada pada nilai yang sama. Sesuai yang telah dijelaskan sebelumnya masing-masing *channel* memiliki batas maksimum arus yang berbeda-beda. Pengujian kelebihan dilakukan dengan beberapa langkah, diantaranya kelebihan beban pada salah satu *channel*, kelebihan beban pada dua buah *channel* dan kelebihan pada ketiga *channel*.

Tabel 7 Pengujian Kelebihan Beban Channel 3.3V

No.	Channel 3.3		Channel 5		Channel 12		Baterai Li-Ion	
	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)
1.	0	0	4.9	20	11.9	110	14,79	160

Tabel 7 menunjukkan kelebihan beban pada *channel* 3.3. Apabila terjadi kelebihan beban pada *channel* EPS, maka mikrokontroler melalui pin *enable on/off* regulator LM2576 akan dimatikan sementara waktu. Selama regulator LM2576 dimatikan, sensor arus dan sensor tegangan masih dapat melakukan pengukuran arus dan tegangan. Mikrokontroler akan kembali mengaktifkan regulator LM2576 setelah arus normal.

Tabel 8 Pengujian Kelebihan Beban Channel 5V

No.	Channel 3.3		Channel 5		Channel 12		Baterai Li-Ion	
	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)
	3,29	160	0	0	11.7	110	14,69	350

Tabel 8 menunjukkan kelebihan beban pada *channel* 12. Apabila terjadi kelebihan beban pada *channel* EPS, maka mikrokontroler melalui pin *enable on/off* regulator LM2576 akan dimatikan sementara waktu. Selama regulator LM2576 dimatikan, sensor arus dan sensor tegangan masih dapat melakukan pengukuran arus dan tegangan. Mikrokontroler akan kembali mengaktifkan regulator LM2576 setelah arus normal.

Tabel 9 Pengujian Kelebihan Beban Channel 12V

No.	Channel 3.3		Channel 5		Channel 12		Baterai Li-Ion	
	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)
	3,25	172	4,9	20	0	0	14,5	240

Tabel 9 menunjukkan kelebihan beban pada *channel* 12. Apabila terjadi kelebihan beban pada *channel* EPS, maka mikrokontroler melalui pin *enable on/off* regulator LM2576 akan dimatikan sementara waktu. Selama regulator LM2576 dimatikan, sensor arus dan sensor

tegangan masih dapat melakukan pengukuran arus dan tegangan. Mikronkontroler akan kembali mengaktifkan regulator LM2576 setelah arus kembali normal.

3.2.1.1 Kelebihan 2 Channel

Pada pengujian kelebihan beban 3 channel digunakan yaitu channel 5 dan channel 12 pada *electronic power system*.

Tabel 10 Pengujian Kelebihan Beban 2 Channel

No.	Channel 3.3		Channel 5		Channel 12		Baterai Li-Ion	
	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)
	3.16	40	0	0	0	0	14,55	150

Tabel 10 menunjukkan kelebihan beban pada channel 5 dan channel 12. Kedua channel tersebut dimatikan oleh mikrokontroler melalui kaki *enable on/off* pada regulator LM2576. Pada saat dimatikan channel tersebut sensor arus dan sensor tegangan masih dapat melakukan pengukuran. Sehingga pada waktu arus dan tegangan kembali normal, maka mikrokontroler akan mengaktifkan kembali channel yang sebelumnya dimatikan.

3.2.1.2 Kelebihan Beban 3 Channel

Pada pengujian kelebihan beban 3 channel digunakan seluruh channel pada *electronic power system*.

Tabel 11 Pengujian Kelebihan Beban 3 Channel

No.	Channel 3.3		Channel 5		Channel 12		Baterai Li-Ion	
	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)	V	I (mA)
	0	0	0	0	0	0	14.5	120

Tabel 11 menunjukkan kelebihan seluruh channel pada EPS yang dibuat. Seluruh channel pada EPS dimatikan. Pada baterai Li-Ion yang digunakan arus yang terpakai sebesar 120 mA, sedangkan seluruh channel pada EPS dimatikan. Hal tersebut disebabkan pemakaian arus pada masing-masing IC yang digunakan. IC yang digunakan membutuhkan VCC yang dihubungkan ke sumber energi melalui regulator 7805. Sehingga apabila seluruh channel dimatikan, IC pada EPS masih membutuhkan VCC dan menggunakan arus total sesuai yang ditunjukkan pada tabel 6.10 yaitu 120 mA.

4. KESIMPULAN

1. Secara keseluruhan *electronic power system* telah melakukan fungsi distribusi arus dan tegangan pada masing-masing channel;
2. Masing-masing channel pada *electronic power system* dapat dimatikan apabila terdapat kelebihan beban dan dapat dihidupkan kembali apabila beban normal.
3. *Discharge rate* baterai LiPo dengan beban 20 W dapat dikosongkan secara aman selama 12 menit.
4. Pengisian baterai (*charging*) baterai LiPo tidak dapat dilakukan secara maksimal dikarenakan baterai Li-Ion sebagai sumber utama *electronic power system* memiliki *discharge rate* yang cepat selama 10 menit untuk pengisian baterai LiPo.

5. SARAN

1. Menambah rangkaian *boost converter* pada input power supply agar VCC dapat lebih stabil. Hal ini dimaksudkan agar VCC dapat terjaga 5 V. Kestabilan VCC berkaitan dengan akuisi data sensor arus AC712.
2. Sistem pengisian baterai LiPo dapat ditambahkan rangkaian *shunt regulator* agar dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus.
3. Mengganti baterai Li-Ion dengan solar cell agar sistem EPS yang dibuat dapat lebih mendekati untuk misi penerbangan satelit nano.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Agfianto Eko Putro, M.Si., Bapak Alldino, S.Si. dan segenap pihak yang telah memberi berbagai bantuan pada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pranajaya, F.M., Zee, R.E. Cain, J., Kolacz, R., 2009, Nanosatellite Tracking Ships: Responsive, Seven-Month Nanosatellite Construction for a Rapid On-Orbit Automatic Identification System Experiment, *7th Responsive Space Conference*, Los Angeles, April 27.
- [2] Jacobsen, L.E., 2012, Electrical Power System of the NTNU Test Satellite, *Tesis*, Program Pasca Sarjana Elektronika dan Telekomunikasi, Norwegian University of Science and Technology, Norwegia
- [3] Thirion, P., 2008, Design and Implementation of On-Board Electrical Power Supply of Student Nanosatellite OUFTI-1 of University of Liège, *Tesis*, Program Pasca Sarjana Teknik Elektro, University of Liège, Belgia.
- [4] Fendy, K., 2008, Isolasi Antara Drive Control dan Rangkaian Power, <http://konversi.wordpress.com/2008/11/08/isolasi-antara-drive-control-dan-rangkaian-power/>, diakses 16 Agustus 2012.
- [5] Salt, J., 2008, Understanding RC LiPo batteries, <http://www.rchelicopterfun.com/rc-lipo-batteries.html>, diakses 16 Agustus 2012.