

ANALISIS DAN PENGUJIAN SISTEM BATERAI SATELIT LAPAN-A2/ORARI (ANALYSIS AND TEST OF LAPAN A2/ORARI SATELLITE BATTERY SYSTEM)

Abdul Karim, Wahyudi Hasbi
Peneliti Pusat Teknologi Satelit, Lapan
e-mail: karim.lapan@gmail.com

ABSTRACT

The battery storage is one of satellite power system that will supply the power to satellite when the satellite on eclipse orbit or day night. For supporting the LAPAN-A2/ORARI power budget, it uses three battery packages with 18.3 Ah capacities, nominal 15 Volt. This paper described analysis of the battery testing by charging and discharging method. The data will be recorded and analysed using the software. The results showed a total capacity of LAPAN-A2/ORARI satellite battery is 18.287 Ah/307.221 Wh and the value of operational is 18.078 Ah/303.710 Wh on 16.8 Volt.

Key words: *Power, Battery, Charging, Discharging*

ABSTRAK

Penyimpanan daya listrik dalam baterai sangat diperlukan sistem satelit sebagai pasokan daya satelit pada saat orbitnya tidak mengalami cahaya matahari (*eclipse*). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut sistem LAPAN-A2/ORARI dilengkapi oleh 3 buah paket baterai dengan spesifikasi total daya 18,3 Ah pada tegangan nominal 15 Volt. Dalam makalah ini akan dijelaskan analisis hasil pengujian baterai dengan cara *charging* dan *discharging*. Data daya listrik setiap baterai akan direkam menggunakan perangkat lunak dan kemudian akan dilakukan analisis data. Hasil analisis menunjukkan total kapasitas baterai satelit LAPAN-A2/ORARI adalah 18,287 Ah/307,221 Wh dan nilai operasional adalah 18,078 Ah/303,710 Wh pada tegangan 16,8 Volt.

Kata kunci: *Daya listrik, Baterai, Charging, Discharging*

1 PENDAHULUAN

Satelit LAPAN-A2/ORARI dirancang sebagai satelit kelas mikro (< 100 kg) dengan sistem daya listrik menggunakan panel surya yang menempel pada badan satelit (*body mounted solar panel*). Satelit ini mempunyai dimensi 500 mm x 470 mm x 380 mm. Misi utama satelit LAPAN-A2/ORARI adalah pemantauan bumi menggunakan kamera analog dan digital, pemantauan maritim menggunakan *Automatic Identification System (AIS)*, dan misi amatir untuk mendukung mitigasi bencana.

Sistem daya listrik satelit merupakan salah satu subsistem dalam

sistem satelit yang berfungsi memasok/mensuplai daya listrik ke seluruh sistem satelit, termasuk bus satelit dan muatan (*payload*) selama satelit beroperasi yaitu awal beroperasi sampai dengan akhir operasi dari hidup satelit. Selama masa tersebut, daya listrik harus disediakan.

Sistem daya listrik secara lengkap terdiri dari sumber daya listrik (solar panel), penyimpan daya listrik (baterai sekunder), distribusi *power* dan kontrol. Penyimpanan daya listrik diperlukan sebagai pasokan daya pada saat satelit pada orbitnya tidak mengalami cahaya matahari (*eclipse*). Sedangkan rangkaian

distribusi daya berfungsi memasok daya pada subsistem-subsistem satelit lainnya.

Dalam tulisan ini akan dijelaskan analisis dan pengujian sistem baterai yang digunakan satelit LAPAN-A2/ORARI sehingga dapat diketahui nilai kapasitas baterai yang tersedia terhadap kebutuhan daya listrik operasional sistem satelit.

2 SISTEM BATERAI

Baterai adalah perangkat yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem satelit. Sistem ini akan menyediakan daya listrik untuk misi yang pendek atau sebagai *back-up* untuk misi yang panjang. Satelit menggunakan solar panel sebagai sumber energi utama dan menyimpan energi ke dalam baterai. Baterai tersebut akan digunakan untuk kebutuhan daya listrik yang sangat tinggi atau pada saat terjadi *eclipse*. [Wertz, James R. and Larson, Wiley J., 1999]

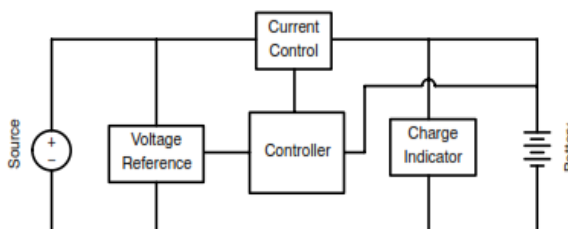
Banyak jenis baterai yang dapat digunakan di dalam sistem satelit. Tabel 2-1 berikut memperlihatkan perbandingan bermacam-macam jenis baterai.

Tabel 2-1: PERBANDINGAN JENIS BATERAI [Carole A. Hill, 1998]

| Technology | System level Specific energy (Whr/Kg) @ 100%DOD |
|------------|---|
| Ni-Cd | 35 |
| NiMH2 | 42 |
| NiH2 | 40 |
| NaS | 100 |
| Li-Ion | 150 |

Sistem baterai yang akan digunakan di dalam sistem satelit harus dilengkapi dengan sistem *Battery Charge Regulator* (BCR), yaitu suatu sistem yang digunakan untuk mengontrol proses *charge/discharge* baterai. *Charge* adalah proses pengisian ulang energi baterai, sedangkan *discharge* adalah proses pemakaian energi baterai. Perancangan BCR perlu disesuaikan dengan jenis baterai yang akan digunakan (Ni-Cd, Ni-Mh, Ni-H, Li-Ion, atau Lead Acid), kapasitas baterai, dan tegangan baterai.

Blok diagram BCR diperlihatkan dalam Gambar 2-1.

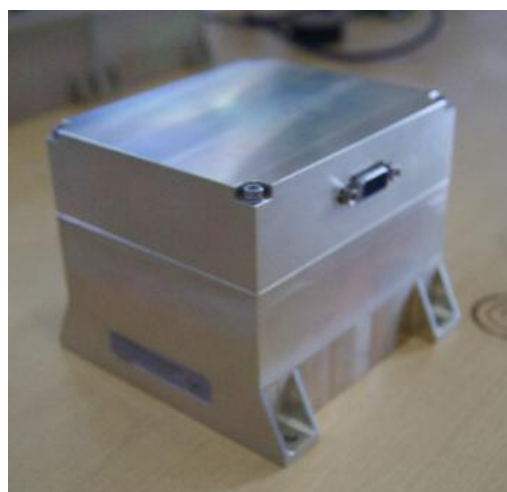


Gambar 2-1: Blok diagram *Battery Charge Regulator* [Steven Shackell, 2013]

BCR akan berfungsi mengontrol proses *charge* supaya baterai tersebut dapat menyimpan energi listrik sesuai dengan kapasitasnya sehingga tidak terjadi *over charge* dan juga mengontrol proses *discharge* sesuai dengan *Depth Of Discharge* (DOD) yang diinginkan sehingga tidak terjadi *over discharge*. Jika terjadi *over charge* dan *over discharge*, baterai akan cepat rusak sehingga umur baterai tidak lama. DOD adalah suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman *discharge* maksimum yang dapat diberlakukan pada baterai tersebut. Pengaturan DOD sangat berperan dalam menjaga usia pakai (*life time*) dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD, maka semakin pendek usia pakai dari baterai tersebut. [Gang Ning, and Branko N. Povop, 2014]

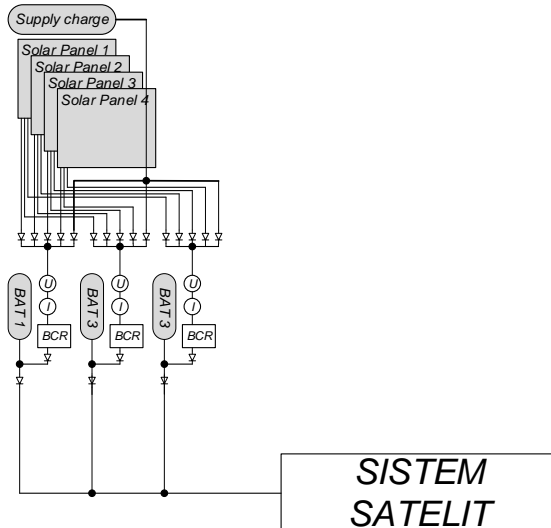
3 SISTEM POWER LAPAN-A2/ORARI

Satelit LAPAN-A2/ORARI dirancang menggunakan baterai Lithium-Ion yang dimanufaktur oleh Vectronic Aerospace GmbH. [LAPAN-A2/ORARI Team, 2012]



Gambar 3-1: Paket baterai Lithium-Ion

Paket baterai tersebut tersusun secara seri dan parallel sehingga dapat menghasilkan tegangan maksimum kurang lebih 16,8 Volt dan kapasitas arus 6,5 Ah. LAPAN-A2/ORARI akan membawa 3 buah paket baterai sehingga dapat menyimpan daya listrik dengan kapasitas maksimum arus 19,5 Ah.



Gambar 3-2: Sistem *power* LAPAN-A2/ORARI [Gang Ning, and Branko N. Povop, 2014]

Sel baterai yang digunakan adalah buatan SAFT yang telah diseleksi dan dikualifikasi oleh EADS Astrium untuk digunakan dalam sistem satelit. Sistem baterai inipun telah dilengkapi Sistem Manajemen Baterai (SMB) yang berfungsi untuk:

- Mengukur besarnya tegangan masing-masing sel baterai dan total baterai.
- Memonitor suhu baterai.
- Proteksi sel baterai dari *over voltage* dan *under voltage*.
- Melakukan *balancing* untuk memastikan setiap sel mempunyai tegangan yang sama.

- Mengukur besarnya arus *charge/discharge*.

Dalam keadaan *standby* dan mode *auto balancing* konsumsi SMB berkisar 0.35 W atau 23 mA pada tegangan 15 Volt. Antarmuka sistem baterai ini menggunakan komunikasi *asynchronous* dengan level RS422 dan data rate 115200 bps.

4 POWER BUDGET SATELIT LAPAN-A2/ORARI

Untuk mengetahui kebutuhan daya listrik satelit dapat dilihat dalam analisis *power budget* satelit LAPAN-A2/ORARI. Perhitungan kebutuhan daya listrik didasarkan pada kebutuhan daya listrik dari setiap misi yang akan dijalankan oleh sistem satelit. Adapun misi satelit LAPAN-A2/ORARI dapat dibagi menjadi 4 mode yaitu:

- *Standby Mode* adalah mode dimana satelit dalam keadaan hibernasi.
- *Picture Mode* adalah mode satelit bekerja untuk mengambil gambar.
- *Download Mode* adalah mode satelit melakukan transmisi pengiriman data gambar ke stasiun bumi.
- *AIS Mode* adalah mode satelit menghidupkan perangkat *Automatic Identification System* (AIS).

Pengukuran dilakukan berdasarkan hasil pengujian langsung terhadap masing-masing perangkat dengan supply tegangan diasumsikan sebesar 15 Volt. Kemudian dikelompokkan berdasarkan mode operasi dimana dalam mode tersebut perangkat apa saja yang akan dihidupkan. Adapun hasilnya dapat dilihat dalam Tabel 4-1.

Tabel 4-1: KONSUMSI DAYA LISTRIK SATELIT LAPAN-A2/ORARI PER JAM PADA TEGANGAN 15 VOLT

| Device | Arus [A] | Durasi [jam] | Kapasitas [Ah] | Energy [Wh] |
|---------------------|----------|--------------|----------------|-------------|
| Standby Mode | | | | |
| PCDH | 0,080 | 1 | 0,080 | 28.80 |
| TTC | 0,085 | 1 | 0,085 | 30.60 |
| Coil | 0,250 | 1 | 0,250 | 90.00 |
| Wheel+WDE x2 | 0,170 | 1 | 0,170 | 68.40 |
| Gyro | 0,036 | 1 | 0,036 | 26.40 |

| | | | | |
|----------------------|-------|------|--------------|--------------|
| Total | | | 0,621 | 244,2 |
| Picture Mode | | | | |
| S-Band Transmitter | 0,413 | 0,25 | 0,103 | 1.545 |
| S-Band Switch | 0,164 | 0,25 | 0,041 | 0.615 |
| Wheel & WDE | 0,085 | 0,25 | 0,021 | 0.315 |
| Gyro | 0,036 | 0,25 | 0,009 | 0.135 |
| Star Sensor | 0,196 | 0,25 | 0,049 | 0,735 |
| GPS | 0,124 | 0,25 | 0,031 | 0.465 |
| Sony Camera | 0,620 | 0,25 | 0,155 | 2.325 |
| Space Cam | 0,557 | 0,25 | 0,139 | 2.085 |
| Video Recorder | 0,162 | 0,25 | 0,041 | 0.615 |
| Total | | | 0,499 | 8,100 |
| Download Mode | | | | |
| S-Band Transmitter | 0,413 | 0,33 | 0,136 | 2.040 |
| S-Band Switch | 0,164 | 0,33 | 0,054 | 0.810 |
| Wheel & WDE | 0,085 | 0,33 | 0,028 | 0.420 |
| Gyro | 0,036 | 0,33 | 0,011 | 0.165 |
| Star Sensor x 2 | 0,392 | 0,33 | 0,129 | 1.935 |
| GPS | 0,124 | 0,33 | 0,041 | 0.615 |
| Video Recorder | 0,162 | 0,33 | 0,053 | 0.795 |
| Total | | | 0,452 | 6,780 |
| AIS Mode | | | | |
| S-Band Transmitter | 0,413 | 0,33 | 0,136 | 2.040 |
| S-Band Switch | 0,164 | 0,33 | 0,054 | 0.810 |
| AIS Receiver | 0,030 | 0,33 | 0,010 | 0.150 |
| GPS | 0,124 | 0,33 | 0,041 | 0.615 |
| AIS Controller | 0,037 | 0,33 | 0,012 | 0.180 |
| Total | | | 0,253 | 3,795 |

5 ANALISIS DAN PENGUJIAN

Pengujian dilakukan dengan 2 metode yaitu *charging* dan *discharging*. Adapun parameter yang digunakan dalam proses ini adalah;

$$C = 6.5 \text{ Ah}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$C \text{ rates} = 1/6.5 = 0,16C$$

Keterangan:

- C = kapasitas baterai
- I = konsumsi arus
- C rate = rates capacity

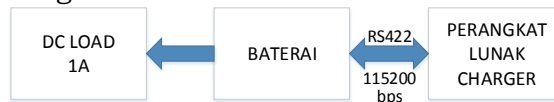
Proses *charging* dilakukan pada saat baterai dalam keadaan minimum dengan metode konstan arus. *Power supply* diset dengan nilai tegangan 16,8 Volt dan arus 1 Ampere. Dalam hal ini baterai mulai dapat diisi pada saat kurang lebih 14,7 Volt. Nilai ini didapatkan dari sistem baterai manajemen yang disediakan oleh paket baterai VLB-47. Proses ini berjalan hingga tegangan

supply mencapai nilai 16,8 Volt dan 10% arus dari 1 Ampere, yaitu 100 mA.



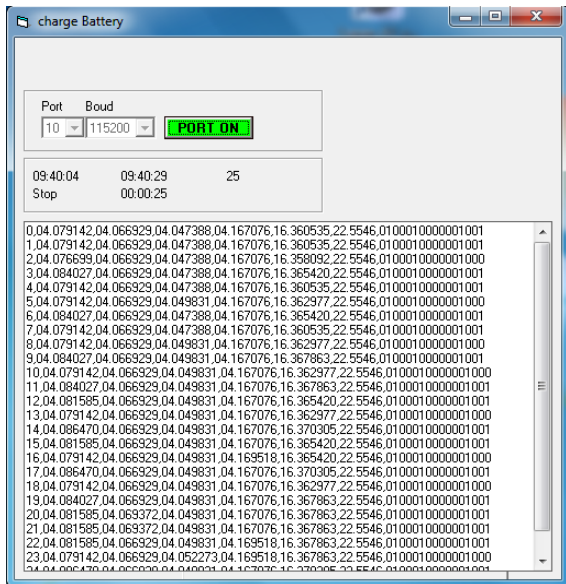
Gambar 5-1: Pengujian *Charging* Baterai

Sedangkan proses *discharging* dilakukan pada saat baterai dalam keadaan maksimum. Baterai di-drain atau dikuras menggunakan beban dengan konsumsi arus 1 A.



Gambar 5-2: Pengujian *Discharging* Baterai

Pengujian juga dilakukan menggunakan perangkat lunak yang dirancang sendiri seperti tampak dalam Gambar 5-3. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk proses *charging* maupun *discharging* perangkat lunak dapat membaca data dan menyimpannya dalam file.



Gambar 5-3: Perangkat lunak Charge/ Discharge Baterai

Data yang ditampilkan oleh perangkat lunak adalah:

a.bb.bbbbbb,cc.cccccc,dd.dddddd,ee.eee eee,ff.ffffff,gg.gggg,hhhhhhhhhhhhhhhhh

Keterangan:

- a = counter
- b = tegangan sel baterai 1
- c = tegangan sel baterai 2
- d = tegangan sel baterai 3
- e = tegangan sel baterai 4
- f = tegangan baterai total
- g = temperature baterai
- h = status register (16 bit)

Pengujian ini dilakukan terhadap 7 buah paket baterai Lithium-Ion dan

akan diambil tiga paket baterai terbaik yang akan digunakan oleh satelit LAPAN-A2/ORARI. Adapun nomor seri paket baterai yang akan diuji adalah: SN1026, SN1125, SN1126, SN1128, SN1130, 1131, dan SN1132.

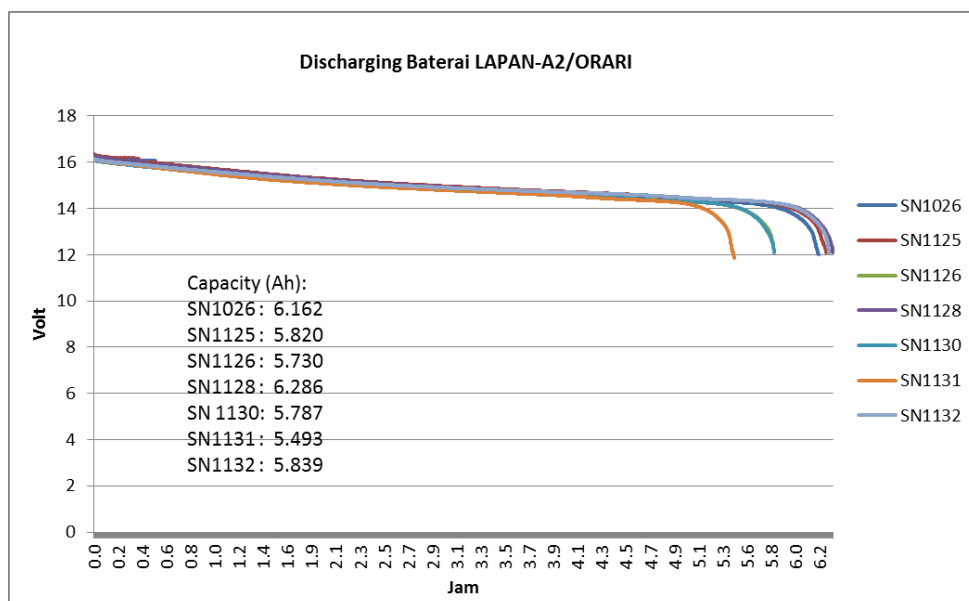
Pengambilan data dilakukan setiap 10 detik sekali selama nilai tegangan total baterai mencapai 16,8 Volt dan arusnya 100 mA untuk proses *charging*. Sedangkan untuk proses *discharging* adalah nilai tegangan mencapai 12 Volt. Jumlah data yang terekam untuk masing-masing baterai dapat dilihat dalam Tabel 5-1.

Tabel 5-1: WAKTU PENGAMBILAN DATA

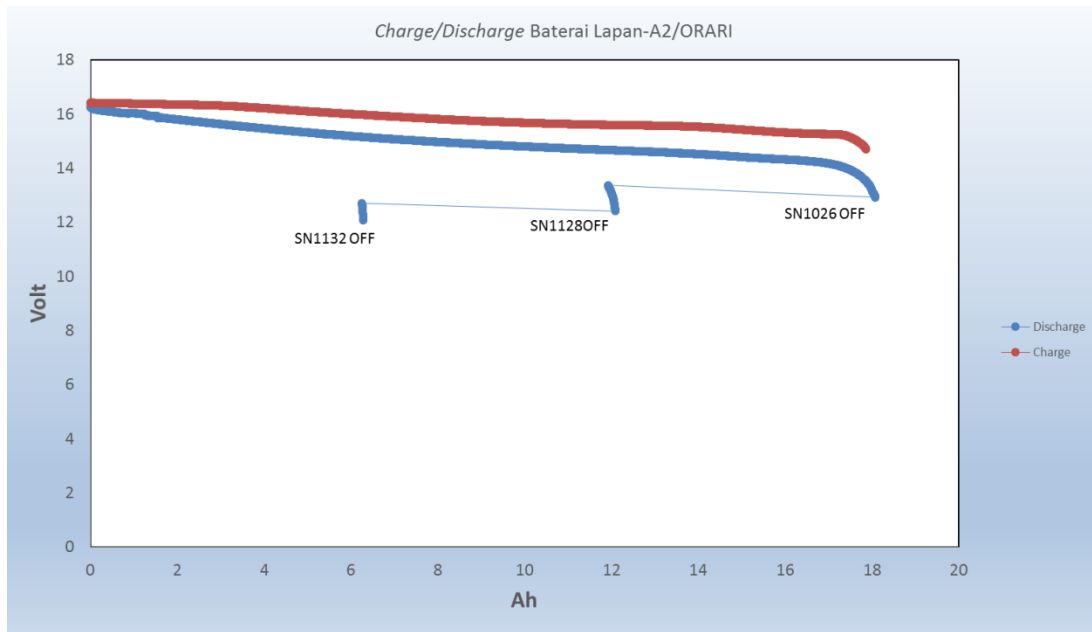
| Baterai | Jumlah data | Waktu (jam) |
|------------------|-------------|--------------|
| SN1026 | 2038 | 5,661 |
| SN1125 | 2061 | 5,725 |
| SN1126 | 1911 | 5,308 |
| SN1128 | 2059 | 5,719 |
| SN1130 | 1914 | 5,389 |
| SN1131 | 1802 | 5,005 |
| SN1132 | 2068 | 5,744 |
| Rata-rata | 1979 | 5,507 |

Jumlah rata-rata pengambilan data adalah sebanyak 1979 data selama 5,507 Jam.

Untuk mengetahui nilai kapasistas masing-masing paket baterai dapat dilihat dalam data rekam proses pengujian *discharging* seperti tampak dalam dalam Gambar 5-4.



Gambar 5-4: Grafik discharge masing-masing paket baterai



Gambar 5-5: Grafik Charge/Discharge baterai LAPAN-A2/ORARI

Berdasarkan grafik (Gambar 5-4), nilai kapasistas baterai terbesar adalah paket baterai dengan nomor seri SN1128 yaitu 6,286 Ah. Kemudian diikuti oleh SN1026 sebesar 6,162 Ah dan SN1132 sebesar 5,839 Ah.

Ketiga baterai tersebut akan digunakan dalam sistem satelit LAPAN-A2/ORARI yang dikoneksi secara paralel sesuai dengan Gambar 3-2.

Adapun nilai tegangan totalnya merupakan nilai rata-rata dari penjumlahan ketiga paket baterai tersebut.

$$Vt = (Vt_{SN1026} + Vt_{SN1128} + Vt_{SN1132})/3$$

Sedangkan nilai Ah (*Ampere hour*)-nya merupakan penjumlahan ketiga paket baterai tersebut.

Berdasarkan grafik *discharge* dalam Gambar 5-4 maka dapat dihitung nilai total kapasistas baterai LAPAN-A2/ORARI adalah:

$$Ct = C_{SN1026} + C_{SN1128} + C_{SN1132}$$

$$Ct = 6,162 + 6,286 + 5,839 = 18,287 \text{ Ah}$$

Adapun nilai operasional total kapasistas baterai dapat dianalisis dengan cara mensinkronkan waktu ketiga buah paket data tersebut. Nilai sinkronisasi didapatkan pada nilai jumlah sampling terkecil dari tiga paket

baterai yang dipilih yaitu 2038 data selama 5,661 jam (Tabel 5-1). Dengan demikian didapatkan nilai operasional total kapasistas baterai adalah 18,078 Ah seperti tampak dalam Gambar 5-5.

Baterai SN1026 harus di-*switch off* ketika proses *discharge* melebihi 5,661 jam karena sudah melebihi batas minimum *discharge* begitu juga dengan baterai SN 1128 pada saat waktu ke 5,719 jam dan baterai SN1128 pada waktu ke 5,744 jam. Ketika salah satu baterai harus dimatikan maka total kapasitas baterai akan mengalami penurunan secara drastis. Hal tersebut dapat mengakibatkan persentase DOD meningkat. Oleh sebab itu diperlukan sistem *balancing* untuk mengatur proses *discharge* ketiga buah baterai tersebut. Sehingga *delta* kapasitas masing-masing baterai tidak terlalu besar.

6 KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan total kapasitas baterai satelit LAPAN-A2/ORARI adalah 18,287 Ah/307,221 Wh sedangkan nilai operasionalnya adalah 18,078 Ah/303,710 Wh pada tegangan 16,8 Volt.

Perbedaan nilai kapasistas yang dihasilkan oleh masing-masing paket baterai menjadi persyaratan perancangan sub sistem *power* satelit untuk menam-

bahkan sistem *balancing* sehingga *delta* proses *charging* dan *discharging* antara paket baterai tidak terlalu besar.

DAFTAR RUJUKAN

Carole A. Hill, 1998. *Satellite Battery Technology- Tutorial and Overview*, The Aerospace corporation, IEEE.
Gang Ning, and Branko N. Povop, 2014. *Cycle Life Modeling of Lithium-Ion Batteries*, Journal of Electrochemical Society.

LAPAN-A2/ORARI Team, 2012. Technical Document On LAPAN-A2/ORARI Satellite, LAPAN Internal Document.

Steven Shackell, *Constant Current Regulator Charging Circuit*, Application, <http://onsemi.com> diakses 15-07-2013.

Wertz, James R. and Larson, Wiley J., 1999. *Space Mission Analysis and Design*, Kluwer Academic Publishers, USA.