

Studi Masa Pakai Baterai Pada Panel Surya

Study of Battery Lifetime in Solar Panels

Samsurizal¹, Sulthon Adi Jaya²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN
Jalan Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta 11750
samsurizal@itpln.ac.id¹, sulthon1711242@itpln.ac.id²

Abstrak – Pada sistem pembangkit tenaga surya dengan sistem Off-Grid diperlukan sebuah baterai sebagai sistem penyimpanan energi yang dihasilkan dari Solar panel. Masa pakai dan usia layak pakaisebuah baterai dipengaruhi beberapa faktor, oleh karenanya perlu diketahui seberapa besar tingkat persentase rata-rata Depth of Discharge (DoD) sebuah baterai, serta banyaknya siklus harian yang dipakai oleh baterai selama digunakan. Pada penelitian ini jenis baterai yang di pakai adalah Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) dengan kapasitas nominalnya sebesar 45.875 Watt berjumlah 8 buah, masing-masing baterai mempunyai kapasitas 51.2V 112Ah yang disusun secara seri. Dari hasil penelitian didapatkan hasil tingkat persentase Depth of Discharge (DoD) sebesar 54.11%, jumlah siklus yang sudah terpakai sebanyak 15 kali siklus dan rata-rata siklus harian adalah 0.5 siklus, dengan rata-rata Discharging harian sebesar 24.281 kWh dan Charging 57.223 kWh. Sehingga perkiraan sisa umur baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) 48 Tahun 2 Bulan 9 Hari atau setara dengan siklus baterai sebanyak 8.813 kali siklus.

Kata Kunci: *depth of discharge, umur baterai, energi penyimpanan*

Abstract – In a solar power generation system with an Off-Grid system, a battery is needed as an energy storage system produced from Solar panels. The service life and useful life of a battery are influenced by several factors, therefore it is necessary to know how big the percentage level of the average Depth of Discharge (DoD) of a battery, as well as the number of daily cycles used by the battery during use. In this study, the type of battery used is Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) with a nominal capacity of 45,875 Watts totaling 8 pieces, each battery has a capacity of 51.2V 112Ah which is arranged in series. From the results of the study, it was found that the percentage level of Depth of Discharge (DoD) was 54.11%, the number of cycles that had been used was 15 cycles and the average daily cycle was 0.5 cycles, with an average daily Discharging of 24,281 kWh and Charging 57,223 kWh. So the estimated remaining life of the Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) battery is 48 Years 2 Months 9 Days or equivalent to 8,813 cycles of the battery.

Keywords: *Depth of Discharge, Battery Life, Energy Storage*

1. Pendahuluan

Solar PV (*Photovoltaik*) yang sekarang beredar sudah sangat baik kualitasnya, terlebih ditambah dengan kemajuan teknologi dan riset yang menjadikan efisiensi pada solar pv semakin baik dan tinggi. Sejak sistem energi masuk ke dalam bangunan ini dianggap tidak hanya dari titik konsumsi yang dilihat, tetapi juga dari produksi energi, dan, sampai batas tertentu, sebagai penyimpanan energi, dengan cara ini, bangunan adalah salah satunya platform paling menarik untuk menerapkan energi pintar teknologi dan sistem energi terintegrasi untuk meningkat pasokan energi terbarukan, dan efisiensi energi[1]. Disisi lainnya, ada kendala utama dibalik

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 01-13

ISBN: 978-602-60581-7-1

berkembangnya Energi Terbarukan di Indonesia. Yaitu *Energy Storage System* (ESS), yakni salah satu komponen penting dalam pemasangan instalasi PLTS. Baterai berfungsi sebagai penyimpan dan penyuplai energi listrik. Karena baterai sebagai penyimpan dan suplai arus listrik yang sangat baik dan mudah dalam penggunaan, maka baterai sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari [2]. Penyimpan energi listrik dengan *Energy Storage System* (ESS) ini digunakan untuk menyimpan energi sebagai penyuplai pengganti pengoperasian pembangkit yang mahal saat beban puncak serta pemanfaatan sumber energi murah pada saat luar beban puncak untuk sumber pengisian (*charging*) ESS [3].

Ada beberapa baterai yang cocok untuk dijadikan sebagai ESS (*Energy Storage System*) dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yaitu *Lead Acid Battery*, *Valve-Regulated Lead Acid Battery* (VRLA), dan *Lithium Battery*. Ketiganya memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing. Kemudian memilih jenis baterai untuk PLTS cukup rumit, karena ada beberapa hal yang perlu kita tahu dan pahami sebelum memilih baterai seperti kapasitas baterai, berapa tegangan yang keluar, siklus (*cycle*) efek baterai, DoD (Depth of discharge), dan lainnya masih banyak lagi. Sehingga jika kita sudah paham maka akan kecil kemungkinan kita salah dalam memilih baterai yang ideal.

Baterai yang berkualitas, dan mahal sekalipun jika penggunaannya tidak benar akan mengakibatkan umur baterai tidak akan bertahan lama, dan cenderung cepat rusak. Kesalahan yang sering banyak terjadi di masyarakat adalah seperti *overcharge* ini terjadi akibat baterai sudah kondisi 100% tetapi masih dalam keadaan *Charging*. Kondisi ini bisa menyebabkan terjadinya elektrolisis sehingga nantinya akan terbentuknya gas serta hilangnya air dalam baterai. Kemudian pengaturan beban yang tidak seimbang akan mengakibatkan baterai cepat rusak. Maka dari itu perlu adanya pengaturan yang optimal dan tepat sasaran, serta pengetahuan tentang perawatan baterai agar energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam penyimpanan baterai dan bisa bertahan lama.

2. Metode Penelitian

2.1. Baterai Lithium Ion

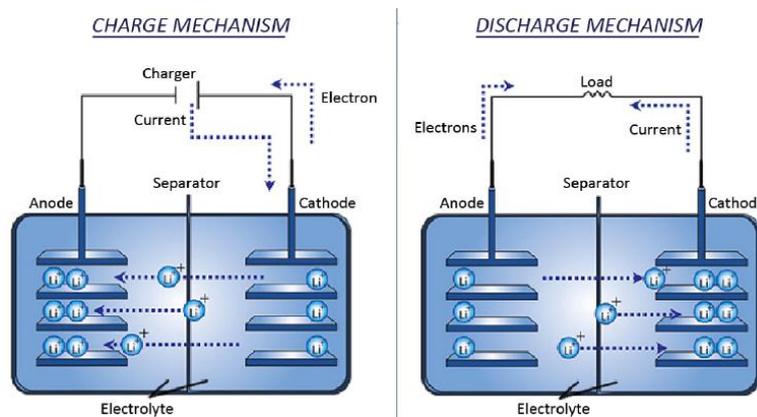
Baterai (Battery) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia reversible yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang serta sebagai bahan pada katoda yang lebih murah, aman serta ramah lingkungan [4]. Baterai lithium-ion mempunyai densitas energi dan tegangan yang cukup tinggi serta mempunyai *lifecycle* yang panjang diantara jenis baterai lainnya. Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) telah diperkenalkan sebagai bahan untuk katoda pada baterai Li-ion oleh Padhi et al. pada tahun 1997. Baterai LiFePO₄ merupakan baterai lithium yang memiliki C-LiFePO₄ pada katoda dan grafit atau karbon yang diinterkalasi dengan lithium pada anoda [5]. LiFePO₄ memiliki berbagai keunggulan diantaranya berbiaya rendah, tegangan kerja tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3.4 V dibandingkan dengan bahan lithium), kapasitas spesifik tinggi (170 mAh/g dibandingkan 100 mAh/g pada LiCoO₂), memiliki kestabilan yang baik pada suhu tinggi, life cycle yang panjang (lebih dari 1000 siklus pemakaian) dan ramah lingkungan [4].



Gambar 1. Baterai LiFePO4 Storion-T50/T100

2.2. Analisa Variasi Charge / Discharge Daya Baterai

Baterai merupakan komponen penting pada pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sehingga listrik tetap dapat digunakan pada malam hari [6]. Pada saat Charge atau pengisian daya, terjadi pengisian energi listrik ke baterai yang berasal dari sumber PLN atau bisa saja dari Solar PV yang kita install yang nantinya daya yang dihasilkan akan di simpan ke dalam baterai. Fase ini disebut dengan proses oksidasi di katoda dan terjadi proses reduksi pada anoda yang disertai dengan terjadinya aliran perpindahan elektron dari katoda ke anoda. Sedangkan pada saat Discharge atau pelepasan daya listrik, terjadi pengosongan dari baterai ke beban seperti lampu, AC, handphone, televisi dan sebagainya. Pada fase pelepasan daya, terjadi proses oksidasi di anoda dan proses reduksi di katoda serta terjadi perpindahan elektron dari anoda ke katoda.



Gambar 2. Reaksi Kimia Charging dan Discharging

2.3. Metode Perhitungan Perkiraan Umur Baterai Berdasarkan Perbedaan Kondisi Charge/Discharge

a. Kapasitas Nominal Baterai

Pada penelitian ini menggunakan 8 buah baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) yang disusun secara seri dengan kapasitas masing-masing baterai adalah 51.2V 112Ah. Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang serta sebagai bahan pada katoda yang lebih murah, aman serta ramah lingkungan [4]. Maka untuk mencari kapasitas nominal baterai adalah :

$$Kapasitas\ Nominal\ Baterai = Jumlah\ Baterai \times Kapasitas\ Baterai \tag{1}$$

b. Depth of Discharge (DoD) Baterai

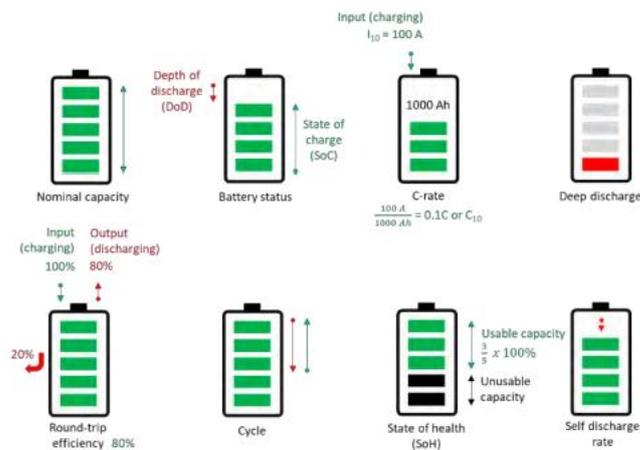
Depth of Discharge (DOD) adalah suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman discharge maksimum yang dapat diberlakukan pada baterai tersebut. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai (life time) dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai, maka semakin pendek pula usia pakai dari baterai tersebut. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hubungan antara DOD dan usia pakai dari suatu baterai [7]. Jadi semakin dalam nilai DoD nya, maka semakin sedikit jumlah cycle umur pakai sebuah baterai. Untuk mencapai minimum 1.825 siklus (5 tahun) pada temperatur 20° C, DoD dari baterai tidak boleh lebih tinggi dari sekitar 75% [8].

Untuk memperkirakan tingkat DoD suatu baterai, pertama-tama yang kita harus lakukan adalah dengan menghitung rata-rata discharge (Daya yang digunakan) pada baterai selama pemakaian dalam sehari. Kemudian ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$DoD = \frac{Rata-rata\ discharge\ harian\ daya\ baterai}{Kapasitas\ Baterai} \tag{2}$$

2.4. Memperkirakan Siklus Baterai Yang Telah Dilalui

Satu kali (1x) urutan pengisian dan pengosongan penuh dilakukan baterai sebelum turun dari kapasitas nominal yang sudah ditentukan yaitu 70-90% dari kapasitas penuhnya. Pada baterai Lead Acid normalnya adalah mencapai 2000 cycle atau kalau dihitung dalam hari mencapai 5 tahun beroperasi.



Gambar 3. Kondisi-kondisi Baterai

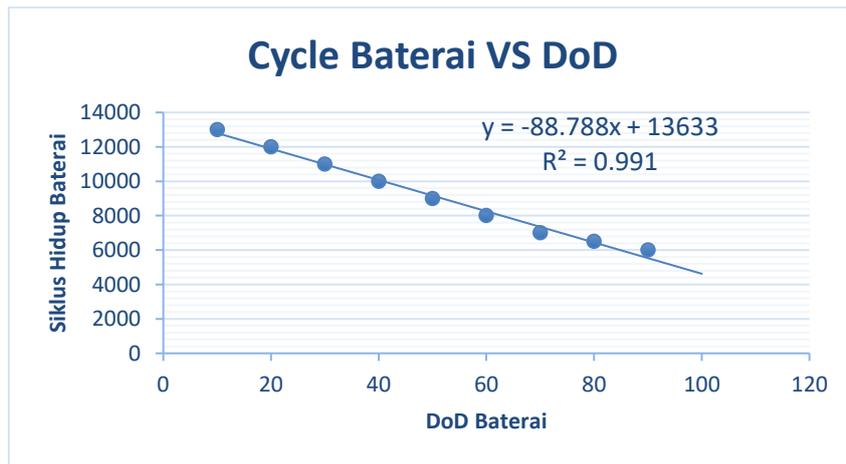
Banyaknya cycle yang digunakan dipengaruhi oleh tingkat DoD pada baterai. Untuk memperkirakan siklus yang telah di lalui baterai pertama-tama harus menghitung rata-rata siklus baterai perhari selama baterai tersebut digunakan [9]. Maka persamaannya adalah :

$$Rata-rata siklus baterai perhari = \frac{\sum Rata-rata siklus baterai setiap hari}{banyak hari baterai selama pemakaian} \tag{3}$$

Setelah penulis mendapatkan rata-rata siklus baterai perhari, maka dapat menghitung jumlah siklus yang telah dilalui dengan persamaan berikut :

$$Jumlah Siklus yang sudah dilalui = \frac{Rata-rata siklus baterai prthari}{banyak hari baterai selama pemakaian} \tag{4}$$

- a. Memperkirakan jumlah bettery lifecycle (siklus hidup baterai) berdasarkan tingkat DoD. Dalam menganalisis dan memperkirakan jumlah cycle (siklus) berdasarkan tingkat DoD baterai dapat dilakukan dengan metode pendekatan regresi pada kurva DoD vs lifecycle baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100. Dibawah ini adalah hasil dari regresi polynominal kurva DoD vs Lifecycle baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100 :



Gambar 4. Hasil Regresi kurva DoD vs Lifecycle baterai

Dari hasil regresi grafik gambar 4 untuk mencari lifecycle baterai terhadap tingkat DoD baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100 dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Lifecycle maksimum = -88.788 \times (\%DoD) + 13633 \tag{5}$$

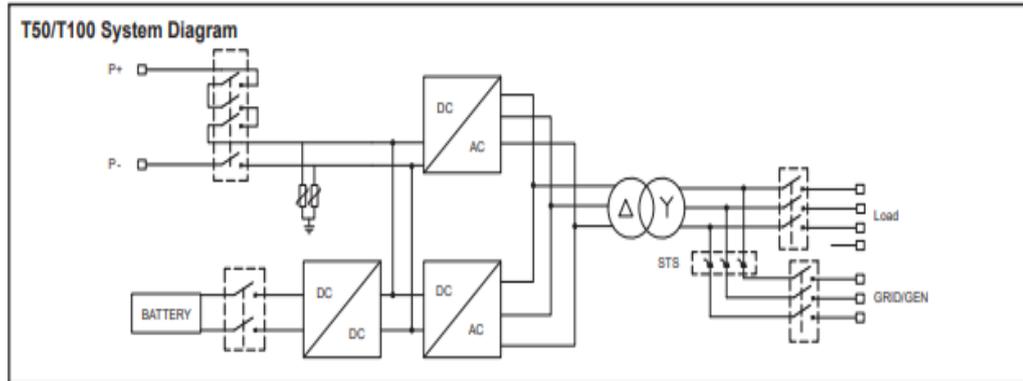
2.5. Memperkirakan Sisa Umur Baterai

Setiap baterai memiliki siklus hidupnya, jumlah nya bergantung pada jenis baterai apa yang digunakan. Baterai jenis Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) adalah jenis baterai Lithium yang umumnya memiliki jumlah siklus lebih banyak dari pada jenis baterai lainnya. Agar mendapatkan waktu perkiraan sisa umur baterai dalam hari dapat mencarinya dengan persamaan berikut :

$$Sisa umur baterai = \frac{Cycle maksimum - cycle dilalui}{rata-rata siklus baterai perhari} \tag{6}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Spesifikasi PLTS

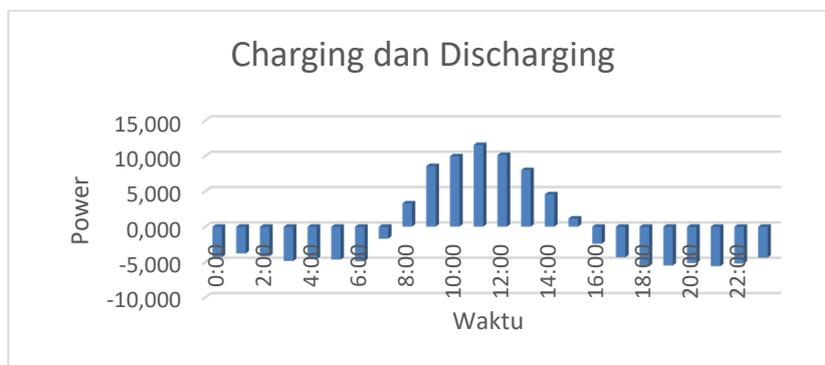


Gambar 5. Gambar Single Line Diagram

Dalam proses penginstalan PLTS tersebut memiliki beberapa komponen penyusun, diantaranya:

1. 102 buah PV module, kapasitas daya output @350 Wp. Sehingga total kapasitas daya output PV module maksimal adalah 35.700 Wp. Jika efisiensi modul 65% maka total daya adalah 23.100 Wp.
2. 3 buah string yang terhubung ke inverter. Kapasitas daya output masing-masing string berbeda 6.300 Wp, 12.600 Wp, dan 16.800 Wp, total 35.700 Wp.
3. 2 buah inverter on-grid, masing-masing memiliki kapasitas 20.000 Watt dan 2000 Watt.
4. 1 buah bidirectional converter kapasitas 50.000 Watt.
5. 8 buah baterai LiFePo₄ dengan total kapasitas 45.875 Watt.
6. Serta komponen-komponen lainnya seperti, DC protection (DC isolator switch, DC Fuse Holder, DC surge arrester), AC Protection (MCB), Kabel, dll.

Bidirectional DC-DC konverter berfungsi sebagai mode boost dan mode buck. Bidirectional DC-DC converter akan berfungsi sebagai mode buck pada saat ada energi listrik lebih yang dihasilkan dari panel surya. Artinya pada saat panel surya menghasilkan daya yang maksimal sehingga dapat memenuhi daya beban secara langsung dan sisanya dapat digunakan untuk proses pengisian baterai. Bidirectional converter akan berfungsi sebagai mode boost pada saat daya yang dihasilkan dari panel surya tidak mampu memenuhi untuk beban. Sehingga baterai akan memberikan sumber tegangan / daya pada beban [10].



Gambar 6. Grafik Rata-rata Charging dan Discharging daya baterai tiap 1 jam dalam sehari

Berdasarkan data grafik PLTS rooftop gambar 6 didapatkan bahwa charge daya baterai lebih besar dari pada discharge daya yang dikonsumsi oleh beban. Hal ini dikarenakan pada saat siang hari daya output dari PV yang kelebihan akan disimpan oleh baterai (charging) dengan rata 57.223 kW dan rata-rata daya discharging setiap jam nya 24.281 kW. Dari data grafik diatas 4.6 dapat dilihat jika pada saat pukul 08:00 sampai dengan pukul 15:00 kurang lebih ada waktu 8 jam untuk baterai melakukan charging serta pada pukul 11:00 daya listrik yang dihasilkan oleh solar panel tinggi yang menandakan saat itu juga suplai daya puncak terjadi pada jam 11 siang. Dan grafik akan menurun setelah itu hingga ke pukul 15:00. Baterai yang digunakan pada instalasi PLTS rooftop ini adalah jenis baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) dengan kapasitas baterai 112 Ah dan tegangan nominal 51.2 V sebanyak 8 buah.

3.2. Perkiraan persentase DoD Baterai Berdasarkan Rata-rata Charge dan Discharge.

Agar mendapatkan nilai persentase DoD (Depth of Discharge) pada suatu baterai kita harus mengetahui variasi data charge dan discharge. Berikut ini adalah variasi data charge dan discharge daya setiap per satu jam dalam satu hari selama periode 13/04/2020 hingga 12/05/2020 yang didapatkan dari bidirectional DC-DC Converter owner.

Tabel 1 Rata-rata Charge dan Discharge baterai (kWh) tiap satu jam perhari

Waktu	Load (kW)	
	Discharging	Charging
2:00	4.182	0.000
3:00	4.835	0.000
4:00	4.581	0.000
5:00	4.637	0.000
6:00	4.897	0.008
7:00	4.168	2.467
	Discharging	Charging
8:00	4.516	3.299
9:00	4.920	8.563
10:00	5.573	9.952
11:00	5.306	11.562
12:00	5.937	10.129
13:00	6.567	8.003
14:00	6.565	4.569
15:00	6.851	1.147
16:00	6.273	3.868
	Beban	Grid PLN
17:00	5.193	4.325
18:00	5.585	5.584
19:00	5.479	5.478
20:00	5.133	5.132
21:00	5.588	5.588
22:00	5.191	5.190

Waktu	Load (kW)	
	Discharging	Charging
23:00	4.382	4.382
24:00	4.313	4.312
01:00	3.78	4.0373

Pada Tabel 1 merupakan data rata-rata Charge dan Discharge daya setiap satu jam. Maka dapat dihitung dengan persamaan 2 diperoleh hasil.

Jumlah rata-rata discharge daya selama periode 13/04/2020 hingga 12/05/2020 adalah :
 = 24.281 kWp per satu jam

Setelah mendapatkan nilai rata-rata discharge daya per satu jam selama 30 hari, maka dapat dihitung perkiraan rata-rata persentase DoD

$$\begin{aligned}
 \text{Perkiraan rata-rata persentase } DoD &= \frac{\sum \text{Rata-rata discharge harian daya baterai}}{\text{Kapasitas Baterai}} \\
 &= \frac{24.281}{45.875} \times 100\% \\
 &= 54.11 \%
 \end{aligned}$$

Maka dapat kita asumsikan bahwa Depth of Discharge baterai adalah sebesar 54.11 %. Kemudian dari nilai ini akan didapat mencari nilai rata-rata siklus yang dipakai oleh baterai sehari sampai dengan 30 hari.

3.3. Perkiraan persentase DoD berdasarkan data daya listrik harian baterai.

Memprediksi tingkat presentase DoD baterai juga dapat dilakukan dengan menggunakan data charge dan discharge daya baterai dari kWh meter pada bidirectional inverter. Dibawah ini adalah data charge dan discharge daya baterai dari kWh padav bidirectional inverter.

Tabel 2. Rata-rata charge dan discharge (kWh) berdasarkan data energi harian baterai

Hari	Load (kW)	Hari	Load (kW)	Hari	Load (kW)
	Discharging		Discharging		Discharging
1	26.48	11	29.24	21	26.02
2	28.58	12	30.68	22	24.9
3	23.78	13	30.06	23	26.76
4	26.98	14	28.48	24	29.7
5	23.66	15	25.6	25	28.3
6	26.38	16	27.14	26	30.62
7	27.42	17	24.22	27	25.32
8	28.16	18	25.79	28	27.42
9	26.9	19	28.56	29	27.68
10	28.36	20	28.12	30	27.68

Jumlah rata-rata discharge daya = 27.300 kWh

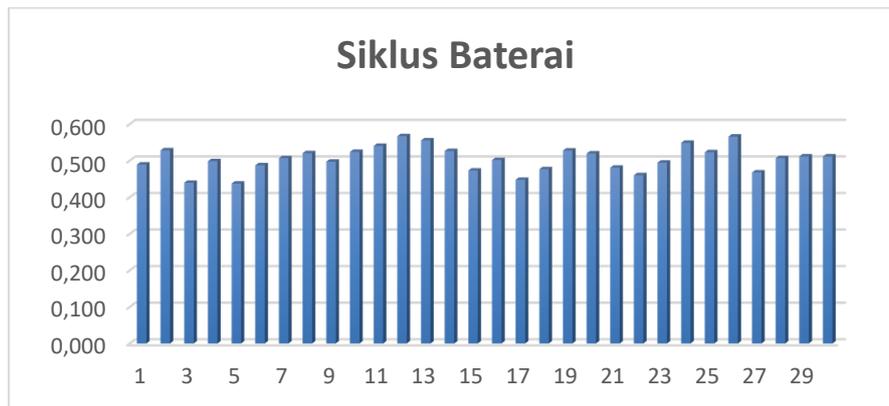
$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata persentase DoD} &= \frac{\sum \text{Rata-rata discharge harian daya baterai}}{\text{Kapasitas Baterai}} \\
 &= \frac{27.300 \text{ kWh}}{45.875 \text{ kWh}} \times 100\% \\
 &= 59.53 \%
 \end{aligned}$$

Maka dapat kita asumsikan bahwa Depth of Discharge baterai adalah sebesar 59.53% dari hasil rata-rata penggunaan charge dan discharge satu hari. kemudian dari nilai ini akan didapat mencari nilai rata-rata siklus yang dipakai oleh baterai sehari sampai dengan 30 hari Dari hasil persentase rata-rata tingkat DoD berdasarkan data charge dan discharge diatas, penulis menggunakan data charge dan discharging daya tiap 1 jam. Sehingga tingkat rata-rata kedalaman DoD (Depth of Discharge) adalah 54.11% dari total kapasitas nominalnya atau besarnya rata-rata discharge daya baterai perharinya adalah sebesar :

$$54.11 \% \times 45.875 \text{ kWh} = 24.824 \text{ kWh}$$

3.4. Perkiraan Jumlah Siklus Hidup dan Siklus Harian Baterai.

Setiap baterai memiliki siklus hidupnya, jumlah nya bergantung pada jenis baterai apa yang digunakan. Baterai jenis Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) adalah jenis baterai Lithium yang umumnya memiliki jumlah siklus lebih banyak dari pada jenis baterai lainnya.



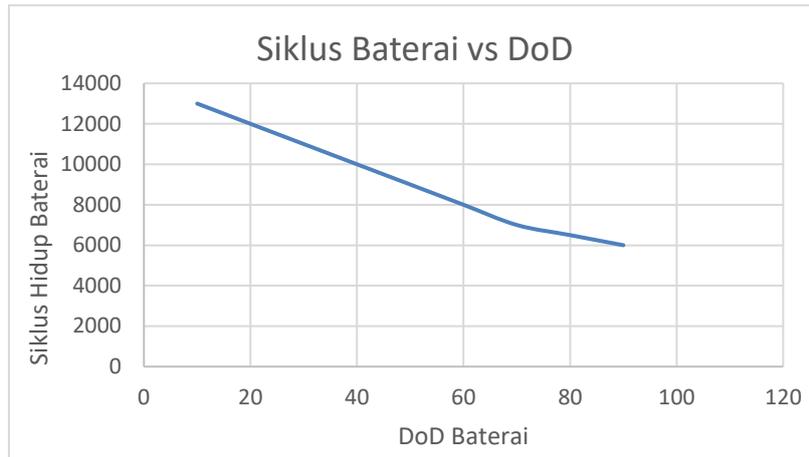
Gambar 7. Grafik siklus baterai perhari

Banyaknya siklus yang telah di lalui baterai selama kurun waktu 30 hari 13/04/2020 hingga 12/05/2020 adalah sebanyak 15 siklus charge dan discharge baterai.

Maka, jumlah rata-rata siklus harian baterai adalah :

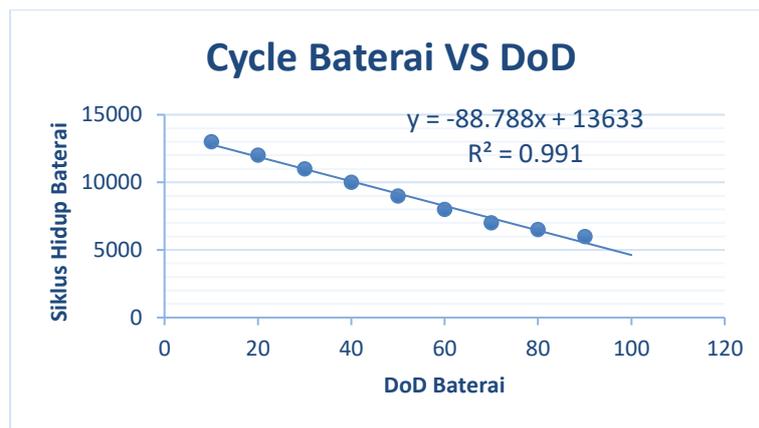
$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata siklus harian baterai} &= 15/30 \text{ hari} \\
 &= 0.5 \text{ siklus/hari}
 \end{aligned}$$

Siklus hidup sebuah baterai tidak bisa hanya dihitung dengan menggunakan satu parameter saja. Penulis juga menggunakan satu metode lagi dengan memperkirakan berapa jumlah siklus baterai tersebut berdasarkan data grafik Baterai Cycle vs tingkat DoD baterai yang didapatkan pendekatan dengan cara membuat grafik dan mencari nilai regresi pada Gambar Grafik 4 agar nantinya mendapatkan rumus hubungan keduanya antara siklus baterai vs tingkat DoD baterai. Berikut adalah gambar kurva hubungan siklus baterai vs tingkat DoD baterai.



Gambar 8. Grafik siklus baterai vs DoD

Berdasarkan data Gambar grafik diatas perkiraan jumlah siklus hidup baterai, maka untuk mendapatkan persamaan untuk mencari nilai jumlah siklus hidup baterai berdasarkan tingkat DoD dengan meregresi. Sehingga mendapatkan hasil nilai regresi dari grafik tersebut adalah :



Gambar 9. Hasil regresi grafik siklus hidup baterai vs DoD

Nilai perkiraan persentase rata-rata tingkat DoD baterai adalah sebesar 54.11%, maka banyaknya siklus hidup yang dapat dilakukan sebuah baterai sepanjang masa hidupnya dan pemakaian adalah sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak siklus hidup} &= -88.788 (\text{DoD}) + 13633 \\
 &= -88.788 (54.11\%) + 13633 \\
 &= 8.828 \text{ siklus hidup}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan jumlah siklus baterai pada persentase DoD 54.11% adalah sebanyak 8.828 siklus baterai. Yang artinya adalah baterai akan benar-benar habis dan tidak bisa dipakai lagi jika sudah mencapai 8.828 kali siklus.

3.5. Perkiraan Usia Umur Baterai

Untuk bisa mendapatkan perkiraan umur baterai penulis menggunakan data hasil perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

1. Perkiraan banyaknya siklus baterai sesuai persentase DoD:

- 54.11 % DoD = 8.828 siklus hidup baterai
2. Rata-rata jumlah siklus baterai perhari :
1 hari = 0.5 siklus
 3. Banyaknya hari baterai beroperasi :
Dari data operasional baterai mulai 13 April 2020 sampai dengan 12 Mei 2020 = 30 hari
 4. Banyaknya siklus yang telah dilalui baterai berdasarkan data charge/discharge daya baterai :
Siklus yang telah dilakukan = 15 siklus

Menghitung sisa siklus hidup baterai yang tersisa :

$$= \text{siklus hidup baterai sesuai tingkat persentase DoD} - \text{siklus}$$

baterai yang telah dilakukan

$$= 8.828 \text{ siklus} - 15 \text{ siklus} = 8.813 \text{ siklus}$$

Sehingga, baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) Customer PT. WEDOSOLAR INDONESIA yang terletak di Ciputat Tangerang memiliki tingkat persentase DoD rata-rata 54.11 %. Yang hanya bisa melakukan siklus baterai sebanyak 8.813 siklus lagi dari total sebelumnya adalah 8.828 siklus hidup baterai.

Sehingga dengan menggunakan persamaan 6 didapatkan sisa umur baterai :

$$\begin{aligned} \text{Sisa umur baterai} &= \frac{\text{Cycle maksimum} - \text{cycle dilalui}}{\text{rata-rata siklus baterai perhari}} \\ &= \frac{8.813 \text{ siklus}}{0.5 \frac{\text{siklus}}{\text{hari}}} \\ &= 17.626 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Maka dari hasil diatas dapat dikonversikan ke dalam tahun, bulan dan hari adalah :

$$\begin{aligned} &= 17.626 \text{ Hari} / 1 \text{ Tahun} \\ &= 17.626 \text{ Hari} / 365 \text{ hari} \\ &= 48,290411 \text{ Tahun} \\ &= 48 \text{ tahun } 2 \text{ Bulan } 9 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Dapat diperkirakan apabila baterai dioperasikan dengan tingkat persentase DoD sebesar 54.11 % dari total nominal baterai, maka baterai dapat bertahan hingga 48 tahun 2 bulan 9 hari kedepan, yaitu hingga siklus baterai habis sampai 8.813 kali silus.

3.6. Pengoperasian Yang Dianjurkan

Dari hasil perhitungan yang sudah diketahui diatas, bahwa pada pengoperasian baterai terutama Depth of Discharge atau DoD yang dipakai adalah berkisaran 50-55 %. Kemudian jumlah siklus yang masih dan akan bisa dilakukan sebesar 8.813 kali siklus atau jika di konversikan ke bentuk hari adalah 48 tahun 2 bulan 9 hari. Sebenarnya jika penulis melihat dari manual book yang di keluarkan oleh perusahaan Alpha ESS Co., Ltd.tentang produk yang mereka keluarkan khususnya pada Energy Storage System (ESS) Storion-T50/T100 (Off-grid, Indoor) penggunaan tingkat persentase Depth of Discharge (DoD) itu bisa mencapai ke tingkat 90% sesuai dengan anjuran maual book. Dan siklus yang bisa baterai dari jenis baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) tempuh ≥ 6000 kali siklus atau bisa konversikan ke dalam hari berkisar 16 tahunan jika penggunaan nya hingga 90% pada tingkat persentase DoD nya. Maka dari situ bisa

memaksimalkan persentase tingkat DoD pada baterai sehingga efisiensi baterai tinggi dan pemakaian daya bisa terpakai secara maksimal.

Tabel 3. Spesifikasi baterai Storion-T50/T100

System Configuration				
Model	Storion-T50		Storion-T100	
Output Power	50 kW		100 kW	
Max. Input PV Power	110 kW		220 kW	
Capacity Range	28.7 kWh ~ 1032.2 kWh (90% DoD)			
Battery Chemistry	LFP (LiFePO ₄)			
IP Protection	IP20/IP54 (Container Design)			
Warranty	3 year product warranty / 10 year performance warranty			
Inverter Technical Specification				
Max. Input PV Current	110 A	220 A	Off-Grid Voltage Range	360 ~ 440 V
PV Voltage Range	520 ~ 900 V		Rated Frequency	50/60 Hz
MPPT Number	1		Backup	UPS (with STS Module)
Battery Voltage Range	250 ~ 520V		Display	7 Inch Touch LCD
Max. Battery Charge Current	150 A	300 A	Operating Temperature Range	-10°C ~ 50°C*
Max. Battery Charge Power	50 kW	100 kW	Dimension (W x D x H)	800 mm x 800 mm x 2160 mm
Phase	Three-Phase		Weight	520 kg 750 kg
Rated Voltage	400 V		Grid Regulation	AS 4777.2/3
Grid Voltage Range	340 ~ 460 V		Safety	IEC 62109-1&2
Battery & BMS Technical Specification				
Module Model	M48112-S			
Module Capacity	5.7 kWh			
Module Weight	65 kg			
Module Dimension	450 mm x 580 mm x 165 mm			
Cycle Life	≥ 6000			
Max. Charge/Discharge Current	112A (1C)			
BMU Model	HV900112 (TOP BMU required with more than one cluster)			
Modules Connection	4 ~ 9 in series in one cluster			
Clusters Connection	Max. 20 clusters in parallel			

4. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis serta perhitungan, perancangan, dan implementasi, maka diperoleh kesimpulan :

1. Kapasitas nominal baterai adalah 45.875 Watt dengan total baterai 8 pcs masing-masing memiliki kapasitas 51.2 V 112Ah.
2. Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 memiliki jumlah rata-rata Charging (pengisian) yang lebih besar yaitu 57.223 kWh dari pada jumlah rata-rata Discharge (Pelepasan) pada baterai yaitu 24.281 kWh.
3. Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 memiliki tingkat persentase rata-rata Depth of Discharge (DoD) sebesar 54.11%
4. Jumlah siklus yang sudah dilakukan oleh baterai mulai 13/04/2020 sampai dengan 12/05/2020 adalah 15 silus dengan rata-rata siklus per harinya adalah 0.5 siklus.
5. Jumlah siklus hidup yang bisa dilakukan oleh baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 dengan rata-rata DoD 54.11% adalah sebanyak 8.813 kali siklus hidup
6. Perkiraan baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 dapat bertahan hidup dan bisa digunakan selama kurang lebih 48 Tahun 2 Bulan 9 Hari.
7. Hasil perkiraan diatas adalah tidak memperhitungkan faktor suhu ruangan tempat baterai, rugi-rugi instalasi, rugi-rugi panas pada saat pengukuran tegangan dan hambatan dalam dari baterai.

Referensi

- [1] V. Stepaniuk, J. Pillai, and B. Bak-Jensen, "Battery Energy Storage Management for Smart Residential Buildings," Proc. - 2018 53rd Int. Univ. Power Eng. Conf. UPEC 2018, no. August 2019, 2018, doi: 10.1109/UPEC.2018.8541980.
- [2] R. M. Hamid *et al.*, "Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan," vol. 4, no. 2, pp. 130–136, 2016.
- [3] A. V. Sanella, "Kajian Kelayakan Energy Storage System (ESS) Kapasitas 30 Mw Sebagai Implementasi Program Demand Side Management (Dsm) Pada Sistem Sulawesi Utara - Gorontalo," 2020.
- [4] A. Satriady, W. Alamsyah, A. H. I. Saad, and S. Hidayat, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai Lifepo 4," vol. 06, no. 02, pp. 43–48, 2016.
- [5] A. D. dan N. Widjanarko, Pipit Wahyu Nugroho, "Studi Implementasi Small PLTS Off Grid Berbasis Baterai Lifepo4 Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 W," vol. 13, no. 2, pp. 10–14, 2019.
- [6] A. Ainuddin, S. Manjang, and F. A. Samman, "Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," vol. 21, no. 02, pp. 16–24, 2017.
- [7] M. Roal, "Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS," vol. 7, no. 2, pp. 12–19, 2015.
- [8] ing. B. Ramadhani, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don ' ts. 2018.
- [9] Alwan Farras, "Prediksi Umur Dan Tingkat Kesehatan Baterai Valve Regulated Lead Acid Jenis Lead Carbon Berdasarkan Variasi Charge/Discharge Daya Baterai Di PLTS 1mw Cirata," *Skripsi*, 2019.
- [10] L. Pradigta, S. Raharja, R. P. Eviningsih, I. Ferdiansyah, and D. S. Yanaratri, "Perancangan Dan Implementasi DC-DC Bidirectional Converter Dengan Sumber Energi Listrik Dari Panel Surya Dan Baterai Untuk Pemenuhan Kebutuhan Daya Listrik Beban Di kawasan Indonesia sangat tepat untuk menerapkan Renewable Energy dengan memanfaatkan sina," vol. 7, no. 2, 2019.
- [11] Widjanarko, Pipit Wahyu Nugroho, A. D. dan N. *Studi Implementasi Small PLTS Off Grid Berbasis Baterai Lifepo4 Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 W. 13(2)*, 10–14. 2019
- [12] Reddy, D. L. and T. B. Handbook Of Batteries. In The McGraw-Hill Companies, Inc. 2011 <https://doi.org/10.1002/9780470933886.ch1>
- [13] Il-Kuen Won, Do-Yun Kim, Jun-Ha Hwang, Jung-Hyo Lee, C.-Y. W. LifetimeManagement Method of Lithium-ion battery for Energy Storage System. 2015