

**MENENTUKAN PERFORMANCE BATERAI LIFEPO4 PADA PLTS
MENGGUNAKAN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

REZA MARZUKI PUTRA
1710017111018



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2022**

LEMBARAN PENGESAHAN

MENENTUKAN PERFORMANCE BATERAI LiFePO₄ PADA PLTS
MENGGUNAKAN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-I) pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

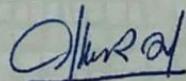
Oleh :

REZA MARZUKI PUTRA

1710017111018

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Mirza Zoni, ST., MT.

NIK/NIP : 197402202005011001

Mengetahui :

Fakultas Teknologi Industri

Jurusan Teknik Elektro

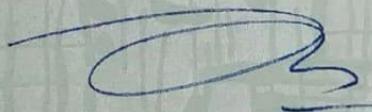
Dekan,

Ketua,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST., MT.

NIK. 990 500 496



Ir. Arzul, MT.

NIK. 941 100 396

ABSTRAK

Baterai merupakan komponen penting dalam pemasangan instalasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid sebagai *Energy Storage System* (ESS) yang dihasilkan dari Solar PV ketika siang hari. Karena Massa pakai dan usia layak pakai baterai dipengaruhi banyak faktor maka dari itu pentingnya menggunakan BMS (*Battery Management System*) pada sistem *charging* dan *discharging* pada baterai yang menggunakan *Solar Cell* sebagai sumber utama pengecasan, dikarenakan BMS dapat menjaga baterai dari *Overcharge* dan *Overdischarge* yang mengakibatkan pendek nya umur dari baterai, disamping menggunakan *Battery Management System* (BMS) pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menggunakan *Solar Charge Controller* (SCC) merupakan salah satu cara terbaik dalam memanajemen *Charge* dan *Discharge* baterai, dalam kasus penelitian ini, baterai menggunakan *double protect* , yaitu dari BMS dan SCC, Faktor lain nya yaitu dengan mencari tingkat persentase rata-rata Depth of Discharge (DoD) dan banyaknya siklus harian yang dipakai oleh baterai selama pemakaian. Jenis baterai yang di pakai adalah *Lithium Iron Phosphate* (LiFePo4) dengan kapasitas nominalnya adalah sebesar 230,4 Watt yang dirangkai sebanyak 12 sel baterai, masing-masing baterai berkapasitas 3,2 V 6Ah yang disusun secara seri parallel sehingga menghasilkan tegangan sebesar 12V 18 Ah. Didapatkan perkiraan tingkat persentase *Depth of Discharge* (DoD) sebesar 14,24%, jumlah siklus yang sudah terpakai sebanyak 20 kali siklus dan rata-rata siklus harian adalah 1 siklus dan didapatkan *Lifecycle* baterai sebanyak 2.177 hari / 5 Tahun 3 Bulan 2 Hari.

Kata Kunci : Baterai; BMS; *Overcharging*; *Overdischarging*; DoD

ABSTRACT

Batteries are an important component in the installation of an Off-Grid Solar Power Generation (PLTS) system as an Energy Storage System (ESS) produced from Solar PV during the day. Because the battery life and age are influenced by many factors, it is important to use BMS (Battery Management System) for charging and discharging systems for batteries that use Solar Cells as the main source of charging, because BMS can keep the battery from Overcharge and Overdischarge which results in short the age of the battery, in addition to using the Battery Management System (BMS) in the Solar Power Generation (PLTS) system, using the Solar Charge Controller (SCC) is one of the best ways to manage charge and discharge batteries, in the case of this study, the battery uses a double protect , namely from BMS and SCC. Another factor is to find the percentage level of the average Depth of Discharge (DoD) and the number of daily cycles used by the battery during use. The type of battery used is Lithium Iron Phosphate (LiFePo4) with a nominal capacity of 230.4 Watt which is assembled as many as 12 battery cells, each battery with a capacity of 3.2 V 6Ah which is arranged in parallel series so as to produce a voltage of 12V 18 Ah. . The estimated percentage rate of Depth of Discharge (DoD) is 14.24%, the number of cycles that have been used is 20 cycles and the average daily cycle is 1 cycle and the battery lifecycle is 2,177 days / 5 Years 3 Months 2 Days.

Keywords: Battery; BMS; Overcharging; Overdischarging; DoD

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN SKRIPSI
LEMBARAN PENGUJI
LEMBARAN PERSEMBAHAN
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
KATA PENGANTAR
ABSTRAK
DAFTAR TABEL
DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-4
1.3. Batasan Masalah	I-4
1.4. Tujuan Penelitian	I-5
1.5. Manfaat Penelitian	I-5
1.6. Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-6
2.1. Tinjauan Penelitian	II-6
2.2. Landasan Teori.....	II-12
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	II-12
2.3. Komponen Pada Sistem PLTS	II-12
2.3.1. Panel Surya	II-12
2.3.2. Baterai	II-13
2.3.2.1. Konstruksi Baterai	II-13
2.3.2.2. Prinsip Kerja Baterai.....	II-15
2.3.2.3. Jenis-Jenis Baterai.....	II-16
2.3.3. Baterai LiFePO ₄	II-19
2.3.3.1. Performance Baterai.....	II-22
2.3.3.2. Parameter Pada baterai.....	II-24
2.3.4. BMS (Battery Management System).....	II-25
2.3.5. Solar Charge Controller	II-29

2.3.5.1. Fungsi SCC	II-30
2.3.6. Power Inverter.....	II-30
2.3.6.1. Prinsip Kerja Inverter.....	II-31
2.3.7. Watt Meter Digital	II-33
2.3.7.1. Watt Meter DC Digital.....	II-33
2.3.7.2. Watt Meter AC Digital.....	II-34
2.3.8. MCB.....	II-34
2.3.8.1. MCB AC	II-34
2.3.8.2. MCB DC	II-35
2.4. Blok Diagram Perencanaan Sistem PLTS	II-35
2.5. Lama Pengisian dan Pengurasan Baterai	II-36
2.5.1. Lama Waktu Pengisian Baterai.....	II-36
2.5.2. Lama Waktu Pengurasan Baterai.....	II-36
2.5.3. Daya Beban	II-37
2.6. Hipotesis	II-37
 BAB III METODE PENELITIAN	III-38
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	III-38
3.1.1. Alat Penelitian.....	III-38
3.1.1.1. Multimeter.....	III-38
3.1.1.2. Power Meter DC	III-38
3.1.1.3. Watt Meter AC.....	III-39
3.1.1.4. Perkakas	III-39
3.1.1.5. Spot Welder	III-40
3.1.2. Bahan Penelitian	III-41
3.1.2.1. Panel Surya	III-41
3.1.2.2. Baterai	III-42
3.1.2.3. MPPT SCC (Solar Charge Controller)	III-43
3.1.2.4. Power Inverter.....	III-44
3.1.2.5. Lampu Pijar.....	III-45
3.1.2.6. BMS 12 V 4S (Battery Management System).....	III-45
3.2. Rangkaian PLTS Dengan Baterai LiFePO4	III-46
3.2.1. Rangkaian Charge	III-47

3.2.2. Rangkaian Discharge	III-48
3.2.3. Rangkaian Keseluruhan	III-49
3.3. Alur Penelitian	III-53
3.4. Metode Analisa Data.....	III-48
3.4.1. Metode Perhitungan Berdasarkan Perbedaan Kondisi Charge Dan Discharge	III-53
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	IV-55
 4.1. Pengujian Alat.....	IV-55
4.1.1. Pengujian Tegangan baterai	IV-55
4.1.2. Pengujian MPPT SCC.....	IV-56
4.1.3. Pengujian Sistem Keseluruhan	IV-58
4.2. Pengambilan Data	IV-60
4.2.1. Pengambilan Data Charge.....	IV-60
4.2.1.1. Data Awal Baterai	IV-60
4.2.1.2. Data Charge Selama 20 Hari.....	IV-60
4.2.2. Pengambilan Data Discharge	IV-66
4.3. Perubahan Waktu Charge dan Discharge Terhadap Kapasitas Penuh dan Habis Baterai (SoC & DoD)	IV-70
4.3.1. Charge	IV-70
4.3.1.1. Grafik Charge Terhadap Tegangan Baterai	IV-71
4.3.2. Discharge	IV-72
4.3.2.1. Grafik Discharge Terhadap Tegangan Baterai	IV-72
4.3.3. Analisa Kinerja BMS Pada Baterai.....	IV-73
4.4. Perhitungan	IV-73
4.4.1. Perhitungan Lama Waktu Discharge	IV-74
4.4.2. Perhitungan Lama Waktu Charge	IV-75
4.4.3. Perrhitungan Daya Beban	IV-76
4.5. Analisa	IV-77
4.5.1. Analisa Daya Pengisian	IV-77
4.5.1.1. Data Hari Pertama.....	IV-77
4.5.1.2. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 2.....	IV-77
4.5.1.3. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 3	IV-78

4.5.1.4. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 4	IV-79
4.5.1.5. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 5	IV-80
4.5.1.6. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 6	IV-81
4.5.1.7. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 7	IV-82
4.5.1.8. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 8	IV-83
4.5.1.9. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 9	IV-84
4.5.1.10. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 10	IV-85
4.5.1.11. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 11	IV-86
4.5.1.12. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 12	IV-87
4.5.1.13. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 13	IV-88
4.5.1.14. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 14	IV-89
4.5.1.15. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 15	IV-90
4.5.1.16. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 16	IV-91
4.5.1.17. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 17	IV-92
4.5.1.18. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 18	IV-93
4.5.1.19. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 19	IV-94
4.5.1.20. Analisa Daya Pengisian Hari Ke 20	IV-95
4.5.1.21. Analisa Daya Pengisian Keseluruhan	IV-96
4.5.2. Analisa Arus Pembebanan	IV-97
4.5.2.1. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 1	IV-97
4.5.2.2. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 2	IV-98
4.5.2.3. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 3	IV-98
4.5.2.4. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 4	IV-99
4.5.2.5. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 5	IV-99
4.5.2.6. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 6	IV-100
4.5.2.7. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 7	IV-100
4.5.2.8. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 8	IV-101
4.5.2.9. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 9	IV-101
4.5.2.10. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 10.....	IV-102
4.5.2.11. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 11.....	IV-102
4.5.2.12. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 12.....	IV-103
4.5.2.13. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 13.....	IV-103
4.5.2.14. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 14.....	IV-104
4.5.2.15. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 15.....	IV-104

4.5.2.16. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 16.....	IV-105
4.5.2.17. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 17	IV-105
4.5.2.18. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 18.....	IV-106
4.5.2.19. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 19.....	IV-106
4.5.2.20. Analisa Pengaruh Pembebanan Hari Ke 20.....	IV-107
4.5.3. Kapasitas Nominal Baterai	IV-107
4.5.4. Perkiraan Persentase DoD Baterai	IV-107
4.5.5. Perkiraan Jumlah Siklus Hidup dan Harian Baterai	IV-109
4.5.5.1. Perkiraan Jumlah Siklus Harian.....	IV-109
4.5.5.2. Perkiraan Siklus Hidup Baterai (<i>Lifecycle</i>).....	IV-110
4.5.6. Perkiraan Usia Umur Baterai	IV-112
 BAB V PENUTUP	V-110
5.1. Kesimpulan	V-110
5.2. Saran	V-111
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN 1 DATA CHARGE KESELURUHAN SELAMA 20 HARI	
LAMPIRAN 2 DATA DISCHARGE KESELURUHAN SELAMA 20 HARI	
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya	II-13
Gambar 2.2 Konstruksi Baterai.....	II-14
Gambar 2.3 Proses Reaksi Elektrokima Charging.....	II-15
Gambar 2.4 Proses Reaksi Elektrokima Discharging	II-15
Gambar 2.5 Baterai Lifepo4	II-20
Gambar 2.6 Skema Pelepasan Energi Pada Baterai LiFePO4	II-20
Gambar 2.7 Bms 4s 12v.....	II-28
Gambar 2.8 Fitur Manajemen Sistem Baterai.....	II-29
Gambar 2.9 Scc	II-29
Gambar 2.10 Rangkaian Inverter.....	II-31
Gambar 2.11 Power Inverter.....	II-32
Gambar 2.12 Watt Meter Digital	II-33
Gambar 2.13 Watt Meter Ac Digital.....	II-34
Gambar 2.14 Mcb A	II-34
Gambar 2.15 Mcb Dc.....	II-35
Gambar 2.16 Blok Diagram Perencanaa Sistem Plts.....	II-35
Gambar 3.1 Multimeter.....	III-38
Gambar 3.2 Power Meter Dc	III-39
Gambar 3.3.Power Meter Ac	III-39
Gambar 3.4 Perkakas	III-39
Gambar 3.5 Spot Welder Rakitan	III-40
Gambar 3.6 Cara Mengelas Baterai	III-40
Gambar 3.7 Hasil Las	III-41
Gambar 3.8. Panel Surya	III-41
Gambar 3.9 Rangkaian Baterai Lifepo4	III-42
Gambar 3.10 Baterai Lifepo4 Setelah Dirangkai.....	III-43
Gambar 3.11 MPPT SCC.....	III-43
Gambar 3.12 Power Inverter.....	III-44
Gambar 3.13 Lampu Pijar.....	III-45

Gambar 3.14 Tampilan Fisik Bms 4s 12v	III-45
Gambar 3.15 Wiirng Diagram Bms	III-46
Gambar 3.16 Wiring Diagram Bms Dengan Baterai	III-46
Gambar 3.17 Blok Diagram Rangkaian PLTS	III-47
Gambar 3.18 Rangkaian Charge	III-47
Gambar 3.19 Rangkaian Discharge	III-48
Gambar 3.20 Rangkaian Plts Keseluruhan	III-49
Gambar 3.21. Flowchart Metode Penelitian	III-51
Gambar 4.1 Pengujian Tegangan Awal Baterai.....	IV-55
Gambar 4.2 Pengujian Tegangan Pada Scc	IV-56
Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Keseluruhan	IV-58
Gambar 4.4 Grafik Perubahan Waktu Charge	IV-71
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Waktu Discharge	IV-73
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 2.....	IV-77
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 3.....	IV-78
Gambar 4.8 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 4.....	IV-79
Gambar 4.9 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 5.....	IV-80
Gambar 4.10 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 6.....	IV-81
Gambar 4.11 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 7.....	IV-82
Gambar 4.12 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 8.....	IV-83
Gambar 4.13 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 9.....	IV-84
Gambar 4.14 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 10.....	IV-85
Gambar 4.15 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 11.....	IV-86
Gambar 4.16 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 12.....	IV-87
Gambar 4.17 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 13.....	IV-88
Gambar 4.18 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 14.....	IV-89
Gambar 4.19 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 15.....	IV-90
Gambar 4.20 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 16.....	IV-91
Gambar 4.21 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 17.....	IV-92
Gambar 4.22 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 18.....	IV-93
Gambar 4.23 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 19.....	IV-94
Gambar 4.24 Grafik Perubahan Daya Pengisian Ke 20.....	IV-95
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Arus Pengisian.....	IV-96
Gambar 4.26 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 1	IV-97

Gambar 4.27 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 2.....	IV-98
Gambar 4.28 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 3.....	IV-98
Gambar 4.29 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 4.....	IV-99
Gambar 4.30 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 5.....	IV-99
Gambar 4.31 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 6.....	IV-100
Gambar 4.32 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 7.....	IV-100
Gambar 4.33 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 8.....	IV-101
Gambar 4.34 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 9.....	IV-101
Gambar 4.35 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 10.....	IV-101
Gambar 4.36 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 11	IV-102
Gambar 4.37 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 12.....	IV-102
Gambar 4.38 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 13.....	IV-103
Gambar 4.38 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 14.....	IV-103
Gambar 4.39 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 15.....	IV-104
Gambar 4.40 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 16.....	IV-104
Gambar 4.41 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-105
Gambar 4.42 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-105
Gambar 4.43 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-106
Gambar 4.44 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-106
Gambar 4.45 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-107
Gambar 4.46 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-109
Gambar 4.47 Grafik Perubahan Daya Pengurasan Ke 17.....	IV-111

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya.....	III-40
Tabel 3.2 Spesifikasi Scc	III-44
Tabel 3.3 Spesifikasi Power Inverter	III-44
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Keseluruhan.....	IV-59
Tabel 4.2 Data Charge Selama 20 Hari	IV-60
Tabel 4.3 Data Discharge Selama 20 Hari.....	IV-66
Tabel 4.4 Perbandingan Lama Charge Dengan Tegangan Baterai	IV-70
Tabel 4.5 Perbandingan Lama Discharge Dengan Tegangan Baterai	IV-72
Tabel 4.6 Perhitungan Lama Waktu Discharge	IV-74
Tabel 4.7 Perhitungan Lama Waktu Charge.....	IV-75
Tabel 4.8 Perhitungan Daya Beban Saat Discharge	IV-76
Tabel 4.9 Rata-Rata Charge dan Discharge Daya Harian.....	IV-108
Tabel 4.10 Hubungan Siklus Hidup Baterai Terhadap Tingkat Dod.....	IV-110