

SKRIPSI

**HUBUNGAN ANTARA POLA PENGISIAN DAN
PENGOSONGAN BATERAI PADA KONDISI PENGISIAN
PENUH TERHADAP UMUR BATERAI VRLA**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :
M. AHDIL FALACH S
03041381520049**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

HUBUNGAN ANTARA POLA PENGISIAN DAN PENGOSONGAN BATERAI PADA KONDISI PENGISIAN PENUH TERHADAP UMUR BATERAI VRLA



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

M. AHDIL FALACH S

03041381520049

Palembang, Oktober 2019

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005



Dr. Herlina, S.T., M.T.

NIP : 198007072006042004

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Dr. Herlina, S.T., M.T.

Tanggal : 14 / NOVEMBER / 2019

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Ahdil Falach S
NIM : 03041381520049
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Hubungan antara Pola Pengisian dan Pengosongan Baterai pada Kondisi Pengisian Penuh terhadap Umur Baterai VRLA” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Oktober 2019



M. Ahdil Falach S

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“HUBUNGAN ANTARA POLA PENGISIAN DAN PENGOSONGAN BATERA PADA KONDISI PENGISIAN PENUH TERHADAP UMUR BATERAI VRLA”**. Shalawat beriring salam tercurahkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan insyallah pengikutnya.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara – saudari saya beserta keluarga besar yang senantiasa mendoakan kelancaran dalam penulisan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya beserta staff.
3. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta staff.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
5. Bapak Ir. Aryulius Jasuan, M.T. dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T selaku Pembimbing Utama dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2015 Universitas Sriwijaya.
7. Yudha Sekty, M. Rezky Dermawan dan Royhan Ichsan Furqon sebagai rekan penelitian.
8. Alka, Addien, Alief, Rizky dan Yusuf sebagai sahabat yang selalu memberikan dukungan moril demi kelancaran penulisan skripsi ini.
9. Annisa yang membantu penulis melewati masa masa sulit dalam penulisan skripsi ini dan membantu sampai skripsi ini selesai.
10. Serta pihak – pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga bantuan, dukungan dan doa yang telah diberikan dapat menjadi suatu keberkahan dan diridhoi Allah SWT. Dan penulis mengharapkan tugas akhir ini bisa memberikan sumbangsih bagi ilmu pengetahuan dan teknologi yang bermanfaat bagi banyak orang.

Palembang, Oktober 2019

Penulis

ABSTRAK
HUBUNGAN ANTARA POLA PENGISIAN DAN PENGOSONGAN
BATERAI PADA KONDISI PENGISIAN PENUH TERHADAP UMUR
BATERAI VRLA

(M. Ahdil Falach S, 03041381520049, 2019, xiv + 39 hal. + lampiran)

Indonesia merupakan negara yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi primer dalam pembangkitan energi listrik. Sumber energi tersebut memiliki tingkat ketersediaan di bumi yang sangat terbatas dan akan habis. Tenaga surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan di Indonesia sebagai sumber energi untuk pembangkitan energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya menggunakan baterai sebagai salah satu komponen penting yang digunakan. Baterai memiliki peran sebagai media penyimpanan tenaga listrik yang perlu diperhatikan dengan baik penggunaannya dikarenakan baterai merupakan komponen yang paling rentan terhadap kerusakan dan memiliki harga paling tinggi dibandingkan dengan komponen komponen lainnya. Pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh mempengaruhi jumlah siklus (*Cycle Number*) yang terjadi pada baterai yang diduga memiliki pengaruh terhadap umur dari baterai tersebut. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *battery management system* dan *capacity tester*. Hasil dari penelitian yang dilakukan menghasilkan grafik perbandingan waktu discharge baterai dan grafik laju penurunan kapasitas baterai terhadap *cycle number* yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh terhadap umur baterai.

Kata Kunci : baterai, *Battery Management System*, pengisian dan pengosongan



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Palembang, November 2019
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Herlina, S.T., M.T.
NIP : 198007072006042004

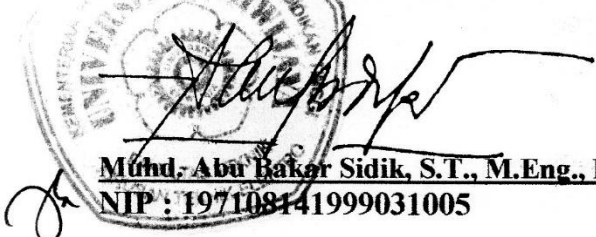
ABSTRACT
THE RELATION BETWEEN CHARGE AND DISCHARGE BATTERY
PATTERN ON FULL CHARGE CONDITION TOWARD VRLA
BATTERY'S LIFE

(M. Ahdil Falach S, 03041381520049, 2019, xiv + 39 pages + appendix)

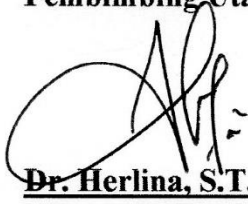
Indonesia is a country that uses fossil fuels as a primary energy source in generating electricity. This energy source has a very limited level of availability on earth and will run out. Solar power is one alternative energy source that has enormous potential to be developed in Indonesia as an energy source for electricity generation. Solar Power Plants use batteries as one of the important components used. The battery has a role as a storage medium for electric power that needs to be considered with good use because the battery is the component most vulnerable to damage and has the highest price compared to other components. The pattern of charging and emptying the battery at full charge conditions affects the number of cycles that occur on the battery which is thought to have an influence on the life of the battery. The study was conducted using a battery management system and capacity tester. The results of the research carried out produced a comparison graph of battery discharge time and a graph of the rate of decline in battery capacity to the cycle number which shows that there is an influence between the charging and emptying patterns of the battery at full charging conditions on battery life.

Keyword : battery, battery management system, charge, discharge

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Palembang, November 2019
Menyetujui,
Pembimbing Utama


Dr. Herlina, S.T., M.T.
NIP : 198007072006042004

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iiiiv
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ixx
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
NOMENKLATUR	xivv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metode Penulisan	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.1.1 PLTS On Grid System.....	5
2.1.2 PLTS Off Grid System.....	6
2.2 Komponen Penyusun PLTS Off Grid System[7]	7
2.2.1 Panel (Modul) Surya	7
2.2.2 Battery Charge Regulator.....	7
2.2.3 Baterai	7
2.2.4 Inverter.....	8
2.3 Valve Regulated Lead – Acid Battery (VRLA) [8]	8
2.4 Baterai Management System	9
2.4.1 Konsep Battery Management System	10
2.4.2 State of Health (SOH)	10
2.4.3 State of Charge (SOC)	11
2.4.4 Depth of Discharge (DoD)	12
2.4.5 Siklus Hidup (Cycle Life) Baterai.....	13
2.5 Pengukuran Kapasitas Baterai	13
2.5.1 Metode Time-adjustment	13

2.5.2 Metode Rate-Adjustment	15
BAB III.....	16
METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Prosedur Pelaksanaan Pengujian	16
3.4 Skema Penelitian	18
BAB IV	20
HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Pengambilan Data Penelitian.....	20
4.2 Pengolahan Data Penelitian	20
4.3 Pengambilan Data Harian.....	20
4.4 Data Hasil Penelitian.....	22
4.4.1 Pengambilan Data 1 pada 8 Agustus 2019	22
4.4.2 Pengambilan Data 2 pada 15 Agustus 2019.....	24
4.4.3 Pengambilan Data 3 pada 22 Agustus 2019	26
4.4.4 Pengambilan Data 4 pada 29 Agustus 2019.....	28
4.4.5 Pengambilan Data 5 pada 5 September 2019	29
4.4.6 Pengambilan Data 6 pada 12 September 2019	31
4.4.7 Pengambilan Data 7 pada 19 September 2019	33
4.5 Pembahasan Hasil Penelitian	36
BAB V.....	39
PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
Gambar 2.2 Sistem PLTS <i>Grid Connected</i> dengan Baterai	6
Gambar 2.3 Sistem PLTS <i>Grid Connected</i> tanpa baterai	6
Gambar 2.4 Sistem PLTS <i>Off Grid System</i>	7
Gambar 2.5 Komponen Baterai VRLA	9
Gambar 2.6 Hubungan antara SOC dan DOD	12
Gambar 3.1 Blok Diagram Pengukuran Kapasitas Baterai	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Battery Management System</i>	18
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Grafik Pola Pengisian dan Pengosongan Baterai	21
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (8 Agustus 2019)	22
Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (15 Agustus 2019)	24
Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (22 Agustus 2019)	26
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (29 Agustus 2019)	28
Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (5 September 2019)	30
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (12 September 2019)	32
Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Waktu (19 September 2019)	34
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai Kapasitas Baterai pada Tanggal 8 Agustus 2019 – September 2019	36
Gambar 4.10 Grafik Laju Penurunan Kapasitas Baterai	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara tegangan dan SOC	12
Tabel 2.2 Faktor Koreksi Waktu yang Disarankan (K_T).....	14
Tabel 2.3 Rekomendasi faktor koreksi (K_c) untuk suhu selain 25°C	15
Tabel 4.1 Jumlah <i>cycle</i> yang dialami baterai selama penelitian	21
Tabel 4.2 Nilai kapasitas baterai pada tanggal 8 agustus 2019 sampai dengan 19 september 2019.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Datasheet</i> baterai VRLA LC-V127R2	43
Lampiran 2 Tabel pengambilan data harian pada 17 Agustus 2019	46
Lampiran 3 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 8 Agustus 2019.....	57
Lampiran 4 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 15 Agustus 2019.....	70
Lampiran 5 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 22 Agustus 2019.....	83
Lampiran 6 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 29 Agustus 2019.....	95
Lampiran 7 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 5 September 2019.....	107
Lampiran 8 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 12 September 2019.....	119
Lampiran 9 Tabel data hasil pengujian kapasitas baterai pada 19 September 2019.....	132
Lampiran 10 Gambar proses pengujian	144
Lampiran 11 Spesifikasi <i>constant current electronic DC load</i>	147
Lampiran 12 Lembar Hasil Plagiarisme	150
Lampiran 13 Lembar Berita Acara	153

NOMENKLATUR

- C_p : kapasitas baterai pada arus *discharge* sebesar satu ampere
- I : arus aktual *discharge*
- k : konstanta Peukert
- t : waktu aktual untuk mendischarge baterai
- H : *rating* waktu *discharge* pada baterai
- C : *rating* kapasitas *discharge rate* pada baterai
- T_a : waktu aktual pada pengujian untuk mencapai tegangan akhir sel atau tegangan baterai
- T_s : *rating* waktu yang digunakan untuk mencapai tegangan akhir sel atau tegangan baterai
- X_t : waktu yang memuat pada baterai untuk mencapai tegangan akhir sel atau tegangan baterai
- X_a : waktu aktual yang digunakan untuk pengujian
- K_T : faktor koreksi suhu
- K_C : faktor koreksi suhu
-
- *Discharge* : Pengosongan Muatan Baterai
 - *Charge* : Pengisian Muatan Baterai
 - *State Of Charge* : Status Pengisian
 - *Depth Of Discharge* : Kedalaman Pengosongan
 - *State Of Health* : Status Kesehatan
 - *Discharging* : Proses Pengosongan
 - *Charging* : Proses Pengisian
 - *Discharge Rate* : Laju Pengosongan

- *Charge Rate* : Laju Pengisian
- *Rate Hour* : Laju Waktu
- *Over Voltage* : Tegangan Lebih
- *Rating* : Tingkatan
- *Capacity* : Kapasitas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, manusia sudah sangat tergantung pada energi listrik. Pemanfaatan energi listrik dapat kita lihat dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Pemanfaatan energi listrik yang begitu besar menyebabkan ketersediaan energi listrik yang harus selalu mencukupi kebutuhan manusia, sedangkan saat ini sumber energi primer yang paling utama untuk melakukan pembangkitan energi listrik berasal dari sumber energi yang sangat terbatas yaitu bahan bakar fosil[2]. Keterbatasan bahan bakar fosil sebagai sumber energi untuk pembangkit energi listrik, membuat manusia harus segera memaksimalkan sumber energi yang dapat diperbarui untuk menggantikan bahan bakar fosil. Sumber energi seperti matahari, angin, air dan panas bumi adalah beberapa contoh dari sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik. [3]

Indonesia adalah negara yang letaknya berada di daerah khatulistiwa. Sebagaimana negara yang berada di daerah khatulistiwa, Indonesia sepanjang tahun selalu disinari oleh cahaya matahari. Indonesia sangat berpotensi menggunakan cahaya matahari sebagai salah satu sumber energi untuk menggantikan bahan bakar fosil[4]. Pembangkit listrik yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi untuk pembangkitan energi listrik disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Berdasarkan konfigurasi komponennya PLTS dibagi menjadi dua jenis, yaitu *PLTS Off Grid System* dan *PLTS On Grid System*. *PLTS Off Grid System* adalah PLTS yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai sumber energi utama untuk pembangkitan energi listrik. *PLTS Off Grid System* memiliki 4 komponen penyusun utama yaitu Panel Surya, *Baterai Charger Controller (BCR)*, baterai VRLA dan Inverter. Dari semua komponen utama tersebut baterai VRLA merupakan komponen yang memiliki harga paling tinggi dibandingkan komponen lainnya, namun baterai VRLA juga merupakan komponen yang paling rentan terhadap kerusakan.[1]

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi umur suatu baterai VRLA salah satunya adalah pola pengisian dan pengosongan baterai. Pola pengisian dan pengosongan baterai adalah pola waktu yang digunakan untuk melakukan pengisian dan pelepasan energi pada suatu baterai. Pola pengisian dan pengosongan baterai terbagi menjadi 3 pola, yaitu pola pengisian penuh, pola pengisian kurang dan pola pengisian *floating*. Pola pengisian dan pengosongan penuh adalah kondisi dimana baterai di *charge* hingga penuh pada siang hari lalu pada malam hari baterai tersebut digunakan dan pola ini dilakukan berulang setiap harinya. Pola pengisian dan pengosongan juga mempengaruhi Jumlah Siklus (*Cycle Number*) suatu baterai, semakin sering suatu baterai diisi dan digunakan maka semakin banyak Jumlah Siklusnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dibuatlah penelitian ini dengan mengambil judul "Hubungan antara Pola Pengisian dan Pengosongan Baterai pada Kondisi Pengisian Penuh terhadap Umur Baterai VRLA"

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian pengaruh pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi penuh terhadap penurunan kapasitas suatu baterai adalah :

1. Bagaimana laju penurunan kapasitas baterai terhadap *cycle number*.
2. Bagaimana grafik hubungan antara kapasitas baterai dan *cycle number*nya.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan perlu diberikan agar permasalahan yang akan dibahas menjadi terarah, batasan tersebut adalah

1. Mensimulasikan pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh terhadap baterai VRLA.
2. Proses simulasi dengan menggunakan peralatan yang disebut dengan *Battery Management System* (BMS).
3. Melakukan pengukuran kapasitas baterai sesuai dengan IEEE std 1188-2005

4. Menggambarkan dalam bentuk grafik tentang hubungan kapasitas baterai dengan *cycle number* nya.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh antara pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi penuh terhadap kapasitas baterai VRLA.
2. Mengetahui grafik hubungan antara kapasitas baterai dan *cycle number*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh terhadap umur suatu baterai VRLA
2. Dapat mengurangi biaya untuk perawatan dan penggantian komponen khususnya baterai.

1.6. Metode Penulisan

Metode yang digunakan pada penulisan Tugas Akhir (TA) ini adalah :

1. Metode Observasi

Metode ini dilaksanakan melalui tinjauan langsung seperti melakukan pengukuran, pengamatan dan pengambilan data yang diperlukan.

2. Studi Literatur

Metode pengumpulan bahan ini dilakukan dengan cara mempelajari buku-buku kuliah, buku-buku referensi, jurnal, internet dan berbagai macam sumber lain.

3. Studi Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara diskusi mengenai topik tugas akhir ini dengan dosen pembimbing dan teman-teman sesama mahasiswa.

1.7. Sistematika Penulisan

Dalam memudahkan penyusunan proposal tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

- BAB I : Pendahuluan, dalam bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II : Tinjauan Pustaka, dalam bab ini menguraikan tentang pengertian dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya, jenis – jenis dari pembangkit listrik tenaga surya, Komponen penyusun Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Baterai VRLA dan faktor yang mempengaruhi umur baterai.
- BAB III : Metodologi Penelitian, dalam bab ini menguraikan tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan, preparasi dan simulasi pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh terhadap Baterai VRLA
- BAB IV : Analisa dan pembahasan, dalam bab ini menjelaskan tentang analisis pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian penuh terhadap umur Baterai VRLA
- BAB V : Penutup, Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Jasuan, "Comparative Analysis Applications Off-Grid PV System And On-Grid PV System For Households In Palembang," *2018 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci.*, pp. 253–258, 2015.
- [2] R. Azmi and H. Amir, "Ketahanan Energi : Konsep , Kebijakan dan Tantangan bagi Indonesia Arah Kebijakan Energi Nasional," *Bul. Info Risiko Fiskal Ed. 1*, 2014.
- [3] A. Lubis, "Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan," *J. Badan Pengkaj. dan Penerapan Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 23, 2007.
- [4] H. Hasan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, no. 2, pp. 169–180, 2012.
- [5] V. S. P. Tjok Gd, "Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem," in *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem*, 2000, p. 3.
- [6] M. Naim, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti," vol. 9, no. 1, pp. 27–32, 2017.
- [7] Tomi Engelbertus, "Perencanaa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak." .
- [8] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2017.
- [9] T. Instrument, "Battery Monitoring Basics." DALLAS, 2012.
- [10] J. Junaidi, K. H. Khwee, and A. Hiendro, "Migrasi Baterai Lithium dari Mode Otomotif ke Mode Penyimpan Energi untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Elkha*, vol. 8, no. 2, pp. 40–43, 2018.

- [11] R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Jur. Tek. Elektro Univ. Trisakti Jakarta Barat*, vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2014.
- [12] IEEE, *IEEE Recommended Practice for Maintenance , Testing , and Replacement of Valve-Regulated Lead- Acid (VRLA) Batteries for*, vol. 2005, no. February. 2006.