

SKRIPSI

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



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

**Oleh :
YUDHA SEKTY
03041381520077**

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

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

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



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

Oleh :
YUDHA SEKTY
03041381520077

Palembang, Oktober 2019

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


M. Abdurakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197106141999031005


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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yudha Sekty
NIM : 03041381520077
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Hubungan antara Pola Pengisian dan Pengosongan Baterai pada Kondisi Pengisian Kurang 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



Yudha Sekty

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 KURANG 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, kakak saya tercinta, 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. Ibu Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberi motivasi dan arahan selama menentukan matakuliah yang harus diambil.
7. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2015 Universitas Sriwijaya.
8. M. Ahdil Falach, M. Rezky Dermawan dan Royhan Ichsan Furqon sebagai rekan penelitian.
9. 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

ABSTRAK

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

(Yudha Sekty, 03041381520077, 2019, xvi + 38 hal. + lampiran)


Banyak negara telah menyadari pentingnya pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, batubara dan gas yang telah menimbulkan dampak yang sangat merusak bumi. Tenaga surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Penggunaan baterai sebagai media penyimpanan tenaga listrik perlu diperhatikan dengan baik dikarenakan baterai merupakan komponen yang paling rentan terhadap kerusakan dan memiliki harga yang paling tinggi dibandingkan dengan komponen yang lain. Pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian kurang diduga sangat berpengaruh terhadap umur baterai dalam hal ini berupa jumlah siklus (*Cycle Number*) baterai. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *battery management system* dan *capacity tester*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan grafik perbandingan waktu discharge baterai dan grafik laju penurunan kapasitas baterai yang menunjukkan perbedaan waktu discharge dikarenakan pengaruh suhu ruangan dan sensitivitas alat yang kurang baik. Grafik hubungan kapasitas baterai terhadap *cycle number* nya belum dapat terlihat dikarenakan waktu penelitian yang sangat terbatas.

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

ABSTRACT

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


(Yudha Sekty, 03041381520077, 2019, xvi + 38 pages + appendix)

Many countries have realized the importance of renewable energy sources utilization as an alternative for non-renewable energy such as petroleum, coal, and gas which has evoked very damaging effects on the earth. Solar power is an alternative energy that can be used to produce electricity. The usage of a battery as a media for electricity power storage needs to be considered well due to batteries are the most vulnerable to damage and have the highest price compared to the other components. The pattern of charging and discharging a battery in the undercharge condition presumed to be affecting the battery's life in this case is the cycle number of the battery. This research was done using a battery management system and capacity tester. Based on this research there was a comparison graph of battery discharge time and battery capacity reduction rate which showed the difference of discharge time due to the influence of room temperature and poorly device sensitivity. The relation between battery capacity and cycle numbers cannot be seen due to the limited research time.

Keywords: battery, battery management system, charge, discharge


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

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
NOMENKLATUR	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat penelitian	3
1.6 Metode Penulisan	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
2.2 Sistem Kelistrikan PLTS Off Grid.....	6
2.3 <i>Valve Regulated Lead – Acid Battery (VRLA)</i>	7
2.3.1 <i>Starting Battery</i>	8
2.3.2 <i>Deep Cycle Battery</i>	8
2.3.3 Keunggulan dan Kekurangan Baterai VRLA	8
2.4 <i>Battery Management System (BMS)</i>	9
2.4.1 Konsep <i>Battery Management System</i>	9

2.4.2 <i>State of Charge (SOC)</i>	10
2.4.3 <i>Depth of Discharge (DOD)</i>	11
2.4.4 <i>State of Health (SOH)</i>	12
2.4.5 Pengaruh Suhu terhadap SOC	12
2.4.6 Siklus Hidup (<i>Cycle Life</i>) Baterai	12
2.5 Pengukuran Kapasitas Baterai	13
2.5.1 Metode <i>Time-adjustment</i>	13
2.5.1.1 Penentuan Kapasitas.....	13
2.5.1.2 Faktor Suhu	14
2.5.2 Metode <i>Rate-Adjustment</i>	14
2.5.2.1 Penentuan Kapasitas.....	14
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	20
4.1.1 Pembebanan Harian (<i>Daily Load</i>)	20
4.1.2 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai	22
4.1.2.1 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 7 Agustus 2019	22
4.1.2.2 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 14 Agustus 2019	24
4.1.2.3 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 21 Agustus 2019	25
4.1.2.4 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 28 Agustus 2019	27
4.1.2.5 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 4 September 2019	28
4.1.2.6 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 11 September 2019	30
4.1.2.7 Grafik dan Perhitungan Kapasitas Baterai pada 18 September 2019	31
4.2 Hasil dan Pembahasan	33
BAB V	35
PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	35

DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya	5
Gambar 2.2 Komponen Baterai VRLA	7
Gambar 2.3 Hubungan antara SOC dan DOD	11
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 22 Agustus 2019.....	21
Gambar 4.2 Grafik 7 Agustus 2019.....	22
Gambar 4.3 Grafik 14 Agustus 2019.....	23
Gambar 4.4 Grafik 21 Agustus 2019.....	25
Gambar 4.5 Grafik 28 Agustus 2019.....	27
Gambar 4.6 Grafik 4 September 2019.....	28
Gambar 4.7 Grafik 11 September 2019.....	30
Gambar 4.8 Grafik 18 September 2019.....	31
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Waktu Discharge Baterai.....	33
Gambar 4.10 Grafik Laju Penurunan Kapasitas Baterai.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara tegangan dan SOC	11
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 7 Agustus 2019 sampai dengan 18 September 2019.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Data Sheet</i> Baterai VRLA LC-V127R2NA.....	39
Lampiran 2 Tabel Data Hasil Pengujian Pembebanan Harian 22 Agustus 2019	42
Lampiran 3 Tabel Data Hasil Pengujian Kapasitas Baterai.....	44
Lampiran 4 Gambar Proses Pengujian.....	113
Lampiran 5 Spesifikasi <i>Constant Current Electronic DC Load</i>	116
Lampiran 6 Lembar Hasil Plagiarisme	119
Lampiran 7 Lembar Berita Acara	122

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

Banyak negara telah menyadari pentingnya pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, batubara dan gas yang telah menimbulkan dampak yang sangat merusak terhadap bumi. Di banyak daerah pedalaman di Indonesia, solusi energi tidak terbarukan belum tersedia karena akses jaringan PLN belum ada ataupun masih sangat terbatas. Solusi energi terbarukan menjadi jawaban terhadap permintaan kebutuhan pembangunan desa di Indonesia [1].

Secara umum ada dua jenis sumber energi di dunia ini, yaitu yang terbarukan dan yang tidak. Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam dan tidak akan habis seperti matahari, angin dan air [2]. Secara umum pemanfaatan energi terbarukan masih relatif kecil. Hal ini disebabkan berbagai faktor seperti tingginya biaya investasi, birokrasi dan harga jual produk akhir energi terbarukan yang lebih tinggi dibandingkan dengan energi fosil [3].

Tenaga surya merupakan salah satu contoh yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik ini digolongkan menjadi *Off Grid System* dan *On Grid System*. *Off Grid system* merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang biasa digunakan di daerah terpencil atau pedesaan yang belum terjangkau oleh jaringan PLN. Pembangkit ini memiliki beberapa komponen utama seperti modul surya, *controller*, *inverter* dan baterai [4]. Penggunaan baterai sebagai media penyimpanan tenaga listrik perlu diperhatikan dengan baik dikarenakan baterai merupakan komponen yang paling rentan terhadap kerusakan dan memiliki harga yang paling tinggi dibandingkan dengan komponen yang lain [5].

Pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian kurang (*Under Charge*) diduga sangat berpengaruh terhadap umur baterai dalam hal ini

berupa jumlah siklus (*Cycle Number*) baterai. Maksud dari pengisian kurang tersebut adalah kondisi dimana satu hari pengisian penuh digunakan pada malam hari dan dibiarkan kosong sampai hari ketiga. Dengan menggunakan parameter *State of Charge* (SOC) atau *Depth of Discharge* (DOD) untuk mengindikasikan level atau tingkat pengisian daya dan *State of Health* (SOH) yang merupakan sebuah kondisi baterai melalui beberapa macam pengukuran terhadap baterai, diharapkan dapat mengoptimasi penggunaan baterai agar tidak cepat rusak. Untuk itu diperlukan studi yang berkaitan dengan pengisian dan pengosongan baterai agar dapat mengetahui umur suatu baterai dan dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian komponen.

Ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan masalah penggunaan baterai seperti pada jurnal "*Comparative Analysis of Applications Off-Grid PV System and On-Grid PV System for Households in Indonesia*" yang ditulis oleh Aryulius Jasuan, Zainuddin Nawawi, Hazairin Samaulah dan jurnal "*Sulfation in Lead-Acid Batteries*" yang ditulis oleh Henry A. Catherino, Fred F. Feres dan Francisco Trinidad. Dalam jurnal tersebut membahas masalah yang menyebabkan kegagalan pada baterai sehingga dibutuhkan pemeliharaan dan perawatan agar baterai tidak cepat rusak. Sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian komponen baterai [6] [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka disusun penelitian yang berjudul "Hubungan antara Pola Pengisian dan Pengosongan Baterai pada Kondisi Pengisian Kurang terhadap Umur Baterai VRLA".

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian pengaruh pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi kurang 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 sebagai berikut :

1. Mensimulasikan proses pengisian dan pengosongan baterai dengan menggunakan pola pengisian kurang.
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

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari hubungan antara pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian kurang terhadap umur baterai sehingga dapat mengoptimasi penggunaan baterai agar tidak cepat rusak

Secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh pola pengisian dan pengosongan pada kondisi kurang terhadap laju penurunan kapasitas baterai.
- b. Mengetahui grafik hubungan antara kapasitas baterai dan *cycle number*.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

- a. Dapat mengetahui pengaruh pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian kurang terhadap umur baterai.
- b. Dapat mengurangi biaya untuk perawatan dan penggantian komponen khususnya baterai.

1.6 Metode Penulisan

Metode yang digunakan pada penulisan Tugas Akhir (TA) 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 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, berisi tentang pengertian dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya, komponen penyusun Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Baterai VRLA dan faktor – faktor yang mempengaruhi umur suatu 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 kurang terhadap Baterai VRLA.

BAB IV : Pembahasan, dalam bab ini menjelaskan tentang analisis pola pengisian dan pengosongan baterai pada kondisi pengisian kurang terhadap umur Baterai VRLA.

BAB V : Penutup, dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Dalam Negeri, *Energi yang Terbarukan*. Contained Energy Indonesia, 2011.
- [2] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, *Outlook Energi Indonesia 2014*. Dewan Energi Nasional, 2014.
- [3] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, *Outlook Energi Indonesia 2004: Pengembangan Energi untuk Mendukung Program Substitusi BBM*. Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi (PTPSE), 2014.
- [4] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTS Off-Grid*. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, 2017.
- [5] A. Jasuan, Z. Nawawi, and H. Samaulah, "Comparative Analysis of Applications Off-Grid PV System and On-Grid PV System for Households in," *2018 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci.*, 2018.
- [6] A. Jasuan and A. H. Dalimunthe, "Analisa Penggunaan Buck Converter LM 2596 terhadap Akurasi Pengukuran Kapasitas Baterai," *Semin. Nas. AVoER X 2018*, 2018.
- [7] H. A. Catherino, F. F. Feres, and F. Trinidad, "Sulfation in lead-acid batteries," *J. Power Sources*, vol. 129, pp. 113–120, 2003.
- [8] U. W. G. A. Anggara, I. N. . Kumara, and I. A. . Giriantari, "Studi terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 KW di Universitas Udayana," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 1, 2014.
- [9] Jatmiko, H. Asy'ari, and M. Purnama, "Pemanfaatan Sel Surya dan Lampu LED untuk Perumahan," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap. 2011 (Semantik 2011)*, 2011.
- [10] M. Naim, "Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS Off Grid 1000 Watt di Desa Mahalona Kecamatan Towuti," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, 2017.

- [11] A. Rahayuningtyas, S. I. Kuala, and F. Apriyanto, "Studi Perencanaan PLTS Skala Rumah Sederhana di Daerah Pedesaan sebagai Pembangkit Listrik Alternatif untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan dan Energy Terbarukan," *Pros. SNaPP2014 Sains, Teknol. dan Kesehat.*, 2014.
- [12] P. Hanna, "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)," Universitas Indonesia, 2012.
- [13] R. Alfanz, F. Maulana, and H. Haryanto, "Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal," *SETRUM*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [14] M. T. Afif and I. A. 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, 2015.
- [15] T. Instruments, "Battery Monitoring Basics." Dallas, 2012.
- [16] A. Chandratre, H. Saini, S. H. Vemuri, and M. B. Srinivas, "Battery Management System for E-Bike : A Novel Approach to Measure Crucial Battery Parameters for a VRLA Battery," *IEEE*, 2011.
- [17] C. Gibson, "An in depth analysis of the maths behind Peukert," *SmartGauge Electronics*, 2013. [Online]. Available: http://www.smartgauge.co.uk/peukert_depth.html. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [18] S. Battery and P. Engineering, *IEEE Std 1188TM-2005, IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications*. IEEE, 2006.