

SKRIPSI

Kaji Eksperimental Stabilitas Kinerja Baterai pada *Solar Renewable Energy System* Menggunakan Metode *Current Multiple* dan Hukum *Kirchoff 1*



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

Oleh :

MUHAMMAD BAYU AKBAR

03041381520066

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Kaji Eksperimental Stabilitas Kinerja Baterai pada *Solar Renewable Energy System* Menggunakan Metode *Current Multiple* dan Hukum *Kirchoff* 1



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

MUHAMMAD BAYU AKBAR
03041381520066

Indralaya, Februari 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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



Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP : 196411031995121001

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 : Ir. Armin Sofijan, M.T.

Tanggal : _____/_____/_____

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Bayu Akbar
NIM : 03041381520066
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Kaji Eksperimental Stabilitas Kinerja Baterai pada *Solar Renewable Energy System* Menggunakan Metode *Current Multiple* dan Hukum *Kirchoff 1*

Hasil Pengecekan

Software *iThenticate/ Turnitin*: 18 %

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya 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.

Indralaya, Februari 2020

Muhammad Bayu Akbar
NIM. 03041381520066

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Kaji Eksperimental Stabilitas Kinerja Baterai pada Solar Renewable Energy System Menggunakan Metode Current Multiple dan Hukum Kirchoff 1*". Serta shalawat dan salam selalu tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarga dan para sahabat.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kerjasama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Herlina, S.T., M.T., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Baginda Oloan siregar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak Ir. Armin Sofijan, M.T. selaku Dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta nasihat selama pengerjaan skripsi.
7. Bapak Ir. Hairul Alwani H A, M.T., Ibu Hj. Ike Bayusari, S.T.,M.T., Ibu Hj. Hermawati, S.T.,M.T., Ibu Caroline, S.T., M.T., dan Ibu Hj. Rahmawati, S.T.,M.T., selaku dosen penguji yang telah memberi ilmu, bimbingan, motivasi dan arahan selama pengerjaan skripsi.
8. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu yang Insya Allah Bermanfaat dan Staf Jurusan Teknik Elektro Unsri Bu Diah, Bpk.

Slamet, Bpk. Ruslan, Bpk. Rusman yang telah banyak membantu selama perkuliahan.

9. Seluruh keluarga besar saya terutama ibu, ayah, kakak dan adik - adik saya yang telah mendukung saya baik usaha maupun doa.
10. Teman satu atap Ilham Nataya, Ikhfar Adnan, Akbar Anugerah, Tomy Akbar, Reysah F, Ridwan sanny, bang dimas, bang adrian harahab, bang bejok, bang juanda, bang doan, bang noval, bang agung, bang ari, bang dezar, bang ali. Yang sering memberi saran dan menerima keluhan kesah.
11. Teman Aliansi Laboratorium Musahab khorri, Abeng, Iqbal, Qolbi, Akbar Padjri, Sella, Esa, Radius, kak Rian PJS, kak Liga, kak M. Destriandi, kak Yogi alkahfi, kak Yofen, kak Laga, kak Rian mahmudin, kak Indra. Yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
12. Teman-teman Ikatan Mahasiswa Bumi Raflesia yang selalu menanyakan kabar dan memberikan dorongan.
13. Teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Terima Kasih.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

Indralaya, Februari 2020

Penulis

ABSTRAK

Kaji Eksperimental Stabilitas Kinerja Baterai pada *Solar Renewable Energy System* Menggunakan Metode *Current Multiple* dan Hukum *Kirchoff 1*
(Muhammad Bayu Akbar, 03041381520066, 2020, 45 halaman)

Battery management System (BMS) ini berfungsi untuk meningkatkan arus yang digunakan pada pengisian baterai, alat BMS ini bekerja sebagai *charger* untuk *me-looping* energi pada keluaran baterai. *Battery management system* ini bekerja dengan bantuan dari komponen *current booster*. BMS ini bekerja saat tegangan baterai berada diatas 11 volt. Dalam penelitian ini digunakan empat sampel beban lampu dengan variasi 25 W, 50 W, 75 W, dan 100 W. Pada saat pengambilan data dilakukan perbandingan antar pembebanan baterai dengan menggunakan BMS dan tanpa BMS. Penggunaan BMS ini dilakukan untuk mengatur stabilitas dari pengisian baterai yang mana pada saat tegangan baterai berada pada tegangan 11,0 Vdc maka proses pengisian dari BMS akan dihentikan untuk menjaga stabilitas kinerja dari baterai yang digunakan. Dari hasil pembebanan baterai dengan *looping* dan tanpa *looping* didapatkan hasil perbedaan waktu yaitu, pembebanan 25 Watt didapatkan selisih waktu selama 3 menit 43 detik, saat pebebanan 50 Watt didapatkan selisih waktu 2 menit 6 detik, kemudian pembebanan 75 Watt didapatkan selisih waktu 1 menit 42 detik, dan untuk pembebanan 100 Watt didapatkan selisih waktu 48 detik. selisih waktu tersebut yang membuat baterai yang *di-looping* dapat menjaga *realtime* baterai lebih lama.

Kata kunci: baterai, BMS, *current booster*, *Looping*, *realtime*.

Indralaya, Februari 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Ir. Armin Sofijan, M.T.

NIP : 196411031995121001

ABSTRACT

Review experimental stability of battery performance on Solar Renewable Energy System using the Current Multiple method and Kirchoff Law 1 (Muhammad Bayu Akbar, 03041381520066, 2020, 45 pages)

This battery management System (BMS) serves to increase the current used on battery charging, the BMS tool works as a charger to looping the energy on the battery output. This Battery management system works with the help of current booster components. This BMS works when the battery voltage is above 11 volts. In this study used four samples of lamp loads with a variation of 25 W, 50 W, 75 W, and 100 W. At the time of data retrieval the comparison between the loading of the battery using BMS and without BMS. The use of this BMS is to regulate the stability of the battery charging which when the battery voltage is at the voltage of 11.0 VDC then the peroses charging of the BMS will be discontinued to maintain the stability of the performance of the battery used. From the result of battery loading with looping and without looping obtained the time difference that is, the loading of 25 Watt is obtained time difference for 3 minutes 43 second, when the load 50 Watt obtained a time difference 2 minutes 6 seconds, then loading 75 Watt Obtained a time difference of 1 minute 42 second, and for the loading 100 Watt obtained a time difference of 48 sec. Such time difference that makes the battery is dilooing can keep the battery realtime longer.

Keywords: battery, BMS, current booster, Looping, realtime

Indralaya, Februari 2020

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**



Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP : 196411031995121001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
NOMENKLATUR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	5
2.2. Fotovoltaik	5
2.3. Komponen – Komponen PLTS	5
2.3.1. <i>Solar Cell</i>	6
2.3.2. <i>Solar Charge Controller</i>	6
2.3.3. Baterai (Aki)	6

2.3.4. Inverter.....	6
2.4. Prinsip Kerja PLTS	6
2.5. Inverter	7
2.6. Prinsip Kerja Inverter	11
2.7. Komponen Inverter.....	12
2.7.1. Transistor	12
2.7.2. Resistor	13
2.7.3. Kapasitor.....	14
2.7.4. Dioda Bridge.....	15
2.7.5. <i>Integrated Circuits (IC) SG3524</i>	17
2.7.6. Transformator	17
2.8. SPWM (<i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>).....	19
2.9. Pembangkit Bipolar PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	19
2.10. Osilator EGS002.....	19
2.11. <i>Low Pass Filter (LPF)</i>	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian.....	21
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3. Alat dan Bahan	22
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.5. Diagram Blok Penelitian	24
3.6. Langkah – langkah Penelitian	24
3.7. Rangkaian Inverter 1 Fasa Kapasitas 1300 VA.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum.....	27
4.2. Pembahasan Baterai	27
4.3. Pembahasan Inverter	28
4.3.1. Osilator	29
4.3.2. Mosfet H Bridge	29

4.3.3. <i>Low Pass Filter</i>	30
4.3.4. Transformator	30
4.4. Pengujian Inverter	30
4.4.1. Gelombang Keluaran Inverter	30
4.4.2. Pengujian Dengan Beban.....	31
4.5. Data Hasil Pengujian	31
4.5.1. Data Pengujian Beban Pada Inverter 1300 VA Sinusoidal	30
Dengan Penambahan Kapasitor 1,5 uF ± 5 %.	
4.5.2. Data Pengujian Beban Pada Inverter 1300 VA Sinusoidal	33
Dengan Penambahan Kapasitor 0,75 uF ± 5 %.	
4.5.3. Data Pengujian Gelombang Keluaran Inverter.....	35
4.6. Analisa Hasil Pengujian	37
4.7. Analisa Hasil Penelitian	38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Buck Converter	7
Gambar 2.2.	Boost Converter	8
Gambar 2.3.	Buck Boost Converter	9
Gambar 2.4.	Transistor	9
Gambar 2.5.	Panel surya berdasarkan bahan	11
Gambar 2.6.	Monocrystalline silocon	11
Gambar 2.7.	Polycrystalline silicon.....	12
Gambar 2.8.	Thin film	12
Gambar 2.9.	Solar charge controller.....	13
Gambar 2.10.	Bagan jenis-jenis baterai.....	15
Gambar 2.11.	Inverter.....	21
Gambar 2.12.	Arduino nano	22
Gambar 2.13.	Arduino mega	23
Gambar 2.14.	Arduino uno	24
Gambar 2.15.	Arus masuk dan keluar	25
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2.	Blog diagram sistem PLTS sesuai yang direncanakan.....	31
Gambar 3.3.	Rangkaian Current Booster	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Waktu penelitian	26
Tabel 3.2.	Peralatan dan Bahan	28
Tabel 4.1.	Data percobaan sistem looping dengan beban 25	33
Tabel 4.2.	Data percobaan sistem looping dengan beban 50	35
Tabel 4.3.	Data percobaan sistem looping dengan beban 75	37
Tabel 4.4.	Data percobaan sistem looping dengan beban 100	38
Tabel 4.5.	Pembebanan baterai tanpa looping	40
Tabel 4.6.	Pembebanan baterai dengan looping	40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1.	Arus dan tegangan dengan beban 25 Watt	35
Grafik 4.2.	Arus dan tegangan dengan beban 50 Watt	37
Grafik 4.3.	Arus dan tegangan dengan beban 75 Watt	38
Grafik 4.4.	Arus dan tegangan dengan beban 100 Watt	39
Grafik 4.5.	Perbandingan waktu pembebanan baterai	41

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Rangkaian Current Booster
- Lampiran 2.** Coding Data Logger
- Lampiran 3.** Pembebanan Baterai tanpa Looping
- Lampiran 4.** Pembebanan Baterai dengan Looping
- Lampiran 5.** Gambar Pengujian

NOMENKLATUR

- P_{out} : Daya keluaran panel surya (Watt)
- V_{oc} : Tegangan *open circuit* (Volt)
- I_{sc} : Arus *short circuit* (Ampere).

P	: Daya (watt)
V	: Tegangan (Volt)
I	: Arus (Ampere)
t	: Satuan Waktu (time)
V_{baterai}	: Tegangan Baterai (volt)
C_{baterai}	: Kapasitas Baterai (Ah)
C	: Kapasitor
D	: Dioda
L	: Induktor
Q	: Transistor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Baru Terbarukan atau disingkat EBT adalah energi berkelanjutan yang bersumber dari alam, seperti cahaya matahari, air, angin dan energi termal sebagai sumber energi listrik alternatif, dikarenakan energi konvensional bahan bakunya semakin menipis dan pembangkit listrik konvensional menimbulkan polusi udara, pencemaran lingkungan, serta gangguan lain pada daerah sekitar. Maka dikarenakan hal tersebut perlu adanya pengembangan serta kombinasi dengan sistem pemanfaat energi yang telah ada untuk melakukan atau menunjang penggunaan listrik dalam skala kecil[1]. Seperti penerapan pada energi cahaya matahari itu memerlukan beberapa komponen agar dapat langsung dirasakan dalam penggunaan rumah tangga, seperti *battery*, *solar panel*, *Solar charge control*, dan inverter. Dan dengan penambahan suatu sistem pada daya yang dihasilkan kita dapat *me-looping* energi dengan bantuan modul *current booster* agar arus dari daya yang dihasilkan dapat ditingkatkan agar daya yang dihasilkan inverter dapat digunakan untuk *men-charge* baterai.[2], [3].

Baterai dibutuhkan dalam proses pemanfaatan energi panas matahari yang diubah menjadi listrik dengan panel surya, baterai dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, yang nantinya dapat digunakan saat dalam keadaan matahari yang sedang tidak muncul dikarenakan rotasi bumi yang menyebabkan pergantian siang dan malam hal lain seperti musim penggujan yang menghalangi cahaya matahari. Dan untuk meningkatkan produksi listrik yang dihasilkan saat matahari jarang muncul maka dibuatlah *looping system* agar baterai tetap bisa terisi meskipun matahari jarang muncul ataupun temperatur

yang dihasilkan dari radiasi matahari belum dapat untuk membuat panel surya bekerja [4], [5].

Komponen seperti *current booster converter* ini dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan nilai arus dengan tegangan yang sama, modul ini agar dapat digunakan untuk melakukan perbaikan sistem pengecasan pada baterai yang mana tegangan yang dihasilkan dengan modul *current booster* ini akan dialirkan ke *solar charge control*[6], [7].

Dalam pemanfaatan menggunakan energi termal matahari dibutuhkan inverter dalam pengubahan energi matahari yang telah disimpan ke dalam baterai ataupun penggunaan langsung, inverter berguna untuk mengubah tegangan DC ke AC agar dapat digunakan dalam peralatan rumah tangga yang mana di Indonesia peralatan rumah tangga banyak menggunakan tegangan AC 220 V [8].

Saat penerapan sistem kelistrikan maka sangat dibutuhkan dengan yang namanya alat kontrol, dalam hal ini Arduino merupakan alat kontrol untuk yang bisa untuk menunjang kontrol dalam sistem kelistrikan skala kecil yang mana dikatakan bahwa Arduino adalah platform sumber terbuka, yang digunakan untuk mengontrol sistem pencatatan dari sistem yang diusulkan. Arduino adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Ini terdiri dari 14 pin input / output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, koneksi USB, soket daya, osilator kristal 16MHz, header ICSP, dan tombol reset, dari alat yang akan dibuat pada penelitian tugas akhir ini pengukuran akan dilakukan langsung dan tidak langsung dengan bantuan dari perangkat arduino ini[9].

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian panel surya sebelum pemanfaatan baterai untuk hanya menyimpan daya listrik dan digunakan pada saat malam hari atau saat matahari tidak muncul, kemudian pada penelitian mobil yang menggunakan panel surya ada energi yang bisa dihasilkan untuk di *looping* kembali menjadi energi listrik yang digunakan untuk pengisian baterai seperti dari energi listrik yang dihasilkan

alternator [10][11], maka dengan hal ini energi yang didapatkan dari panel surya akan di *looping* untuk membuat stabilitas kinerja pada baterai dan juga dalam sistem yang telah ada baterai biasanya hanya akan bekerja saat matahari muncul dari hal inilah kita perlu menambahkan sistem *loop*, maka terdapat beberapa hal yang menjadi masalah yaitu didalam penerapan dari sistem *looping energy* dari *charge* baterai yang akan dibuat didapatkan beberapa hal yang akan sulit dilakukan tanpa alat kontrol seperti dalam pengisian baterai kita harus dapat mengukur ukuran baterai itu sudah penuh atau belum lalu jika sudah penuh pengisiannya maka harus di stop dan juga untuk mensinkronkan antar pengisian baterai dengan sistem *looping* disini saya menggunakan bantuan modul *current booster converter* sebagai komponen untuk membuat *looping energy* dan tenaga surya ini digunakan sebagai sumber utama energi penyokong daya pada baterai agar dapat menerapkan sistem *looping energy* ini maka dari hal ini untuk membuat tambahan kontrol untuk mempermudah pengukuran dengan perangkat kontrol Arduino dapat digunakan agar pengukuran dapat dilakukan dengan cara langsung dan tidak langsung[12], [13][14]. Dari permasalahan diatas didapatkan bahwa penulis ingin melakukan penghematan energi dengan *me-looping* energi untuk mengetahui kestabilan dari kinerja baterai, kemudian penulis ingin menambahkan bahwa dalam hal ini Arduino dapat di lakukan untuk mencatat jejak dari proses pengecasan baterai agar mempermudah dalam mengawasi proses pengisian baterai[15]–[18].

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang sistem energy looping pada charging baterai pembangkit listrik tenaga surya.
2. Mengetahui stabilitas dan perbandingan kinerja baterai dari sistem *energy looping* untuk pemakaian energi yang tidak terbarukan (fosil) sebagai sumber energi alternatif.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membuat penjelasan tugas akhir ini secara terperinci maka ruang lingkup penelitian yang dipaparkan, yaitu:

1. Desain sistem energy looping menggunakan modul *current booster*.
2. *Datalogger* mengukur dan mencatat tegangan, dan arus yang dihasilkan dari sistem *energy looping* pada baterai.
3. Pengambilan data penelitian dilakukan dalam waktu 2 minggu.
4. Mengukur real time baterai
5. Pengambilan data menggunakan baterai VRLA dengan kapasitas 7.2 Ah
6. Pengambilan data tegangan baterai saat looping dibatasi sampai tegangan baterai sampai 11.0 v
7. Pengukuran Pembebanan baterai dengan ataupun tanpa looping di akhiri saat tegangan baterai mencapai 10.6 v

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dimulai dari pembahasan secara umum sampai dengan ke pembahasan inti, oleh sebab itu sistematika penulisan yang digunakan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSAKA

Bab ini menguraikan tentang dasar teori yang berhubungan mengenai penelitian yang akan di bahas.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang langkah-langkah penelitian yang hendak dicapai, meliputi tempat, metode pengambilan data dan juga pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini berisi tentang data-data dari pembahasan dan analisis setelah dilakukan observasi kelayakan sistem charging baterai dari Pembangkit Listrik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini memaparkan hasil pembahasan menjadi kesimpulan serta saran untuk keseluruhan penulisan sekaligus bab penutup.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm," *J. IPTEK*, vol. 19, pp. 75–91, 2015.
- [2] P. Kaur, S. Jain, and A. Jhunjhunwala, "Solar-DC deployment experience in off-grid and near off-grid homes: Economics, technology and policy analysis," *2015 IEEE 1st Int. Conf. Direct Curr. Microgrids, ICDCM 2015*, pp. 26–31, 2015.
- [3] N. Degrenne *et al.*, "Self-starting DC:DC boost converter for low-power and low-voltage microbial electric generators," *IEEE Energy Convers. Congr. Expo. Energy Convers. Innov. a Clean Energy Futur. ECCE 2011, Proc.*, no. October, pp. 889–896, 2011.
- [4] D. Mohapatra, S. Padhee, and J. Jena, "Design of Solar Powered Battery Charger: An Experimental Verification," *2018 IEEE Int. Students' Conf. Electr. Electron. Comput. Sci. SCEECS 2018*, pp. 1–5, 2018.
- [5] E. C. Pavlis *et al.*, "El Niño effects on earth rotation parameters from LAGEOS and LARES orbital analysis," *Conf. Proc. - 2017 17th IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2017 1st IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. IEEEIC / I CPS Eur. 2017*, 2017.
- [6] M. Su, Z. Zhao, Q. Zhu, and H. Dan, "A converter based on energy injection control for AC-AC, AC-DC, DC-DC, DC-AC conversion," *Proc. 13th IEEE Conf. Ind. Electron. Appl. ICIEA 2018*, vol. 2, no. c, pp. 1394–1398, 2018.
- [7] Q. Zheng, W. Lin, S. Liu, and N. Wu, "A Novel Single-Stage Bridgeless Boost&Buck PFC Converter," pp. 2–6, 2014.
- [8] S. Ghosh, K. Sarkar, D. Maiti, and S. K. Biswas, "A Single-Phase Isolated Z-Source Inverter," pp. 339–342, 2016.
- [9] O. Nabil, B. Bachir, and A. Allag, "Implementation of a new MPPT

Technique for PV systems using a Boost Converter driven by Arduino MEGA,” *Proc. - Int. Conf. Commun. Electr. Eng. ICCEE 2018*, pp. 1–5, 2019.

- [10] S. Sadagopan, S. Banerji, P. Vedula, M. Shabin, and C. Bharatiraja, “A Solar Power System for Electric Vehicles with Maximum Power Point Tracking for Novel Energy Sharing,” *Proc. - 2014 Texas Instruments India Educ. Conf. TIIEC 2014*, pp. 124–130, 2017.
- [11] A. Virgono, R. E. Saputra, F. T. Elektro, and U. Telkom, “DESAIN RANGKAIAN ENERGI LOOP PADA MOBIL LISTRIK CATU DAYA PENGISIAN OTOMATIS,” vol. 5, no. 1, pp. 991–1004, 2018.
- [12] S. Radhakrishnan, L. V. Venugopal, and M. Vanitha, “Hardware implimentation of linear current booster for solar pumping applications,” *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 1124–1126, 2016.
- [13] T. Saragih, “Design of photovoltaic linear current booster and current multiple circuit for running dc water pump,” vol. 2, no. 5, pp. 13–16, 2016.
- [14] G. H. Min and J. I. Ha, “Inner supply data transmission of resonant flyback converters using multiplexing mode in battery chargers application,” *2017 IEEE 18th Work. Control Model. Power Electron. COMPEL 2017*, 2017.
- [15] Z. J. Yu, K. C. Fisher, B. M. Wheelwright, R. P. Angel, and Z. C. Holman, “PVMirror: A New Concept for Tandem Solar Cells and Hybrid Solar Converters,” *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 5, no. 6, pp. 1791–1799, 2015.
- [16] D. Ciarlini Chagas Freitas, J. Lopes De Moraes, E. Cavalcanti Neto, and J. R. B. Sousa, “Battery Charger Lead-Acid using IC BQ2031,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 1, pp. 32–37, 2016.
- [17] S. Uprety and H. Lee, “A 93%-power-efficiency photovoltaic energy harvester with irradiance-aware auto-reconfigurable MPPT scheme achieving >95% MPPT efficiency across 650 μ W to 1W and 2.9ms FOCV MPPT transient time,” *Dig. Tech. Pap. - IEEE Int. Solid-State Circuits Conf.*, vol. 60, pp. 378–379, 2017.
- [18] W. Wu, J. Ji, and F. Blaabjerg, “Aalborg inverter - A new type of ‘buck in buck, boost in boost’ grid-tied inverter,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol.

30, no. 9, pp. 4784–4793, 2015.

- [19] M. Zehendner and M. Ulmann, *Power Stage Topology Reference Guide*. 2019.
- [20] X. Zhang, H. Ren, S. Pyo, J. I. Lee, J. Kim, and J. Chae, “A high-efficiency DC-DC boost converter for a miniaturized microbial fuel cell,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 30, no. 4, pp. 2041–2049, 2015.
- [21] H. Hasan, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, pp. 169–180, 2012.
- [22] M. K. Singh, S. Sajwan, and N. S. Pal, “Solar assisted advance smart home automation,” *IEEE Int. Conf. Information, Commun. Instrum. Control. ICICIC 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2018.
- [23] A. H. ME and H. uda; Alwani HA, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Energi Angin dan Surya di Gedung Batu Bara Universitas Sriwijaya Inderalaya Sumatera Selatan.”
- [24] A. Mohammad Bagher, “Types of Solar Cells and Application,” *Am. J. Opt. Photonics*, vol. 3, no. 5, p. 94, 2016.
- [25] D. K. S. E. S. R. Shakya, “Training Manual for Engineers on Solar PV System,” no. July 2011, pp. 1–244, 2016.
- [26] I. Hiskens, “Energy storage systems,” pp. 3073–3074, 2015.
- [27] Anonim, *Battery Chargers and Charging Methods*. <http://www.mpoweruk.com/chargers.htm> 2005.
- [28] FEBRIANTO, “Perbedaan Arduino Uno dan Arduino Nano.” .
- [29] Wikikomponen, “Pengertian, Fungsi, Cara Kerja Dan Hal Berkaitan Dengan Arduino.” .
- [30] J. David Irwin. ; R. Mark Nelms, *Basic Engineering Circuit Analysis*, 11th ed. Courier-Kendallvill, 2015.