

**ANALISIS PERBANDINGAN *INTEGRATED PERFORMA*
BATERAI VRLA 20 Ah DENGAN BATERAI *LITHIUM-ION* 20
Ah PADA *PHOTOVOLTAIC SYSTEM***

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

MUHAMMAD KEMAL ALFARIDZI

3332170092

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Analisis Perbandingan *Integrated Performa* Baterai
VRLA 20 Ah dengan Baterai *Lithium-ion* 20 Ah pada
Photovoltaic System.
Nama Mahasiswa : Muhammad Kemal Alfaridzi
NPM : 3332170092
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa Sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 25 Juli 2024



Muhammad Kemal Alfaridzi
3332170092

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut:

Judul : Analisis Perbandingan *Integrated Performa* Baterai
VRLA 20 Ah dengan Baterai *Lithium-ion* 20 Ah pada
Photovoltaic System,
Nama Mahasiswa : Muhammad Kemal Alfaridzi
NPM : 3332170092
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada 25 Juli 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas
Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS** /

~~**TIDAK LULUS**~~

Dewan Penguji

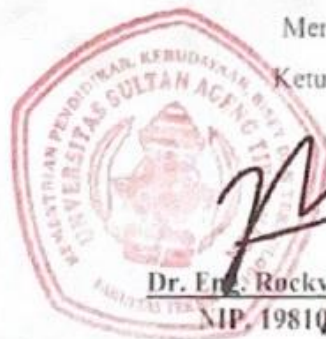
Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
Penguji I : Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.
Penguji II : Felycia, S.T., M.T.

Tanda Tangan


.....


Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
NIP. 198105282010121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi. Penulis menyadari, bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Adapun penulis sampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang telah memberikan semangat, motivasi, dan doa yang tak terhingga nilainya.
2. Dr. Eng. Rocky Alfanz, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan semangat, saran dan kritik.
4. Dr. Eng. Rocky Alfanz, M.sc., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan banyak waktu serta memberikan arahan, saran dan bimbingan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi.
5. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan ilmu serta pendidikan yang bermanfaat serta teman-teman yang telah banyak membantu saya berupa semangat, kritik, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kekeliruan di dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, 25 Juli 2024

Penulis

ABSTRAK

Muhammad Kemal Alfaridzi
Teknik Elektro

Analisis Perbandingan *Integrated* Performa Baterai VRLA 20 Ah dengan Baterai *Lithium-ion* 20 Ah pada *Photovoltaic System*.

Penelitian ini membandingkan performa baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) 20 Ah dengan baterai *lithium-ion* 20 Ah dalam sistem *photovoltaic*, mengingat pentingnya energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi saat cadangan bahan bakar fosil menipis. 87% wilayah Indonesia memiliki listrik masih ada 8,5 juta orang tanpa akses. *Photovoltaic* menawarkan solusi, tetapi *photovoltaic* membutuhkan sistem penyimpanan energi yang efektif. Baterai VRLA dan *lithium-ion* adalah dua pilihan utama, masing-masing kelebihan dan kekurangan dalam hal biaya, kepadatan energi, dan umur siklus. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan performa, keandalan, dan efisiensi kedua jenis baterai dalam proses pengisian dan pengosongan. Metode yang digunakan melibatkan pengukuran SOC (*State of Charge*) menggunakan sensor arus dan tegangan, serta metode perhitungan *Coulomb Counting* dimodifikasi untuk estimasi SOC yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai VRLA mengalami penyusutan 10% dengan nilai *charging* rata-rata 90603,9 A dan *discharging* 85834,3 A, baterai *lithium-ion* memiliki umur siklus lebih lama dan tingkat DOD (*Depth of Discharge*) lebih rendah antara 30% dan 40%. Metode *Coulomb Counting* menunjukkan arus menurun dari 18000 mA menjadi 4000 mA dan tegangan turun dari 13,2 V menjadi 11,0 V, menunjukkan baterai *lithium-ion* memiliki efisiensi lebih tinggi dan siklus hidup lebih panjang dibandingkan VRLA, meskipun VRLA menunjukkan performa stabil dalam kondisi tertentu.

Kata Kunci: Baterai, VRLA, *Lithium-ion*, *Photovoltaic*, SOC

ABSTRACT

Muhammad Kemal Alfaridzi
Electrical Engineering

Analysis of Comparative Integrated Performance of 20 Ah VRLA Battery with 20 Ah Lithium-ion Battery in *Photovoltaic Systems*.

This research compares the performance of a 20 Ah VRLA (Valve Ragulated Lead Acid) battery with a 20 Ah lithium-ion battery in a photovoltaic system, considering the importance of renewable energy to meet energy needs when fossil fuel reserves are running low. 87% of Indonesia has electricity and there are still 8.5 million people without access. Photovoltaics offer a solution, but they require an effective energy storage system. VRLA and lithium-ion batteries are the two main choices, each with advantages and disadvantages in terms of cost, energy density, and cycle life. This research aims to analyze the differences in performance, reliability and efficiency of the two types of batteries in the charging and discharging process. The method used involves measuring SOC (State of Charge) using current and voltage sensors, as well as a modified Coulomb Counting calculation method for accurate SOC estimation. The research results show that VRLA batteries experience a depreciation of 10% with an average charging value of 90603.9 A and discharging 85834.3 A, lithium-ion batteries have a longer cycle life and a lower DOD (Depth of Discharge) level of between 30% and 40%. The Coulomb Counting method shows the current decreases from 18000 mA to 4000 mA and the voltage decreases from 13.2 V to 11.0 V, indicating that lithium-ion batteries have higher efficiency and longer cycle life than VRLA, although VRLA shows stable performance under conditions certain.

Keywords: Battery, VRLA, Lithium-ion, Photovoltaic, SOC

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Battery Array</i> pada Sistem <i>Photovoltaic</i>	7
2.2 Klasifikasi Baterai pada <i>Battery Array</i>	7
2.3 Performa baterai VRLA.....	8
2.4 Performa Baterai <i>Lithium-ion</i>	8
2.5 Modul Surya	9
2.6 <i>Monocrystalline</i>	10
2.7 <i>Solar Charge Controller</i>	10
2.8 Karakteristik Baterai <i>Lithium-ion</i>	11
2.9 Parameter Baterai.....	12
2.10. Klasifikasi Baterai	13
2.11. Baterai <i>Lithium-ion</i>	13
2.12 Karakteristik Baterai VRLA	14
2.13 Syarat Teknis Baterai.....	15
2.14 Metode Analisis <i>State of Charge</i>	16

2.15 Kajian Pustaka	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Perancangan Penelitian	20
3.1.1 Diagram Alir Sistem <i>Data Logger</i>	20
3.1.2 Diagram Blok Sistem <i>Data Logger</i>	21
3.2 Perancangan Sistem	22
3.2.1 Rangkaian <i>Input</i> Sistem <i>Data Logger</i>	23
3.2.2 Rangkaian <i>Output</i> Sistem <i>Data Logger</i>	24
3.3 Perancangan Pengolahan Data	24
3.4 Spesifikasi dan Konfigurasi Baterai	26
3.4.1 Baterai <i>Lithium-ion</i>	26
3.4.2 Baterai <i>Valve Regulated Lead Acid</i> (VRLA)	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Perancangan Alat	28
4.2 Pengujian Parsial	29
4.2.1 Pengujian Sensor Tegangan	30
4.2.2 Pengujian Sensor Arus	30
4.3 Pengujian Integrasi	31
4.4 Perekaman Data Daya Panel Surya	32
4.5 Perekaman Data Pengisian dan Pengosongan Baterai VRLA	36
4.6 Perekaman Data Pengisian dan Pengosongan Baterai <i>Lithium-ion</i>	39
4.7 Perhitungan <i>Coulomb Counting</i> Data Baterai	43
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	56
LAMPIRAN A <i>LISTING PROGRAM</i>	A-1
LAMPIRAN B DATA PENGUJIAN	B-1
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek <i>Photovoltaic</i>	9
Gambar 2.2 Modul Surya <i>Monocrystalline</i>	10
Gambar 2.3 <i>Solar Charge Control</i>	11
Gambar 2.4 Prinsip Pengisian dan Pengosongan Baterai <i>Lithium-ion</i>	14
Gambar 2.5 Baterai VRLA	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem <i>Data Logger</i>	20
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem <i>Data Logger</i>	21
Gambar 3.3 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	22
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Input</i> Sistem <i>Data Logger</i>	23
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Output</i> Sistem <i>Data Logger</i>	24
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data	25
Gambar 4.1 Sistem Keseluruhan <i>Battery Monitoring System</i>	28
Gambar 4.2 Pengujian Sensor Tegangan	30
Gambar 4.3 Pengujian Sensor Arus	31
Gambar 4.4 Perhitungan <i>Coulomb Counting</i> Menggunakan MATLAB	32
Gambar 4.5 Grafik Data Daya Keluaran Panel ke-1.....	33
Gambar 4.6 Grafik Data Daya Keluaran Panel ke-2.....	34
Gambar 4.7 Grafik Data Daya Keluaran Panel ke-3.....	35
Gambar 4.8 Grafik Data Daya Baterai VRLA ke-1	36
Gambar 4.9 Grafik Data Daya Baterai VRLA ke-2	37
Gambar 4.10 Grafik Data Daya Baterai VRLA ke-3.....	38
Gambar 4.11 Grafik Data Daya Baterai <i>Lithium-ion</i> ke-1	39
Gambar 4.12 Grafik Data Daya Baterai <i>Lithium-ion</i> ke-2	41
Gambar 4.13 Grafik Data Daya Baterai <i>Lithium-ion</i> ke-3.....	42
Gambar 4.14 Hasil Perhitungan SOC dan DOD ke-1.....	44
Gambar 4.15 Hasil Perhitungan SOC dan DOD ke-2.....	45
Gambar 4.16 Hasil Perhitungan SOC dan DOD ke-3.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Baterai	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Baterai <i>Lithium-ion</i>	26
Tabel 3.2 Spesifikasi Baterai VRLA.....	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masa mendatang penggunaan bahan bakar fosil dalam pembangkit listrik, sumber energi baru dan terbarukan akan semakin penting untuk memenuhi kebutuhan energi. Ini karena pembangkit listrik konvensional akan menguras sumber minyak bumi, gas, dan batu bara yang cadangannya semakin menipis [1]. Kelangsungan hidup manusia akan sangat terganggu jika tidak ada energi listrik. Ketersediaan dan ketersediaan energi harus selalu dipertahankan. Saat ini, 87% dari Indonesia memiliki listrik, menunjukkan bahwa 8,5 juta orang atau setara dengan 2500 desa, tidak memiliki listrik.

Energi terbarukan sendiri adalah energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami dan prosesnya berkelanjutan. Salah satu jenis energi ini adalah energi matahari, yang dapat dihasilkan melalui perancangan pembangkit listrik tenaga surya [2]. Sebagai sumber energi terbarukan, matahari dianggap memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya. Keunggulannya termasuk ketersediaan yang tak terbatas, distribusi merata di seluruh wilayah, dampak lingkungan yang minimal, dan fasilitas pasokan yang bebas dari risiko kerusakan manusia, bencana alam, dan politik internasional [3].

Teknologi panel surya telah mengalami kemajuan signifikan pada material dan sistem, yang meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan memperluas kapasitas penyimpanan energi. Meskipun teknologi ini semakin layak sebagai sumber energi terbarukan, sifat *intermittency* dari energi solar tetap menjadi tantangan utama. Sistem penyimpanan energi menjadi solusi utama untuk mengatasi masalah ini, dengan jenis sistem yang bergantung pada teknologi pembangkitan listrik yang digunakan. Selain itu, kebutuhan yang terus meningkat akan sumber energi terbarukan dan solusi energi jangka panjang telah memacu penelitian pada material inovatif untuk sistem *photovoltaic*, dengan fokus pada peningkatan efisiensi sel surya melalui pengembangan material baru yang lebih

efektif dalam mengumpulkan dan mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik [4].

Meskipun kemajuan teknologi telah meningkatkan akses ke energi, tantangan dalam menyediakan listrik secara universal tetap ada, terutama di daerah yang tidak terhubung ke jaringan listrik utama. Sistem *photovoltaic* telah muncul sebagai solusi potensial untuk elektrifikasi di luar jaringan, menawarkan cara yang efisien untuk menghasilkan listrik di lokasi terpencil, kinerja dan keandalan sistem ini dalam praktik masih memerlukan pemahaman yang lebih baik [5].

Indonesia memiliki potensi besar untuk energi surya karena lokasinya di garis khatulistiwa. Potensi energi surya di seluruh negara yang mencakup 2 juta km^2 adalah sekitar 4,8 kWh/meter/hari, atau 112.000 GWh yang dapat didistribusikan, sumber energi terbarukan dan berkelanjutan ini memiliki intensitas tahunan rata-rata 2.000 jam. Potensi ini bisa digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya [6][7].

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) bekerja dengan menggunakan radiasi matahari diubah menjadi energi listrik menghasilkan nilai arus dan tegangan [8]. PV merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengonversi sinar surya menjadi energi listrik [9]. Sistem PV menghasilkan arus dan tegangan, hasil keluaran ini disimpan ke dalam sebuah baterai yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik [10]. Salah satu metode dan teknologi yang digunakan dalam sistem penyimpanan energi adalah elektrokimia, energi listrik, kimia, mekanik, termal, dan lainnya. Alat yang biasanya digunakan untuk menyimpan energi listrik untuk penggunaan jangka waktu tertentu adalah baterai [11].

Jenis baterai yang umum digunakan dalam sistem penyimpanan adalah baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) dan *lithium-ion* atau yang lebih dikenal dengan istilah li-ion. Kendala yang biasa terjadi pada baterai yang digunakan di sistem PLTS yaitu mengalami siklus hidup yang pendek, mudah mengalami degradasi, dan adanya rugi-rugi di dalam baterai yang disebabkan karena adanya *internal resistance* sehingga sebagian energi listrik diubah menjadi panas saat *charging* dan *discharging*. Pemahaman karakteristik pemakaian baterai dan pengukuran *State of Charge* (SOC) secara tepat diperlukan untuk membantu

menghindari kerusakan pada baterai sehingga dapat memaksimalkan kinerja PLTS [12].

Dalam sistem PV solar *off-grid*, strategi pengisian baterai memainkan peran krusial dalam memastikan penyimpanan energi yang efisien dan andal. Berbagai metode pengisian, seperti pengisian dengan tegangan konstan, arus konstan, PWM (*Pulse Width Modulation*) dan hibrida, masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan yang mempengaruhi kapasitas baterai, umur siklus, *Depth of Discharge* (DOD), dan efisiensi pengisian, serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan sinar matahari [13].

Baterai VRLA adalah jenis baterai asam timbal yang menggunakan katup pengatur tekanan untuk mengontrol keluarnya gas selama pengisian dan pemakaian. Baterai ini didesain tertutup, sehingga tidak memerlukan pengisian air elektrolit secara berkala, berbeda dengan baterai timbal konvensional. VRLA banyak digunakan dalam sistem daya cadangan di pembangkit listrik, gardu induk, dan sistem telekomunikasi. Baterai ini memiliki keunggulan seperti biaya perawatan rendah, teknologi yang matang, serta keandalan dan keamanan yang tinggi dalam kondisi operasi jangka panjang [14].

Baterai yang dipakai untuk menyimpan tegangan dan arus hasil *system* PV masih banyak menemui kendala dan modul surya dalam *system* PV bisa mengalami penurunan performa yang menjadikan waktu pengisian baterai menjadi lama. Metode *Coulomb Counting* adalah metode penghitungan muatan listrik (*Coloumb*) yang masuk atau keluar baterai. Arus listrik dihasilkan dari rangkaian muatan listrik yang bergerak per satuan waktu (detik), dengan mengintegrasikan arus listrik yang mengalir ke baterai dari waktu ke waktu, didapatkan semua muatan listrik yang masuk atau keluar dari baterai. Sistem manajemen baterai yang efektif sangat penting untuk memastikan estimasi yang akurat mengenai kondisi baterai, seperti SOC dan *State of Health* (SOH). Salah satu tantangan utama dalam estimasi SOC adalah akurasi nilai awal yang digunakan dalam *Coulomb Counting Method* (CCM), metode yang lebih canggih diperlukan untuk mengatasi kesalahan ini dan memperbaiki akurasi estimasi, terutama dengan mempertimbangkan perubahan resistansi internal dan efisiensi *Coulomb* yang terjadi akibat penuaan baterai. Peningkatan akurasi dalam estimasi SOC dan SOH dapat membantu dalam

memperpanjang umur baterai dan meningkatkan efisiensi sistem penyimpanan energi [15].

Dalam sistem *photovoltaic*, perbandingan antara baterai VRLA dan *lithium-ion* penting untuk memilih teknologi penyimpanan energi yang optimal. Baterai VRLA memiliki biaya awal lebih rendah dan pemeliharaan yang lebih mudah, tetapi dengan kepadatan energi dan umur siklus yang lebih rendah dibandingkan baterai *lithium-ion*. Sementara itu, baterai *lithium-ion* menawarkan kepadatan energi yang lebih tinggi, efisiensi yang lebih baik, dan umur siklus yang lebih panjang, meskipun dengan biaya awal yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelebihan dan kekurangan kedua jenis baterai dalam konteks penyimpanan energi terbarukan [16].

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan berbagai keperluan penggunaan yang efisien dan ramah lingkungan, penting untuk mengevaluasi berbagai jenis baterai dalam hal dimensi, berat, biaya perakitan, waktu pengisian, dan efisiensi jarak tempuh. Perbandingan baterai *lithium-ion* dan VRLA ini bertujuan untuk menentukan baterai yang paling sesuai dengan kebutuhan pengguna, dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis [17]. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, penelitian ini membahas tentang menganalisis perbandingan performa baterai VRLA 20 Ah dengan baterai *lithium-ion* 20 Ah pada sistem *photovoltaic* menggunakan metode *Coulomb Counting* untuk mengetahui baterai yang lebih efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan nilai SOC baterai menggunakan sensor arus dan tegangan pada sistem PLTS?
2. Bagaimana cara mengestimasi tingkat SOC baterai yang akurat pada sistem PLTS?
3. Bagaimana cara pencatatan data arus dan tegangan untuk perhitungan didapatkan secara otomatis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu sebagai berikut:

1. Merancang sistem pencatatan data arus dan tegangan untuk perhitungan menggunakan Matlab dengan metode *Coulomb Counting*.
2. Menganalisis perbedaan kondisi baterai saat pengisian dan pengosongan serta kondisi kesehatan baterai yang digunakan pada sistem PLTS.
3. Menganalisis tingkat SOC baterai yang akurat pada sistem PLTS.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini memberikan pengetahuan mendalam tentang perbedaan kondisi baterai VRLA dan *lithium-ion* saat proses *charging* dan *discharging*, serta yang mempengaruhi kinerja kedua baterai dan penelitian ini menyediakan metodologi pengukuran SOC yang dapat digunakan dalam penelitian lanjutan
2. Penelitian ini menyediakan materi studi kasus yang relevan dan terbaru untuk digunakan sebagai energi terbarukan dan teknologi penyimpanan energi.
3. Penelitian ini membantu masyarakat memahami pentingnya teknologi baterai dalam meningkatkan akses ke energi listrik, terutama di daerah terpencil, meningkatkan kesadaran tentang manfaat energi terbarukan dan penyimpanan energi yang efisien.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka diperlukan batasan-batasan masalah dalam penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi yang dibahas hanya SOC dan DOD
2. Sistem PLTS yang digunakan adalah panel *monocrystalline*
3. Kondisi SOC dan DOD baterai dinyatakan dalam persentase
4. Metode perhitungan yang digunakan adalah *modified Coulomb Counting method*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan urutan garis besar penulisan Skripsi. Berikut ini dituliskan pokok bahasan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai susunan materi yang dibahas dari tiap-tiap bab.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan tentang konsep dasar perangkat yang digunakan untuk membuat sistem penyeimbangan pengisian dan pengosongan *battery array* pada sistem panel surya serta *monitoring battery array* secara *real-time*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang proses perancangan alat, cara kerja alat, perangkat dan spesifikasi alat yang digunakan dalam pembuatan alat, baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan yang disampaikan berupa penjelasan dari hasil pengujian yang telah didapat dari pembuatan alat dan pengolahan data penelitian mengenai penyeimbang pengisian dan pengosongan *battery array* serta data perhitungan *Coulomb Counting*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang menguraikan rangkuman yang disimpulkan dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan beserta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhan, A.I., E. Diniardi, S.H. Mukti, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *Teknik*, vol. 37, no. 2, pp. 59-63, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37i2.9011.



Available online at: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

Teknik, 37(2), 2016, 59-63

Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP

Anwar Ilmar Ramadhan^{*}, Ery Diniardi, Sony Hari Mukti

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah No 27 Jakarta 10510 Indonesia*

- [2] Nurjaman, H.B., T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *JEE Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.



Volume 06, No. 02, November 2022, page 136 - 142

JEE

Jurnal Edukasi Elektro

<https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>



Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga

Hendi Bagja Nurjaman¹, Trisna Purnama²

- [3] Ozoegwu, C.G., "The Solar Energy Assessment Methods for Nigeria: The Current Status, the Future Directions and a Neural Time Series Method," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, Elsevier, pp. 146–159, 2018.



Renewable and Sustainable Energy Reviews

Volume 92, September 2018, Pages 146-159



The solar energy assessment methods for Nigeria: The current status, the future directions and a neural time series method

Chigbogu Godwin Ozoegwu 

- [4] Dada, M., P. Popoola, "Recent Advances in Solar Photovoltaic Materials and Systems for Energy Storage Applications: a review," *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 12, no. 66, 2023, doi: 10.1186/s43088-023-00405-5.

Dada and Popoola
Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci (2023) 12:66
<https://doi.org/10.1186/s43088-023-00405-5>

Beni-Suef University Journal of
 Basic and Applied Sciences

REVIEW

Open Access

Recent advances in solar photovoltaic materials and systems for energy storage applications: a review



Modupeola Dada^{1*} and Patricia Popoola¹

Recent advances in solar photovoltaic materials and systems for energy storage applications: a review

Review | Open access | Published: 17 July 2023

Volume 12, article number 66, (2023) [Cite this article](#)

- [5] Wassie Y.T., E.O Ahlgren, "Performance and Reliability Analysis of an Off-Grid PV Mini-Grid System in Rural Tropical Africa: A Case Study in Southern Ethiopia," *Development Engineering*, vol. 8, Elsevier, 2023, doi: 10.1016/j.deveng.2022.100106.

Development Engineering 8 (2023) 100106



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Development Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/deveng



Performance and reliability analysis of an off-grid PV mini-grid system in rural tropical Africa: A case study in southern Ethiopia



Yibeltal T. Wassie, Erik O. Ahlgren^{*}

Chalmers University of Technology; Department of Space, Earth and Environment; Division of Energy Technology, SE- 412 96, Gothenburg, Sweden

- [6] Hasrul, R., "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 5, no. 2, pp. 79-87, 2021.

SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), Vol. 5 No. 2, Juni 2021, pp. 79 – 87
ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 online

Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif

Rahmat Hasrul

Jalan Sambaliung No.9, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75117
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Email : rhasrul12@gmail.com

- [7] Kadang, J.M., J. Windarta, "Optimasi Sosial-Ekonomi pada Pemanfaatan PLTS PV untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia," *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 74-83, 2021.

JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan

Optimasi Sosial-Ekonomi pada Pemanfaatan PLTS PV untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia

Jon Marjuni Kadang, Jaka Windarta

Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro;

Email : jonmrkadang@students.undip.ac.id (J.M.K), jakawindarta@lecturer.undip.ac.id (J.W.);

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2021, Vol. 2, No. 2, pp 74 – 83

Received : 12 April 2021

Accepted : 17 Mei 2021

Published : 05 Juli 2021

- [8] Yuwono, T., A. Darwanto, R.D. Rahayu, "Desain dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Suplai Daya Penerangan dan Fotosintesis," *JES(Jurnal Elektro Smart)*, vol. 1, no. 1, 2021.

JES (Jurnal Elektro Smart) Vol. 1, No. 1, Maret 2021

DESAIN DAN APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUPLAI DAYA PENERANGAN DAN FOTOSINTESIS

Teguh Yuwono^{1*}, Agus Darwanto², Ratna Dwi Rahayu³
^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (STTR)
¹E-mail : ridalutfiah@gmail.com

- [9] Lailatun, H.I, R. Sabani, G.M.D. Putra, D.A. Setiawati, "Sistem Otomasi Photovoultaic pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Mikrokontroler Ardiuno Skala Laboratorium," *Jurnal Teknik Pertanian*

Lampung, vol. 8, no. 2, pp. 130-138, 2019,
doi:http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v8i2.130-138.

**SISTEM OTOMASI PHOTOVOLTAIC PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA (PLTS) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO
SKALA LABORATORIUM**

**ARDDUINO MICROCONTROLLER BASED PHOTOVOLTAIC AUTOMATION
SISTEMS ON LAB SCALE SOLAR POWER PLANT (PLTS)**

**Huswatun Ida Lailatun¹, Rahmat Sabani¹, Guyup Mahardian Dwi Putra^{1✉}, Diah Ajeng
Setiawati¹**

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

✉Komunikasi penulis ,email: guyupmdp@unram.ac.id

DOI:http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv8i2.130-138

Naskah ini diterima pada 6 Mei 2019; revisi pada 29 Juni 2019;
disetujui untuk dipublikasikan pada 29 Juni 2019

Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol 8, No. 2: 130-138

P-ISSN 2302-559X; E-ISSN 2549-0818

- [10] Yamato, B.B. Rijadi, " Analisis Kebutuhan Modul Surya dan Baterai pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU)," JET Jurnal Elektro Teknik, vol. 1, no. 1, pp. 30-38, 2021.

JET Jurnal Elektro Teknik
Volume 1, No.1, Maret 2021, pp. 30-38

**Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem
Penerangan Jalan Umum (PJU)**

Yamato¹, Bloko Budi Rijadi²

^{1,2}Prodi Elektro - Fakultas Teknik - Universitas Pakuan

Email : yamato@unpak.ac.id¹, bloko.budirijadi@unpak.ac.id²

- [11] Nasution, M., "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *Journal of Electrical Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 35-40, 2021.

Muslih Nasution, *Karakteristik Baterai Sebagai...*

ISSN : 2598 – 1099 (Online) ISSN : 2502 – 3624 (Cetak)

**Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan
Energi Listrik Secara Spesifik**

Muslih Nasution

Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara
muslih.nasution@ft.uisu.ac.id

- [12] Iskandar, H.R., C.B. Elysees, R. Ridwanulloh, A. Charisma, H. Yuliana, "Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-Grid 1 KWP," *Jurnal Teknologi*, vol. 13, no. 2, pp. 129-140, 2021.

Volume 13 No. 2
Juli 2021
ISSN : 2085 – 1669
e-ISSN : 2460 – 0288
Website : jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek
Email : jurnalteknologi@umj.ac.id



ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP

Handoko Rusiana Iskandar^{1,*}, Clarez Bebby Elysees², Rijal Ridwanulloh³,
Atik Charisma⁴, Hajjar Yuliana⁵
^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani,
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Po Box 148, Cimahi, Jawa Barat, 40531

- [13] Dorel, S., M.G. Osman, C. Strejoiu, G. Lazaroiu, "Exploring Optimal Charging Strategies for Off-Grid Solar Photovoltaic Systems: A Comparative Study on Battery Storage Techniques," *Batteries*, vol. 9, issue 9, MDPI, pp. 2-16, 2023, doi: 10.3390/batteries9090470.



batteries



Review

Exploring Optimal Charging Strategies for Off-Grid Solar Photovoltaic Systems: A Comparative Study on Battery Storage Techniques

Stoica Dorel ¹, Mohammed Gmal Osman ^{2,*}, Cristian-Valentin Strejoiu ^{2,*} and Gheorghe Lazaroiu ²

¹ Department of Faculty of Biotechnical Systems Engineering, National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest, 060042 Bucharest, Romania

² Department of Energy Production and Use, National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest, 060042 Bucharest, Romania; glazaroiu@yahoo.com

* Correspondence: mohagamal123@gmail.com (M.G.O.); strejoiu8@gmail.com (C.-V.S.); Tel.: +40-729662271 (M.G.O.)

- [14] Yu, R., G. Liu, L. Xu, Y. Ma, H. Wang, C. Hu, " Review of Degradation Mechanism and Health Estimation Method of VRLA Battery Used for Standby Power Supply in Power System," *Coatings*, vol. 13, issue 3, MDPI, pp. 2-20, 2023, doi: 10.3390/coatings13030485.

Review

Review of Degradation Mechanism and Health Estimation Method of VRLA Battery Used for Standby Power Supply in Power System

Ruxin Yu ¹, Gang Liu ¹, Linbo Xu ¹, Yanqiang Ma ², Haobin Wang ^{2,*} and Chen Hu ^{3,*}

¹ Zhejiang Zheneng Jiahua Electric Power Generation Co., Ltd., Jiaxing 314201, China

² Hebei Chuangke Electronic Technology Co., Ltd., Handan 056107, China

³ Laboratory of Operation and Control of Renewable Energy & Storage Systems, China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China

* Correspondence: whbwag@163.com (H.W.); whhuchen@163.com (C.H.)

Journals / Coatings / Volume 13 / Issue 3 / 10.3390/coatings13030485

- [15] Lee, J., J. Won, "Enhanced Coulomb Counting Method for SoC and SoH Estimation Based on Coulombic Efficiency," *IEEE Access*, vol. 11, IEEE, pp. 15449-15459, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3244801.

IEEE Access
Multidisciplinary | Rapid Review | Open Access Journal

Received 28 January 2023, accepted 10 February 2023, date of publication 14 February 2023, date of current version 17 February 2023.

Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2023.3244801

RESEARCH ARTICLE

Enhanced Coulomb Counting Method for SoC and SoH Estimation Based on Coulombic Efficiency

JEONG LEE¹, (Student Member, IEEE), AND JEHYUK WON², (Member, IEEE)

¹Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, South Korea

²College of IT Convergence Engineering, Gachon University, Seongnam 13120, South Korea

Corresponding author: Jehyuk Won (wonjak@gachon.ac.kr)

VOLUME 11, 2023 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License. For more information, see <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

15449

- [16] Awad, Z.I.M., S.A. Kamh, F.A.S. Soliman, D.H. Hanafy, "Comparative Study of Commonly Used Batteries for Solar PV Applications," *Journal of Scientific Research in Science*, vol. 40, no. 1, pp. 62-71, 2023, doi: 10.21608/jsrs.2023.331803.



Comparative Study of Commonly Used Batteries for Solar PV Applications

Z. I. M. Awad¹, S. A. Kamh¹, F. A. S. Soliman², D. H. Hanafy^{1*}

¹Electronic Research Lab. (E.R.L.), Physics Department, Faculty of Women for Arts, Science, and Education, Ain Shams University- Cairo, Egypt

²Electronics Engineering Department, Nuclear Materials Authority, P. O. Box 530, Maadi-11728, Cairo, Egypt

- [17] Ma'arif, E.S., T. Suprpto, "Perbandingan Baterai Lithium Ion dan Baterai Valve Regulated Lead Acid 48 Volt 20 Ampere terhadap Kelayakan Pakai Sepeda Motor Listrik Konversi SMK Negeri 55 Jakarta," RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), vol. 6, no. 2, pp. 119-124, 2023, doi:10.24853/resistor.6.2.119-124.

RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer) Vol. 6 No. 2
e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684

Perbandingan Baterai *Lithium Ion* dan Baterai *Valve Regulated Lead Acid* 48 Volt 20 Ampere terhadap Kelayakan Pakai Sepeda Motor Listrik Konversi SMK Negeri 55 Jakarta

Eka Samsul Ma'arif, Thias Suprpto
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jalan Cempaka Putih Tengan 27 Jakarta Indonesia
e-mail: eka.samsul@umj.ac.id

[Vol 6, No 2 \(2023\)](#) > [Ma'arif](#)

- [18] Vega-garita, V., A. Hanif, N. Narayan, L. Ramirez-elizondo, P. Bauer, "Selecting a Suitable Battery Technology for the Photovoltaic Battery Integrated Module," *Journal of Power Sources*, vol. 438, Elsevier, pp. 2-11, 2019, doi: 10.1016/j.jpowsour.2019.227011.



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Power Sources

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jpowsour

Selecting a suitable battery technology for the photovoltaic battery integrated module

Victor Vega-Garita^{a,b,*}, Ali Hanif^a, Nishant Narayan^a, Laura Ramirez-Elizondo^a, Pavol Bauer^a^a DC Systems, Energy Conversion and Storage at Delft University of Technology, P.O. Box 5031, 2600, GA, Delft, Netherlands^b Electrical Engineering Department at University of Costa Rica, 11501-2060, UCR, San Pedro, San Jose, Costa Rica

- [19] Satriady, A., W. Alamsyah, A.H. Saad, S. Hidayat, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePO₄," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 43-48, 2016.

Jurnal Material dan Energi Indonesia
Vol. 06, No. 02 (2016) 43 – 48
© Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran

PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO₄

ADITYA SATRIADY, WAHYU ALAMSYAH, ASWAD HI SAAD, SAHRUL HIDAYAT[†]

Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363

- [20] Lu, Y., Q. Zhang, J. Chen, "Recent Progress on Lithium-ion Batteries with High Electrochemical Performance," *Science China Chemistry*, vol. 62, pp. 533-548, 2019, <https://doi.org/10.1007/s11426-018-9410-0>.

SCIENCE CHINA
Chemistry



•REVIEWS•

SPECIAL ISSUE: Dedicated to the 100th Anniversary of Nankai University

<https://doi.org/10.1007/s11426-018-9410-0>

Recent progress on lithium-ion batteries with high electrochemical performance

Yong Lu, Qiu Zhang & Jun Chen^{*}

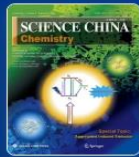
Key Laboratory of Advanced Energy Materials Chemistry (Ministry of Education), College of Chemistry, Nankai University,
Tianjin 300071, China

Received November 18, 2018; accepted December 21, 2018; published online February 25, 2019

Home > Science China Chemistry > Article

Recent progress on lithium-ion batteries with high electrochemical performance

Reviews | SPECIAL ISSUE: Dedicated to the 100th Anniversary of Nankai University
Published: 25 February 2019
Volume 62, pages 533–548, (2019) [Cite this article](#)



Science China Chemistry

[Aims and scope](#) →
[Submit manuscript](#) →

[Yong Lu](#), [Qiu Zhang](#) & [Jun Chen](#) ✉

- [21] Afif, M.T., I.A.P. Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95-99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.

Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2 Tahun 2015: 95-99

ISSN 2477-6041

ANALISIS PERBANDINGAN BATERAI LITHIUM-ION, LITHIUM-POLYMER, LEAD ACID DAN NICKEL-METAL HYDRIDE PADA PENGGUNAAN MOBIL LISTRIK - REVIEW

Muhammad Thowil Afif, Ilham Ayu Putri Pratiwi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jalan MT Haryono 167 Lowokwaru
(0341) 587 711
E-mail: ayu15.putri@gmail.com

- [22] Nogueira, C.E.C., J. Bedin, R.K. Niedzialkoski, S.N.M.D. Souza, J.C.M.D. Neves, "Performance of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in a Water Pumping System in Brazil," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 51, Elsevier, pp. 1610-1616, 2015, DOI:10.1016/j.rser.2015.07.082



Renewable and Sustainable Energy Reviews
Volume 51, November 2015, Pages 1610-1616



Performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil

[Carlos Eduardo Camargo Nogueira](#) ✉, [Janaina Bedin](#), [Rosana Krauss Niedzialkoski](#),
[Samuel Nelson Melegari de Souza](#), [João Carlos Munhoz das Neves](#)

- [23] Colson, C.M., M. H. Nehrir, R.K. Sharma, B. Asghari, "Improving Sustainability of Hybrid Energy Systems Part i: Incorporating Battery Round-Trip Efficiency and Operational Cost Factors," *IEEE Transaction Sustainable Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 37-45, 2014, doi: 10.1109/TSTE.2013.2269318.

Improving Sustainability of Hybrid Energy Systems Part I: Incorporating Battery Round-Trip Efficiency and Operational Cost Factors

Christopher M. Colson, *Member, IEEE*, M. Hashem Nehrir, *Life Fellow, IEEE*, Ratnesh K. Sharma, *Member, IEEE*, and Babak Asghari, *Member, IEEE*

Improving Sustainability of Hybrid Energy Systems Part I: Incorporating Battery Round-Trip Efficiency and Operational Cost Factors

January 2014 · IEEE Transactions on Sustainable Energy 5(1):37-45

5(1):37-45

DOI:[10.1109/TSTE.2013.2269318](https://doi.org/10.1109/TSTE.2013.2269318)

Authors:



Christopher M. Colson



M. Hashem Nehrir
Montana State University



Ratnesh Sharma
NEC Laboratories America



Babak Asghari
NEC Laboratories America

- [24] Gismero, A., E. Schaltz, D.I. Stroe, "Recursive State of Charge and State of Health Estimation Method for Lithium-Ion Batteries Based on Coulomb Counting and Open Circuit Voltage," *Energies*, vol. 13, no. 7, MDPI, pp. 2-11, 2020, doi: 10.3390/en13071811.



energies



Article

Recursive State of Charge and State of Health Estimation Method for Lithium-Ion Batteries Based on Coulomb Counting and Open Circuit Voltage

Alejandro Gismero ^{*}, Erik Schaltz and Daniel-Ioan Stroe

Department of Energy Technology, Aalborg University, Pontoppidanstraede 101, 9220 Aalborg, Denmark;
esc@et.aau.dk (E.S.); dis@et.aau.dk (D.-I.S.)

Recursive State of Charge and State of Health Estimation Method for Lithium-Ion Batteries Based on Coulomb Counting and Open Circuit Voltage

by Alejandro Gismero^{*} , Erik Schaltz  and Daniel-Ioan Stroe 

Department of Energy Technology, Aalborg University, Pontoppidanstraede 101, 9220 Aalborg, Denmark

^{*} Author to whom correspondence should be addressed.

Energies 2020, 13(7), 1811; <https://doi.org/10.3390/en13071811>

Submission received: 12 March 2020 / Revised: 1 April 2020 / Accepted: 2 April 2020 / Published: 9 April 2020

- [25] Shuzhi, Z., G. Xu, D. Xiaoxin, Z. Xiongwen, "A Data-Driven Coulomb Counting Method for State of Charge Calibration and Estimation of Lithium-Ion Battery," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 40, Elsevier, 2020, doi: 10.1016/j.seta.2020.100752.



Sustainable Energy Technologies and
Assessments
Volume 40, August 2020, 100752



Original article

A data-driven coulomb counting method for state of charge calibration and estimation of lithium-ion battery

Zhang Shuzhi^a, Guo Xu^a, Dou Xiaoxin^b, Zhang Xiongwen^a  

- [26] Zine, B., K. Marouani, M. Becherif, S. Yahmedi, "Estimation of Battery SOC for Hybrid Electric Vehicle using Coulomb Counting Method," *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, vol. 19, no. 2, 2018, doi: 10.1515/ijeeps-2017-0181.

DE GRUYTER

International Journal of Emerging Electric Power Systems. 2018; 20170181

Bachir Zine¹ / Khoudir Marouani² / Mohamed Becherif³ / Said Yahmedi¹

Estimation of Battery Soc for Hybrid Electric Vehicle using Coulomb Counting Method

¹ Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algeria, E-mail: zinebachiremp@gmail.com

² Ecole Militaire Polytechnique, Bordj El-Bahri, Alger, Algeria

³ Femto-ST UMR CNRS 6174 - FCLab FR CNRS 3539, Univ. Bourgogne Franche-Comté/UTBM, Belfort, France

Estimation of Battery Soc for Hybrid Electric Vehicle using Coulomb Counting Method

March 2018 · International Journal of Emerging Electric Power Systems 19(2)

19(2)

DOI:10.1515/ijeeps-2017-0181

Authors:



Bachir Zine
Badji Mokhtar - Annaba University



Khoudir Marouani
Ecole Militaire Polytechnique



Mohamed Becherif
Université de Technologie de Belfort-Montbéliard



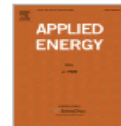
Said Yahmedi
Badji Mokhtar - Annaba University

- [27] Ng, K.S., C. Moo, Y. Chen, Y. Hsieh, "Enhanced Coulomb Counting Method for Estimating State-of-Charge and State-of-Health of Lithium-Ion Batteries," *Applied Energy*, vol. 86, issue 9, Elsevier, pp. 1506-1511, 2009, doi: 10.1016/j.apenergy.2008.11.021.



Applied Energy

Volume 86, Issue 9, September 2009, Pages 1506-1511



Enhanced coulomb counting method for estimating state-of-charge and state-of-health of lithium-ion batteries

Kong Soon Ng ^{a 1} , Chin-Sien Moo ^{a 1} , Yi-Ping Chen ^{b 2} , Yao-Ching Hsieh ^{c 3}

- [28] Agsa, M.R., A. Fatoni, "Estimasi State of Charge Baterai dengan Kalman Filter untuk Battery Management System," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i2.114629.

JURNAL TEKNIK ITS Vol. 12, No. 2, (2023) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)

B63

Estimasi *State of Charge* Baterai dengan Kalman Filter untuk Energy Management System

Mohamad Revano Agsa, dan Ali Fatoni
Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
E-mail: fatoni@ee.its.ac.id

- [29] Marhatang, M.Y. Yunus, Sonong, Lewi, R. Tandioaga, M.R. Djalal, "Rancang Bangun Prototipe Solar Home System Menggunakan Baterai Lithium Sebagai Penyimpan Energi," *Jurnal JEETech Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.32492/jeetech.v5i1.5106>.

	Jurnal JEETech Journal Of Electrical Engineering And Technology https://ejournal.ft-undar.ac.id/index.php/jeetech DOI: https://doi.org/10.32492/jeetech.v5i1.5106	e-ISSN: 2722-5321 p-ISSN: 2964-7320
---	--	---

Rancang Bangun Prototipe Solar Home System Menggunakan Baterai Lithium Sebagai Penyimpan Energi

^{1*}Marhatang, ²Muhammad Yusuf Yunus, ³Sonong, ⁴Lewi, ⁵Remigius Tandioaga, ⁶Muhammad Ruswandi Djalal

^{1,2}Program Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

³Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

^{4,5}Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

⁶Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

¹marhatang@poliupg.ac.id, ²yusuf_yunus@poliupg.ac.id, ³sonong@poliupg.ac.id, ⁴lewi@poliupg.ac.id,

⁵remigius_tandioaga@gmail.com, ⁶wandi@poliupg.ac.id

JEETech

Journal Of Electrical Engineering And Technology

Vol. 5 No. 1 Tahun 2024

- [30] Utomo, M.S., I. Nugrahanto, Sungkono, "Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Sel Sekunder pada Photovoltaic," *Jurnal Elkolind*, vol. 10, no. 1, pp. 85-93, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i1.2753.

Jurnal Elkolind Volume 10, Nomor 1, Mei 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v10i1.2753>

85

Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Sel Sekunder Pada Photovoltaic

Mugi Satriyo Utomo¹, Indrawan Nugrahanto², Sungkono³

e-mail: mugisatriyo5@gmail.com, indrawan.nugrahanto@polinema.ac.id, sungkono@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

- [31] Pambudi, W.S., R.A. Firmansyah, T. Suheta, N.K. Wicaksono, "Analisis Penggunaan Baterai Lead Acid dan Lithium Ion dengan Sumber Solar Panel," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika.*, vol. 11, no. 2, pp. 392-407, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i2.392.

Analisis Penggunaan Baterai *Lead Acid* dan *Lithium Ion* dengan Sumber Solar Panel

**WAHYU SETYO PAMBUDI, RIZA AGUNG FIRMANSYAH, TITIEK SUHETA,
NUR KUKUH WICAKSONO**

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhitama Surabaya (ITATS), Indonesia
Email: wahyusp@itats.ac.id

Received 10 Februari 2023 | *Revised* 6 Maret 2023 | *Accepted* 11 Maret 2023

- [32] Afrida, Y., A. Afandi, Jeckson, Ubaidah, "Studi Penentuan State of Charge (SOC) pada Baterai Valve Regulated Lead Acid NP7-12 Menggunakan MATLAB," ELECTRICIAN: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, vol. 17, no. 2, pp. 146-150, 2023, doi: 10.23960/elc.v17n2.2481.

ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro

Studi Penentuan *State Of Charge (SOC)* pada Baterai *Valve Regulated Lead Acid* NP7-12 Menggunakan MATLAB

Yenni Afrida¹, Akhmad Afandi², Jeckson³, Ubaidah⁴

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung
Jl. Z.A Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142
¹yenniafrida2016@gmail.com

Volume 17, No.2, Mei 2023