

# Simulasi dan Analisis Baterai *Lithium ion* Dengan Beban (R-L-C) Menggunakan *Simulink*

Muhammad Nur Taufiqurrahman<sup>1</sup>, I Made Budi Suksmadana<sup>2</sup>, I Ketut Wiryajati<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram  
[rahman143321@gmail.com](mailto:rahman143321@gmail.com),

---

## ABSTRAK

Baterai merupakan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia secara langsung menjadi sel listrik, baterai lithium ion memiliki kapasitas dan performa yang bervariasi sesuai kebutuhan penggunaan. Hal ini sangat jarang diteliti, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan State of Charge pada baterai Lithium ion kapasitas 3.7 Volt 2.6 Ah terhadap beban resistif, induktif dan kapasitif menggunakan simulink. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui State of Charge baterai lithium ion terhadap beban resistif, induktif dan kapasitif menggunakan simulasi pada perangkat lunak simulink. Penelitian ini dilakukan dengan merancang suatu model simulasi pengamatan state of charge(soc) baterai lithium ion terhadap beban resistif, induktif dan kapasitif. Nilai State of Charge pada baterai lithium ion akan mengalami penurunan lebih cepat saat dibebankan dengan nilai resistif yang kecil. Nilai State of Charge pada baterai lithium ion akan mengalami penurunan lebih lambat saat dibebankan dengan beban resistif induktif seri dengan nilai beban induktif divariasikan semakin besar. Nilai State of Charge pada baterai lithium ion akan mengalami penurunan lebih cepat saat dibebankan dengan beban resistif induktif seri dan paralel kapasitif dengan nilai beban kapasitif divariasikan semakin besar.

**Kata kunci :** *Lithium Ion, SoC, Simulink*

---

## ABSTRACT

Batteries are electrochemical cells that convert chemical energy directly into electrical cells, lithium ion batteries have varying capacities and performances according to usage requirements. This is very rarely studied, so in this study we will observe the State of Charge on a Lithium ion battery with a capacity of 3.7 Volt 2.6 Ah against resistive, inductive and capacitive loads using simulink. The purpose of this study is to determine the State of Charge of lithium ion batteries against resistive, inductive and capacitive loads using simulation on simulink software. This research was conducted by designing a simulation model for observing the state of charge (soc) of lithium ion batteries against resistive, inductive and capacitive loads. The State of Charge value on a lithium ion battery will decrease more quickly when charged with a small resistive value. The State of Charge value on a lithium ion battery will decrease more slowly when it is charged with a series inductive resistive load with an increasing inductive load value. The State of Charge value on a lithium ion battery will decrease faster when it is charged with series and parallel capacitive inductive resistive loads with a greater variation in capacitive load values.

**Key word :** *Lithium Ion, SoC, Simulink*

## PENDAHULUAN

Baterai merupakan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia secara langsung menjadi sel listrik. Baterai *lithium ion* memiliki beberapa keunggulan diantaranya kapasitas yang besar, nilai efisien yang baik dan dapat diisi ulang ketika baterai tidak benar-benar habis.

Baterai *lithium ion* memiliki kapasitas dan performa yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan masing masing penggunaan. Untuk menentukan kapasitas dan kebutuhan yang sesuai dengan penggunaan dapat dilakukan dengan menyesuaikan kapasitas yang tersedia pada baterai sesuai dengan tujuan penggunaan.

Untuk mengetahui pemilihan baterai yang tepat maka perlu untuk menyesuaikan kapasitas yang tersedia pada baterai agar tepat pada penggunaannya. Baterai *lithium ion* yang sering di charge sampai penuh relatif akan lebih cepat mengalami penurunan kapasitas dibandingkan dengan baterai *lithium ion* yang di charge lebih rendah. Penelitian ini akan dilakukan pengamatan *State of Charge* pada baterai Lithium ion kapasitas 3.7 Volt 2.6 Ah terhadap beban resistif, induktif dan kapasitif menggunakan *simulink*.

## DASAR TEORI

### Baterai

Baterai merupakan perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi energi. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektro kimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda yang dipakai yaitu, dengan

melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel.

### Baterai *Lithium ion*

Baterai ion litium adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang. Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, energi tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik. Agar bisa berfungsi, setiap sel elektro kimia harus memiliki dua elemen penting yaitu elektroda dan elektrolit. Elektroda terdiri dari dua jenis yaitu anoda dan katoda yang menghantarkan energi listrik (*ion*). Anoda dihubungkan ke terminal negatif baterai sementara katoda dihubungkan ke terminal positif baterai. Elektroda terendam dalam elektrolit yang bertindak sebagai medium cair untuk pergerakan ion. Elektrolit juga bertindak sebagai *buffer* dan berfungsi membantu reaksi elektrokimia dalam baterai. Pergerakan elektron dalam elektrolit dan di antara elektroda akan menghasilkan arus listrik.

### Nilai *State of Charge* (SoC)

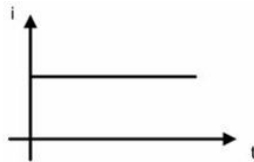
SoC didefinisikan sebagai rasio total kapasitas energi yang dapat digunakan dari sebuah baterai dengan kapasitas baterai seluruhnya. SoC menggambarkan energi yang tersedia dan dituliskan dalam persentase sesuai beberapa referensi, terkadang dianggap sebagai nilai kapasitas dari baterai. Nilai SoC dapat diukur dengan 3 cara :

1. Pengukuran secara langsung, dapat dilakukan jika baterai dapat di-discharge pada nilai yang konstan dan pengukuran
2. Pengukuran *Specific Gravity* (SG), cara ini bergantung pada perubahan pengukuran dari berat bahan kimia aktif.

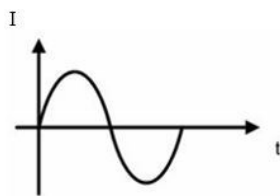
3. Perkiraan SOC berdasarkan tegangan, dengan mengukur tegangan cell baterai sebagai dasar untuk perhitungan SOC atau sisa kapasitas. Hasil dapat berubah tergantung pada level tegangan nyata, suhu, nilai discharge, dan umur cell.

### Arus

Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol  $i$  (dari kata Prancis : *intensite*), dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus akan hilang. Ketika terjadi beda potensial di suatu elemen atau komponen maka akan muncul arus dimana arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arah arus negatif mengalir sebaliknya.



Gambar 1. Arus searah



Gambar 2. Arus bolak balik

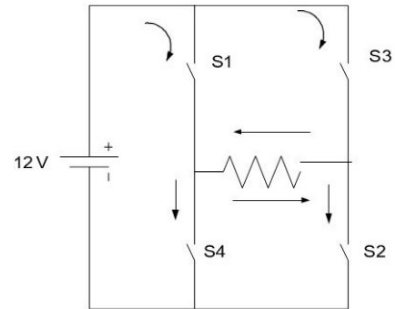
### Beban

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi listrik dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Beban resistif ( $Z = R$ ) merupakan beban resistor murni, dimana energi listrik diubah menjadi energi panas atau mekanik dan beban ini menyerap daya semu yang seluruhnya diubah menjadi daya aktif. Beban induktif ( $Z = X_L$ ) adalah beban yang mengandung kumparan kawat dililitkan pada sebuah inti besi, dimana energi listrik yang diserap diubah menjadi magnet dan beban ini menyerap daya semu yang seluruhnya diubah menjadi daya reaktif induktif. Beban kapasitif ( $Z = X_C$ ) adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor, dimana energi listrik yang diserap menghasilkan energi reaktif dan beban ini

menyerap daya semu seluruhnya diubah menjadi daya reaktif kapasitif.

### Inverter

Inverter digunakan untuk merubah tegangan input DC menjadi tegangan AC. Keluaran inverter dapat berupa tegangan yang dapat ditetapkan dan tegangan yang tetap. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, cell bahan bakar, tenaga surya, atau sumber tegangan DC lain.



Gambar 3. Rangkaian inverter

### Matrix Laboratory (MATLAB)

Matrix Laboratory (Matlab) adalah perangkat lunak yang menggunakan dasar matrix dalam pemanfaatannya. Matrix yang digunakan pada Matlab terbilang sederhana sehingga dapat dengan mudah digunakan. Kegunaan kegunaan Matlab secara umum yaitu untuk :

1. Matematika dan komputasi;
2. Pengembangan dan algoritma;
3. Permodelan, simulasi dan pembuatan prototype;
4. Analisa data, eksplorasi dan visualisasi;
5. Pembuatan aplikasi termasuk pembuatan GUI

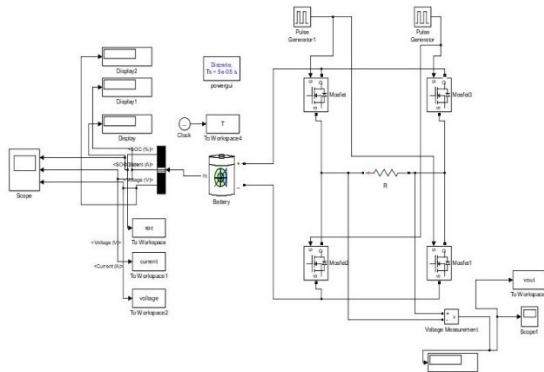
Pemanfaatan matlab yang identik dengan matriks tentu erat kaitannya dengan bidang matematika dan komputasi. Berbagai permasalahan matematika dapat dengan mudah dicari penyelesaiannya dengan matlab, begitu pun dengan bidang komputasi.

## METODOLOGI PENELITIAN

Tugas akhir ini merancang suatu model simulasi pengamatan state of charge baterai lithium ion menggunakan simulasi simulink pada software matlab. Pengamatan ini diperlukan untuk mengetahui State of Charge baterai selama beroperasi agar dapat diketahui persentase penurunan akhir State of Charge terhadap beban resistif, induktif dan kapasitif. Kemudian untuk tahapan penelitian ini akan dilakukan secara simulasi dimana baterai yang dirangkai ditetapkan nilai awalnya adalah 100 % akan dihubungkan pada beban resistif, induktif dan kapasitif. Kemudian diamati State of Charge pada baterai terhadap beban selama waktu pembebanan baterai lithium ion. Setelah pengamatan yang dilakukan akan dilakukan pengukuran dan analisis nilai akhir State of Charge terhadap jenis beban dan variasi pembebanan pada baterai lithium ion.

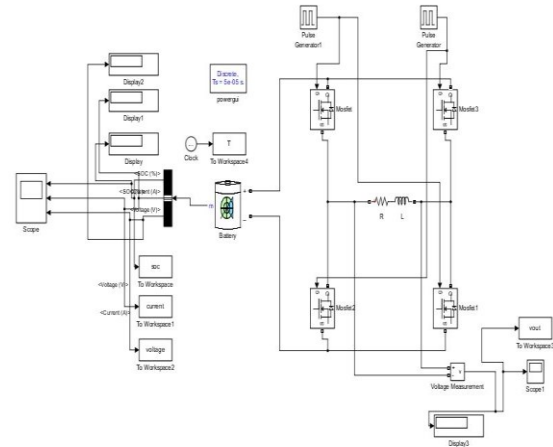
### Simulasi Rangkaian Baterai Lithium Ion terhadap Beban

Pada gambar 4 merupakan rangkaian simulasi baterai lithium ion dengan kapasitas 3.7 V, 2.6 Ah. Pada rangkaian simulasi baterai terhubung dengan beban resistif.



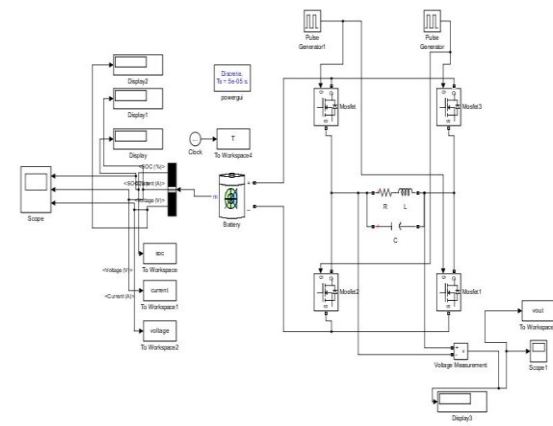
Gambar 4. Model rangkaian beban resistif

Pada gambar 5 merupakan rangkaian simulasi baterai lithium ion dengan kapasitas 3.7 V, 2.6 Ah. Pada rangkaian simulasi baterai terhubung dengan beban resistif induktif seri.



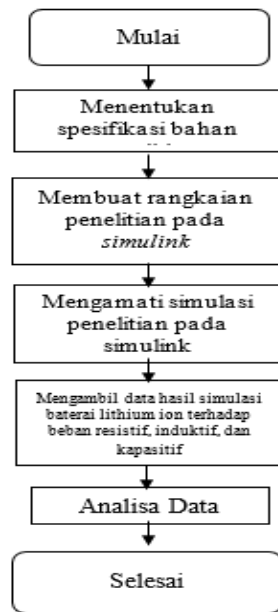
Gambar 5. Model rangkaian beban resistif induktif seri

Pada gambar 6 merupakan rangkaian simulasi baterai lithium ion dengan kapasitas 3.7 V, 2.6 Ah. Pada rangkaian simulasi baterai terhubung dengan beban resistif induktif seri dan paralel beban kapasitif.



Gambar 6. Model rangkaian beban resistif induktif seri dan paralel kapasitif

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 7. Gambar diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Simulasi Rangkaian Baterai *Lithium Ion* Terhadap Beban Resistif ( $\Omega$ )

Dari hasil simulasi rangkaian baterai *lithium ion* terhadap beban resistif yang ditetapkan dengan masing masing nilai tahanan sebesar 0,1  $\Omega$ , 0,3  $\Omega$ , 0,5  $\Omega$ , 0,7  $\Omega$ , dan 0,9  $\Omega$  seperti pada gambar 4. Dapat diamati bahwa pengaruh beban resistif pada nilai *State of Charge* baterai *lithium ion* mengakibatkan penurunan pada kapasitas baterai. Nilai *State of Charge* ketika dibebani beban resistif 0,1  $\Omega$  mengalami penurunan dari kapasitas awal 100% turun menjadi 60,31 %. Nilai *State of Charge* ketika dibebani beban resistif 0,3  $\Omega$  mengalami penurunan dari kapasitas awal 100% turun menjadi 75,34 %. Nilai *State of Charge* ketika dibebani beban resistif 0,5  $\Omega$  mengalami penurunan dari kapasitas awal 100% turun menjadi

82,11 %. Nilai *State of Charge* ketika dibebani beban resistif 0,7  $\Omega$  mengalami penurunan dari kapasitas awal 100% turun menjadi 85,95 %. Nilai *State of Charge* ketika dibebani beban resistif 0,9  $\Omega$  mengalami penurunan dari kapasitas awal 100% turun menjadi 88,43 %. Penurunan nilai *State of Charge* baterai *lithium ion* akan lebih cepat bila dibebani dengan nilai beban resistif yang semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil simulasi *State of Charge* baterai *lithium ion* terhadap beban resistif

NO	Beban	Waktu	SoC awal	SoC akhir
	R ( $\Omega$ )	detik	%	%
1	0,1	300	100	60,31
2	0,3	300	100	75,34
3	0,5	300	100	82,11
4	0,7	300	100	85,95
5	0,9	300	100	88,43

### Hasil Simulasi Rangkaian Baterai *Lithium Ion* Terhadap Beban Resistif ( $\Omega$ ) Terhubung Seri Dengan Beban Induktif (H).

Dari hasil simulasi baterai *lithium ion* dengan beban resistif ditetapkan sebesar 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif bervariasi 1, 10, 100, 1000, 10000  $\mu$ H selama 300 detik, dapat diamati bahwa semakin besar nilai beban induktif yang digunakan maka nilai *State of Charge* yang tersisa semakin besar. Nilai pembebanan baterai *lithium ion* dengan resistif seri dengan beban induktif dengan nilai tahanan 0,1  $\Omega$  dan 1  $\mu$ H selama 300 detik mengalami penurunan dari kapasitas awal 100 % menjadi 60,55 %. Nilai pembebanan baterai *lithium ion* dengan resistif seri dengan beban induktif dengan nilai tahanan 0,1  $\Omega$  dan 10  $\mu$ H selama 300 detik mengalami penurunan dari kapasitas awal 100 % menjadi 62,91 %. Nilai pembebanan baterai

lithium ion dengan resistif seri dengan beban induktif dengan nilai tahanan 0,1  $\Omega$  dan 100  $\mu\text{H}$  selama 300 detik mengalami penurunan dari kapasitas awal 100 % menjadi 85,24 %. Nilai pembebanan baterai lithium ion dengan resistif seri dengan beban induktif dengan nilai tahanan 0,1  $\Omega$  dan 1000  $\mu\text{H}$  selama 300 detik mengalami penurunan dari kapasitas awal 100 % menjadi 99,75 %. Nilai pembebanan baterai lithium ion dengan resistif seri dengan beban induktif dengan nilai tahanan 0,1  $\Omega$  dan 10000  $\mu\text{H}$  selama 300 detik mengalami penurunan dari kapasitas awal 100 % menjadi 99,99 %. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2. Tabel 2. Hasil simulasi SoC baterai lithium ion berbeban resistif 0,1  $\Omega$  seri beban induktif variasi 1, 10, 100, 1000, 10000  $\mu\text{H}$ .

NO	Beban		Waktu detik	SoC awal	SoC akhir
	R ( $\Omega$ )	L ( $\mu\text{H}$ )		%	%
1	0,1	1	300	100	60,55
2	0,1	10	300	100	62,91
3	0,1	100	300	100	85,24
4	0,1	1000	300	100	99,75
5	0,1	10000	300	100	99,99

**Hasil Simulasi Pembebanan Baterai Lithium Ion Terhadap Beban Resistif ( $\Omega$ ) Induktif (H) Terhubung Seri dan Pararel dengan beban kapasitif (F)**

Dari hasil simulasi dapat diamati bahwa nilai State of Charge baterai lithium ion dengan pembebanan resistif 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan pararel beban kapasitif divariasikan 1, 10, 100, 1000, 10000  $\mu\text{F}$  mengalami penurunan. Nilai State of Charge baterai lithium ion ketika berbeban 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10

$\mu\text{H}$  dan pararel 1  $\mu\text{F}$  dari kapasitas awal 100 % menurun hingga 62,92 % selama 300 detik saat simulasi. Nilai State of Charge baterai lithium ion ketika berbeban 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan pararel beban 10  $\mu\text{F}$  dari kapasitas awal 100 % menurun hingga 62,79 % selama 300 detik saat simulasi. Nilai State of Charge baterai lithium ion ketika berbeban 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan pararel beban kapasitif 100  $\mu\text{F}$  dari kapasitas awal 100 % menurun hingga 62,9 % selama 300 detik saat simulasi. Nilai State of Charge baterai lithium ion ketika berbeban 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan pararel beban kapasitif 1000  $\mu\text{F}$  dari kapasitas awal 100 % menurun hingga 60,30 % selama 300 detik saat simulasi. Nilai State of Charge baterai lithium ion ketika berbeban 0,1  $\Omega$  seri dengan beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan pararel beban kapasitif 10000  $\mu\text{F}$  dari kapasitas awal 100 % menurun hingga 45,88 % selama 300 detik saat simulasi. Untuk hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil simulasi State of Charge baterai lithium ion berbeban resistif 0.1  $\Omega$  seri beban induktif 10  $\mu\text{H}$  dan beban pararel divariasikan 1, 10, 100, 1000, 10000  $\mu\text{F}$

NO	Beban			Waktu detik	SoC awal	SoC akhir
	R ( $\Omega$ )	L ( $\mu\text{L}$ )	C ( $\mu\text{F}$ )		%	%
1	0,1	10	1	300	100	62,92
2	0,1	10	10	300	100	62,74
3	0,1	10	100	300	100	62,9
4	0,1	10	1000	300	100	60,3
5	0,1	10	10000	300	100	45,88

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan nilai beban resistif semakin besar akan memperlambat penurunan nilai State of Charge pada baterai lithium ion. Penurunan terendah nilai State of Charge pada saat pembeban 0,9  $\Omega$  yaitu 88,43 %.
2. Penambahan nilai beban induktif semakin besar pada beban resistif induktif seri akan memperlambat penurunan nilai State of Charge pada baterai lithium ion. Penurunan terendah nilai State of Charge pada saat beban induktif divariasikan 10000  $\mu$ H yaitu 99,99 %.
3. Pembahasan nilai beban kapasitif semakin besar pada beban resistif induktif seri dan paralel beban kapasitif akan mempercepat penurunan nilai State of Charge pada baterai lithium ion. Penurunan tertinggi nilai State of Charge pada saat beban kapasitif divariasikan 10000  $\mu$ F yaitu 45,88 %

## SARAN

1. Perlu penelitian lebih lanjut terkait pengaruh penggunaan beban terhadap kapasitas baterai *lithium ion* agar penggunaan baterai sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terkait pengaruh variasi nilai pembebanan terhadap baterai *lithium ion* agar kapasitas baterai dapat bekerja sesuai kebutuhan yang diperlukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., 2020. Arus Listrik DC : Seri Pararel dan Hukum Kirchoff. Muh-Amin.com.  
<https://muh-amin.com/rangkaian-listrik-dc-seri-paralel-dan-hukum-kirchoff/>
- Arfianto, D. F., 2016, Pemantauan, Proteksi, dan Ekuivalensi Baterai Lithium-ion Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase Shift. Tugas Akhir Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aisyah, Habibi. M. N., Prasetyo. M. I. D., Windarko, N. A., 2020. Estimasi State of Charge (SoC) Pada Baterai Lihium Ion Menggunakan Feed-Forward Backpropagation Neural Network Dua Tingkat, Jurnal Teknik Teknologi Terpadu, 8 Vol 2, Politeknik Elektronika Surabaya.
- Asran, 2014. Rangkaian Listrik 1. Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Provinsi Aceh.
- Batteryuniversity, 2019, Types of Lithium- ion, Juli, tersedia di <https://batteryuniversity.com/>, diakses 07-04-2021.
- EMBB, Lithium-ion Battery Dathaseet, November tersedia di <http://eemb.com>, diakses 08-04-2023.
- Sidiq, R. K., 2015, Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller Atmega16. Skripsi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

- Isnaini, A. D., Suwandi, Iskandar, R. F, 2017. Estimasi State of Charge Pada Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Perhitungan Coulumb, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- Kartika, Irine. 2017, Analisa Rugi Rugi Daya Akibat Arus Kapasitif, Tugas Akhir Teknik Elektro, Universitas PGRI Palembang.
- Malik, A, 2018. Analisis Rangkaian Inverter 12 V DC-220 V AC Dengan Sumber Panel Surya Pada Beban Motor Listrik Satu Fasa, Tugas Akhir Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Medan.
- Nugroho, Asep & Rijanto, Estiko, 2014. Simulasi Optimasi Pengukuran State of Charge Baterai Dengan Integral Observer. Pusat Tenaga Listrik & Mekanik LIPI, Dago, Bandung.