

**ANALISA PENGARUH BERAT JENIS DAN SUHU LARUTAN
ELEKTROLIT TERHADAP TEGANGAN KELUARAN DAN EFISIENSI
BATERAI DI PT. PLN (PERSERO) UPK BUKIT ASAM**



SKRIPSI

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

Oleh :

**BONI MARCIANO SYAHRIAL
03041281520102**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PENGARUH BERAT JENIS DAN SUHU LARUTAN
ELEKTROLIT TERHADAP TEGANGAN KELUARAN DAN EFISIENSI
BATERAI DI PT. PLN (PERSERO) UPK BUKIT ASAM



SKRIPSI

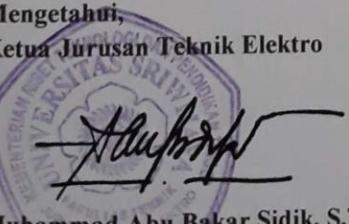
Diajukan Untuk Melengkapi Syarat Wisuda Ke-146 Universitas Sriwijaya

Oleh :

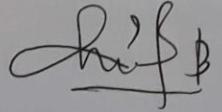
BONI MARCIANO SYAHRIAL

03041281520102

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Indralaya, Desember 2019
Menyetujui,
Pembimbing Utama


Hj. Ike Bayusari, S.T., M.T.
NIP. 197010181997022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Boni Marciano Syahrial
NIM : 03041281520102
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software *iThenticate/Turnitin* : 1 %

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “ANALISA PENGARUH BERAT JENIS DAN SUHU LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEGANGAN KELUARAN DAN EFISIENSI BATERAI DI PT. PLN (PERSERO) UPK BUKIT ASAM” 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.

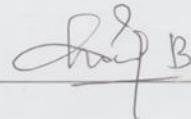
Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, Desember 2019

Boni Marciano Syahrial
NIM. 03041281520102

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

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama : Ike Bayusari, S.T., M.T.

Tanggal

: 09 / Desember / 2019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISA PENGARUH BERAT JENIS DAN SUHU LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEGANGAN KELUARAN DAN EFISIENSI BATERAI DI PT. PLN (PERSERO) UPK BUKIT ASAM”. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

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

1. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. yang telah memberi banyak arahan kepada penulis selama proses perkuliahan.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. yang telah membimbing penulis dalam penyelesaian penulisan tugas akhir.
4. Dosen pembimbing akademik Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Kedua orang tua beserta keluarga besar yang telah mendukung penulis pada proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
7. Rekan-rekan Teknik Elektro angkatan 2015.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Indralaya, Desember 2019

Boni Marciano Syahrial

ABSTRAK

Baterai merupakan suatu alat listrik yang berfungsi sebagai penyuplai daya untuk peralatan proteksi dengan tujuan agar sistem proteksi bekerja secara baik apabila terjadi gangguan. Kinerja suatu sel baterai dapat dipengaruhi oleh suhu larutan elektrolit yang kemudian berdampak pada nilai berat jenis larutan elektrolit dan selanjutnya akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Sehingga, efisiensi daya yang dihasilkan oleh baterai pun akan ikut berubah. Untuk itu, penulis melakukan penelitian tentang efek perubahan suhu dan berat jenis larutan elektrolit terhadap tegangan keluaran dan efisiensi daya yang dihasilkan di Baterai Unit 4 LBA 110 VDC PT. PLN (Persero) UPK Bukit Asam. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 2.23 Volt saat suhu dan berat jenis larutan elektrolit sebesar 24°C dan 1.26 kg/L, sedangkan tegangan keluaran yang bernilai 0.13 Volt saat suhu dan berat jenis larutan elektrolit sebesar 55.3°C dan 0.90 kg/L. Kemudian, untuk efisiensi daya yang dihasilkan pada saat pengosongan, efisiensi terbaik yang dihasilkan sebesar 90.73 % dengan tegangan total sebesar 105.7 Volt, sedangkan efisiensi terendah dihasilkan pada saat tegangan total bernilai 94.9 Volt dengan efisiensi sebesar 81.46 %. Terlihat jelas bahwa tegangan keluaran dan efisiensi daya dipengaruhi oleh suhu dan berat jenis larutan elektrolit pada baterai.

Kata kunci: Baterai, Suhu, Berat Jenis, Tegangan Keluaran, Efisiensi Daya.

Indralaya, Desember 2019

Mengetahui,

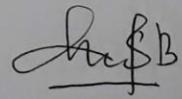
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Ike Bayusari, S.T., M.T.
NIP. 197010181997022001

ABSTRACT

Battery is an electrical instrument which used as a power supply for protection instrument to make the protection system running well if there is any disruption. A battery cell performance could be affected by the electrolyte temperature then its effect the specific gravity of electrolyte also the output voltage. Thus, power efficiency of battery cell also could be changed. Because of that, the writer conducted a research about the changing effect of electrolyte temperature and specific gravity on the output voltage and power efficiency in Battery Unit 4 LBA 110 VDC PT. PLN (Persero) UPK Bukit Asam. The results show that the output voltage produced 2.23 Volt when the electrolyte temperature and specific gravity is about 24°C and 1.26 kg/L meanwhile, the output voltage produced 0.13 Volt when the electrolyte temperature and specific gravity is about 55.3°C and 0.90 kg/L. Then, in power efficiency of discharging battery, the best efficiency produced 90.73 % when the amount of output voltage is about 105.7 Volt, while the lowest efficiency produced 81.46 % when the amount of output voltage is about 94.9 Volt. Obviously, that the output voltage, capacity, and efficiency on battery are affected by the electrolyte temperature and specific gravity.

Key words: *Battery, Temperature, Specific Gravity, Output Voltage, Power Efficiency.*

Indralaya, Desember 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP : 197108141999031005

Menyetujui,

Pembimbing Utama

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ike Bayusari".

Ike Bayusari, S.T., M.T.

NIP. 197010181997022001

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xv
NOMENKLATUR.....	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSAKA	4
2.1 Baterai	4
2.2 Klasifikasi Baterai	4
2.2.1 Berdasarkan Kapasitas Baterai.....	4

2.2.2 Berdasarkan Bahan Elektrolit Baterai	5
2.3 Bagian-bagian Baterai	5
2.3.1 Elektroda	6
2.3.2 Elektrolit	6
2.3.3 Sel Baterai	7
2.3.3.1 <i>Steel Container</i>	7
2.3.3.2 <i>Plastic Container</i>	7
2.3.4 Terminal dan Penghubung Baterai	8
2.3.5 Plat Baterai	8
2.3.6 Separator	9
2.3.7 Tutup Ventilasi.....	9
2.4 Rangkaian Baterai	9
2.4.1 Sistem Sederhana	9
2.4.2 Sistem Cadangan.....	10
2.4.3 Sistem Terapung.....	10
2.4.4 Sistem Ganda.....	10
2.5 Pengisian Baterai.....	10
2.5.1 <i>Floating</i>	11
2.5.2 <i>Equalizing</i>	11
2.5.3 <i>Boosting</i>	11
2.6 Karakteristik Elektrolit Baterai	11
2.7 Pengaruh Suhu terhadap Tegangan Keluaran Baterai.....	14
2.8 Efisiensi Baterai	16
BAB III.....	18
METODE PENELITIAN	18
3.1 Lokasi Penelitian	18

3.2	Waktu Penelitian	18
3.3	Metode Penelitian.....	19
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.5	Prosedur Pengambilan Data Baterai.....	21
3.6	Data Masukan.....	22
	BAB IV	23
	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit Terhadap Berat Jenis	23
4.2	Pengaruh Berat Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan Keluaran	29
4.3	Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan Keluaran	31
4.4	Pengaruh Tegangan Keluaran Terhadap Efisiensi Daya Baterai Selama Proses Pengosongan (Discharging)	33
	BAB V	38
	KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran.....	38
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perencanaan Penelitian.....	18
Tabel 4.1 Data Pengisian (<i>Charging</i>) Baterai Unit 4 LBA 110 VDC Bulan Maret	23
Tabel 4.2 Data Pengisian (<i>Charging</i>) Baterai Unit 4 LBA 110 VDC Bulan Mei .	24
Tabel 4.3 Data Pengisian (<i>Charging</i>) Rata-rata Baterai Unit 4 LBA 110 VDC	26
Tabel 4.4 Data Pengosongan (<i>Discharging</i>) Rata-rata Baterai Unit 4 LBA 110 VDC	28
Tabel 4.5 Data Perhitungan Efisiensi Daya pada Baterai Unit 4 LBA 110 VDC ..	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Elektrokimia pada Sel Baterai saat Proses <i>Charging</i> dan <i>Discharging</i>	6
Gambar 2.2 Campuran Asam dan Air pada Larutan Elektrolit	6
Gambar 2.3 <i>Steel Container</i>	7
Gambar 2.4 <i>Plastic Container</i>	7
Gambar 2.5 Terminal Penghubung Baterai.....	8
Gambar 2.6 Plat Baterai	8
Gambar 2.7 Separator Plat Baterai.....	9
Gambar 2.8 Tutup Ventilasi	9
Gambar 2.9 Karakteristik Performa Baterai Tipe <i>Lead-Acid</i>	12
Gambar 2.10 Hubungan Berat Jenis Elektrolit dengan Suhu Elektrolit	12
Gambar 2.11 Hubungan Tegangan, Berat Jenis Elektrolit dengan Tingkat Kekosongan Baterai	13
Gambar 2.12 Tegangan Baterai dengan Arus yang Berbeda pada saat Pengosongan (<i>Discharging</i>).....	13
Gambar 2.13 Tegangan Baterai dengan Arus yang Berbeda pada saat Pengisian (<i>Charging</i>).....	14
Gambar 2.14 Tegangan Baterai dengan Kondisi Suhu yang Berbeda pada saat Pengisian (<i>Charging</i>)	15
Gambar 2.15 Tegangan Baterai dengan Kondisi Suhu yang Berbeda pada saat Pengosongan (<i>Discharging</i>).....	16
Gambar 2.16 Tegangan Baterai dengan Kondisi Suhu yang Berbeda pada saat Pengosongan (<i>Discharging</i>) dengan Nilai Arus yang Sama.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit terhadap Berat Jenis Larutan	

Elektrolit Selama Proses Pengisian (<i>Charging</i>) : (a) Bulan Maret ; (b) Bulan Mei.....	25
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata per Bulan Selama Proses Pengisian (<i>Charging</i>) : (a) Suhu Larutan Elektrolit ; (b) Berat Jenis Larutan Elektrolit ; (c) Tegangan Keluaran	27
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit Rata-rata terhadap Berat Jenis Larutan Elektrolit Rata-rata Selama Proses Pengosongan (<i>Discharging</i>)	29
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Berat Jenis Larutan Elektrolit terhadap Tegangan Keluaran Selama Proses Pengisian (<i>Charging</i>) : (a) Bulan Maret ; (b) Bulan Mei.....	30
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Berat Jenis Larutan Elektrolit Rata-rata terhadap Tegangan Keluaran Rata-rata Selama Proses Pengosongan (<i>Discharging</i>)	31
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit terhadap Tegangan Keluaran Selama Proses Pengisian (<i>Charging</i>) : (a) Bulan Maret ; (b) Bulan Mei.....	32
Gambar 4.7 Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit Rata-rata terhadap Tegangan Keluaran Rata-rata Selama Proses Pengosongan (<i>Discharging</i>)	33
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Tegangan Keluaran terhadap Efisiensi Daya Baterai	35
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Lama Waktu Pengosongan (<i>Discharging</i>) terhadap Efisiensi Daya Baterai	36

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Tegangan.....	15
Rumus 2.2 Efisiensi Daya Baterai.....	16
Rumus 2.3 Daya Masukan dan Keluaran Baterai	17

NOMENKLATUR

P	: Daya baterai (W)
V	: Tegangan baterai (V)
I	: Arus baterai (A)
$\cos \varphi$: Faktor daya
P_{input}	: Daya pada saat sebelum pengosongan baterai (W)
P_{output}	: Daya pada saat pengosongan baterai (W)
η	: Efisiensi baterai (%)
R	: Hambatan total (Ω)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman modern seperti saat ini, pasokan listrik menjadi salah satu hal kebutuhan pokok yang mendasar dalam kehidupan sehari-hari. Kebutuhan akan listrik ini berbanding lurus terhadap perkembangan teknologi dan infomasi. Meningkatnya kebutuhan akan pasokan listrik haruslah diiringi dengan kualitas maupun keandalan energi listrik yang telah dihasilkan. Dalam masalah kualitas, dapat terlihat dari segi teknis serta ekonomis. Dalam segi keandalan sistem tenaga listrik begitu erat kaitannya akan ketersediaan, yang merupakan banyaknya waktu sebuah sistem yang bekerja berdasarkan fungsinya.

Dalam menyalurkan tenaga listrik hingga ke konsumen diperlukan sebuah peralatan listrik dan sistem proteksi yang andal. Dalam upaya mengurangi kerugian yang disebabkan oleh gangguan, maka diperlukan suatu sistem yang stabil dan kemampuan yang andal, di mana sumber tenaga tersebut berupa baterai yang digunakan sebagai *back up* atau cadangan dalam sumber arus searah. Baterai sendiri merupakan suatu alat listrik yang berfungsi sebagai penyuplai daya untuk peralatan proteksi yang ada seperti rele, PMT, pembaca alat ukur, dan lain sebagainya. Baterai yang terdiri dari beberapa sel baterai dalam menyuplai daya untuk peralatan proteksi harus dapat dipastikan beroperasi dengan maksimal dengan tujuan bahwa sistem proteksi bekerja secara baik apabila terjadi gangguan. Jika beberapa sel pada baterai tidak bekerja dengan baik, maka sistem proteksi pada Gardu Induk akan terganggu. Hal itu dapat disebabkan oleh kurangnya volume cairan elektrolit pada baterai, menurunnya nilai berat jenis pada cairan elektrolit, meningkatnya suhu pada tiap sel baterai, bodi baterai yang panas, dan lain sebagainya. Jika hal tersebut terjadi, maka kinerja pada baterai berkurang dan efisiensinya pun menurun. [1]

1.2 Perumusan Masalah

Di dalam sel baterai terdapat larutan elektrolit, di mana larutan elektrolit tersebut memiliki nilai berat jenis yang sewaktu-waktu nilainya dapat berubah. Nilai berat jenis larutan elektrolit yang dapat berubah disebabkan karena adanya perubahan suhu pada bodi baterai. Berubahnya nilai suhu pada bodi baterai akan mengakibatkan suhu larutan elektrolit pada baterai juga ikut berubah, yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai berat jenis larutan elektrolit. Semakin tinggi suhu larutan elektrolit pada baterai, maka semakin kecil nilai berat jenis larutan elektrolit, begitupun sebaliknya. Akibat menurunnya nilai berat jenis larutan elektrolit, maka tegangan keluaran yang dihasilkan pun akan semakin kecil dan arus yang mengalir pada baterai dapat berkurang [2], sehingga hal tersebut akan berpengaruh terhadap nilai efisiensi pada baterai itu sendiri.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengukur nilai tegangan keluaran pada baterai akibat pengaruh dari berat jenis dan suhu pada tiap sel baterai, baik pada saat proses pengisian dan pengosongan.
2. Menghitung efisiensi daya baterai akibat menurunnya nilai tegangan keluaran pada baterai.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tidak membahas pembebahan pada baterai.
2. Tidak membahas proses elektrolisis pada baterai.
3. Tidak membahas tahanan pada baterai.
4. Hanya membahas berat jenis dan suhu pada larutan elektrolit baterai.
5. Tidak membahas rangkaian instalasi baterai.

6. Tidak membahas proses pengisian ulang setelah dilakukan proses pengosongan pada baterai.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang dasar teori yang berhubungan dengan baterai dan sistem perhitungan yang digunakan dalam menghitung efisiensi suatu baterai.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan, seperti jenis penelitian, metode pengumpulan data, dan prosedur pengolahan data yang digunakan dalam menentukan efisiensi pada baterai.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan mengenai hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan serta saran sesuai dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Ricky Agned, “Studi Kapasitas Baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang,” vol. 3, pp. 1–9, 2016.
- [2] H. Jouhara *et al.*, “Applications and thermal management of rechargeable batteries for industrial applications,” *Energy*, vol. 170, pp. 849–861, 2019.
- [3] Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, “Sumber Arus Baterai,” pp. 97–102, 2011.
- [4] I. Salam, “Analisis Efisiensi Baterai Komunikasi pada Gardu Induk PT. PLN (Persero) Region JATENG dan DIY UPT Kudus,” pp. 17–19, 2007.
- [5] J. E. Carrasco and D. Serrano-jim, “A Ni e Cd battery model considering state of charge and hysteresis effects,” vol. 275, 2015.
- [6] Nugroho, “Baterai Sebagai Suplai Tegangan DC pada Gardu Induk 150 kV Kalisari,” pp. 1–7, 2012.
- [7] L. Halim, “LAPORAN Perancangan dan Implementasi Sistem Charging & Monitoring Baterai Lithium Disusun Oleh: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan,” 2017.
- [8] PT. PLN (Persero), “SISTEM DC,” pp. 7–8, 2011.
- [9] R. A. Hougen, O. A., Watson, K.M., Ragatz, “Chemical Process Principles,” vol. 2, pp. 17–19, 1952.
- [10] P. D. I. Torino, “Politecnico di torino,” no. February, 2019.
- [11] D. Linden and T. B. Reddy, *HANDBOOK OF BATTERIES*. .
- [12] H. Andri, “Rancang Bangun System Battery Charging Automatic,” p. 41, 2010.

- [13] H. C. Dirani, E. Semaan, and N. Moubayed, "Impact of the Current and the Temperature Variation on the Ni-Cd Battery Functioning," pp. 339–343, 2013.
- [14] G. H. Susilo, "Sistem Catu Daya Searah (DC Power) pada Gardu Induk 150 kV Srondol PT. PLN (Persero) UPT Semarang," no. 2012, pp. 1–7.
- [15] H. A. Kiehne, *Battery Technology Handbook Second Edition*, Second Edi. 2003.
- [16] C. S. Indra Angga Wibowo, Basori, "PADA YUASA LEAD ACID BATTERY TIPE LIQUID VENTED 12V 5Ah," no. Dc, pp. 54–62, 2010.
- [17] P. Suhu, T. Hambatan, B. Julianto, J. Fisika, and U. N. Semarang, "Pengaruh suhu terhadap hambatan rangkaian listrik," pp. 102–104.
- [18] N. Lubis, "Kegagalan Proteksi pada Gardu Induk 150 kV Akibat Suplai Tegangan DC," vol. 19, no. 1, pp. 18–26, 2017.
- [19] Pudjaatmaka, A. Hadyana, and Keenan, "Kimia untuk Universitas," pp. 381–382, 1984.
- [20] C. Paper, "Modeling and Simulation of Nickel-Cadmium Batteries during Discharge," no. April 2014, 2011.
- [21] A. Darmawi, "Statistik Non Parametrik."
- [22] "block battery," no. August, 2018.