

# STUDI KAPASITAS BATERAI 110 VOLT DC UNIT I PADA GARDU INDUK 150 KV BIREUEN

Selamat Meliala, Muhammad Rijal, Taufiq

*Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe*  
*Jl. Bukit Indah, Muara satu, Lhokseumawe, Aceh.*  
*E-mail : [muhammad.160150033@mhs.unimal.ac.id](mailto:muhammad.160150033@mhs.unimal.ac.id)*

**Abstrak**— Pada Gardu Induk Bireuen terdapat sumber tegangan AC dan DC. Sumber DC berperan sebagai suplai daya ke motor penggerak pada PMS dan PMT serta peralatan proteksi digardu induk Bireuen. Sumber arus searah (DC) diperoleh dari rectifier dan baterai terpasang dalam instalasi yang tersusun secara seri dengan beban atau biasa disebut sistem DC. Baterai pada gardu induk berfungsi sebagai cadu daya DC cadangan apabila terjadi gangguan pada trafo pemakaian sendiri di gardu induk, Oleh karena itu perlu dilakukan pemeliharaan baterai secara rutin dan pengujian kapasitas baterai agar tetap layak dan handal untuk memenuhi kebutuhan sumber daya DC pada Gardu Induk 150 KV Bireuen. Dalam penelitian ini menggunakan metode pengukuran tegangan per sel baterai dan pengujian kapasitas baterai 110 Volt DC pada Gardu Induk 150 KV Bireuen. Berdasar hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat buah sel baterai yang drop dengan tegangan tiap sel terukur masing-masing  $-0.38V$ ,  $-0.22V$ ,  $-0.32V$  dan  $-0.27$  pada sel 15,46,60 dan 66, sehingga perlu di ganti agar tidak mengganggu kinerja dari sel baterai lain. Secara keseluruhan dari hasil pengujian kapasitas baterai 110 Volt DC pada Gardu Induk 150 KV Bireuen dapat dikatakan layak dan handal karena setelah 5 jam pengujian kapasitas baterai masih di atas minimum menurut standar IEEE dan PLN, baterai memiliki efisiensi sebesar 99,5% dan kapasitas baterai 210 Ah dimana mampu memberi sumber daya DC selama 2,62 jam saat terjadi blackout pada Gardu Induk 150 KV Bireuen.

**Kata kunci** : *Kapasitas baterai, efisiensi baterai, tegangan, baterai, Alkali Ni-cd*

## I. PENDAHULUAN

Sekarang ini listrik ialah keperluan utama manusia , hampir semua peralatan menggunakan listrik, Untuk menjamin kelancaran dalam melayani kebutuhan listrik ke pelanggan di perlukan kinerja peralatan listrik yang optimal pada gardu induk, Salah satunya sistem DC yang berfungsi untuk memberi sumber daya DC terutama peralatan yang beroperasi di gardu induk yang terintegrasi dengan perangkat utama yang menyalurkan tenaga

listrik, seperti daya DC untuk rele, motor penggerak pada PMS dan PMT.

Sistem DC pada gardu induk berupa baterai dan rectifier yang berperan sebagai pengubah tegangan AC ke tegangan DC menggunakan sumber AC, sebagai input yang sangat rawan terhadap ancaman gangguan seperti kehilangan tegangan akibat sumber AC dari Trafo pemakaian sendiri Gardu Induk padam akibat gangguan transmisi atau trafo daya atau tidak bekerjanya sistem proteksi di Gardu Induk akibat kegagalan suplay sistem DC. Oleh karena itu untuk mengecilkan dampak kerugian yang diakibatkan gangguan tersebut dibutuhkan suatu sistem DC yang handal dan stabilitas yang tinggi dengan dilengkapi cadangan sumber daya yaitu baterai sebagai back up cadu daya DC.[1].

Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan proses kimia. Sementara proses kimia ialah didalam baterai bisa berlangsung proses pengubah kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (pengisian ulang) dengan cara pembaharuan elektroda-elektroda yang digunakan yakni dengan melewatkan arus listrik pada arah polaritas yang berlawanan di dalam sel baterai dapat berupa susunan beberapa sel ataupun hanya satu sel saja.[2]. Agar Sumber DC di Gardu Induk Bireuen tetap bekerja dengan baik serta dapat menyuplai daya DC meski dalam kondisi tanpa charger ataupun dalam kondisi blackout sehingga butuh dilaksanakan perawatan rutin pada baterai serta pengujian kapasitas baterai khususnya pada baterai 110 Volt DC.

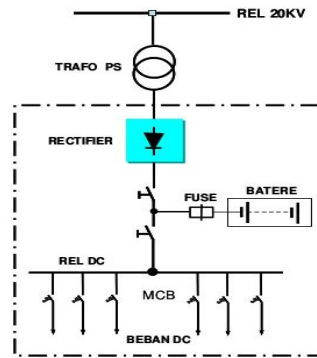
Pemeliharaan baterai dibutuhkan untuk tetap menjaga daya tahan dan efisiensi operasi baterai agar dapat bekerja sebagaimana mestinya, sehingga keandalan peralatan dalam menyalurkan tenaga listrik tetap terjaga. Pelaksanaan pemeliharaan baterai meliputi pemeliharaan mingguan, bulanan, enam bulanan serta dua tahunan.

Pengukuran tegangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tegangan baterai tiap sel ataupun tegangan total seluruh sel baterai. Pengukuran suhu elektrolit di lakukan untuk mengetahui kondisi elektrolit baterai saat diisi (*charge*) maupun dalam kondisi tidak normal. Pengujian kapasitas baterai bertujuan untuk mengetahui kondisi karakteristik baterai, sampai berapa lama baterai mampu memberikan cadu DC saat terjadi gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan kapasitas baterai 110 VDC pada gardu induk Bireuen apakah masih handal untuk memberikan suplai tegangan DC terhadap peralatan proteksi saat terjadi gangguan kehilangan tegangan (*blackout*).

## II. DASAR TEORI

### Sistem DC

Dalam pengoperasian tenaga listrik terdapat dua macam sumber tenaga untuk kontrol di dalam Gardu Induk, ialah sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak balik (AC). Catu daya sumber DC dipakai bagi keperluan operasi rele proteksi dan kontrol untuk scadatel. [1]



Gambar 2.1 Diagram instalasi sistem DC.

### Rectifier

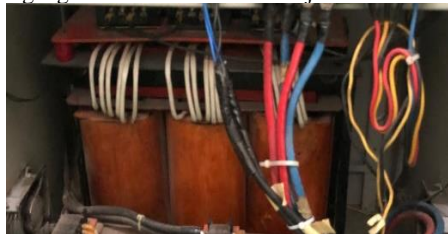
Rectifier ialah suatu rangkaian alat listrik untuk mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Rectifier yang terpasang di Gardu Induk fungsinya untuk mengisi muatan baterai, menyuplai daya secara kontinu ke beban serta menjaga baterai agar tetap dalam kondisi penuh.

#### 2.2.1 Bagian Utama Rectifier

Bagian utama rectifier terbagi atas Trafo Utama, Penyearah, AVR, Filter, Rangkaian Voltage Dropper, serta sistem alarm.

#### 1. Transformator Utama

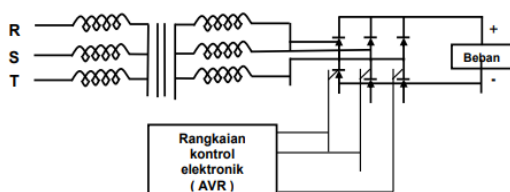
Transformator utama yang terpasang pada *rectifier* memakai transformator *Step-down* berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan AC 220/380 volt menjadi 110/48 volt.



Gambar 2.2 Transformator 3 fasa

#### 2. Penyearah Thyristor

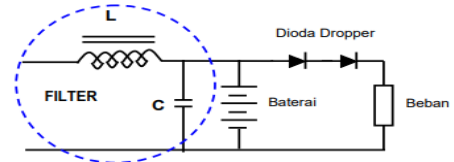
Penyearah Thyristor berperan selaku penyearah dan serta pengendali tegangan keluaran dari transformator utama penyearah ini dari bahan semi konduktor yang di lengkapi dengan satu terminal kontrol untuk mengatur sudut penyalan Thyristor.



Gambar 2.3 Diagram penyearah thyristor 3 fasa

#### 3. Filter

Filter berperan sebagai penyaring tegangan DC yang keluar dari rangkaian penyearah supaya bisa menciptakan tegangan searah murni yaitu kadar harmonisa ataupun ripple tegangan keluarannya tidak melebihi batas tertentu (<2%).



Gambar 2.4 Rangkaian Filter (penyaring)

#### 4. AVR (Automatic Voltage Regulator)

Automatic Voltage Regulator yang ada pada rectifier ialah modul elektronik yang berperan untuk memberi trigger positif pada gate Thyristor sehingga pengendalian arus serta tegangan gate Thyristor yang disalurkan ke baterai ataupun ke beban supaya diselarasakan berdasarkan keperluan.



Gambar 2.5 Modul Elektronik AVR

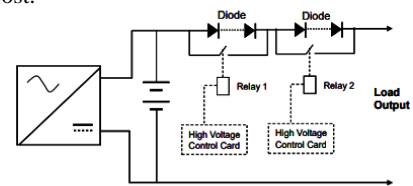
#### 5. Alarm Unit

Alarm Unit suatu alat elektronik yang berperan membagikan informasi saat mengalami abnormal pada sistem kerja rectifier antara lain:

- AC Failure (Sumber AC input hilang)
- DC Failure (Sumber AC output hilang)
- High DC Voltage (Tegangan DC tinggi)
- Earth Faul positif (Hubung tanah pada kutub positif pada sumber DC)
- Earth Faul Negatif (Hubung tanah pada kutub negatif pada sumber DC)

#### 6. Rangkaian Voltage Dropper

Rangkaian Voltage Dropper terdiri dari sejumlah dioda yang terhubung secara seri yang berperan untuk menurunkan tegangan ketika rectifier di gunakan untuk tujuan pemeliharaan pada baterai supaya selalu pada kondisi penuh ataupun full charger. Saat beroperasi dengan pengisian Boost ataupun Equalizing tegangan output rectifier disisi baterai ataupun beban akan tinggi sehingga pada keadaan tersebut akan merusak peralatan, oleh sebab tersebut agar tegangan di sisi beban tetap stabil, sehingga di pasang penurun tegangan (Voltage dropper). Besarnya kapasitas dropper akan tergantung pada keperluan besarnya tegangan yang harus diturunkan ketika rectifier bekerja dengan pengisian Equalizing ataupun Boost.



Gambar 2.6 Diagram Voltage Dropper

#### 7. Unit pengaturan Arus serta Tegangan

Pengaturan arus serta tegangan output rectifier dilakukan dengan mengatur tahanan geser pada modul kontrol (AVR) supaya memenuhi standar ataupun syarat pengisian baterai serta suplai beban.

**Rangkaian Baterai**

Suatu sel baterai mempunyai tegangan yang terbatas maka membutuhkan cara supaya baterai bisa mencukupi keperluan tegangan kerja yang diperlukan peralatan. jikalau suatu peralatan memerlukan tegangan sebesar 110 volt dengan tegangan sel baterai sebesar 1,5 volt sehingga dibutuhkan sebanyak ± 75 sel baterai yang terhubung seri supaya bisa mencukupi keperluan peralatan tersebut.

**1. Hubungan Seri**

Baterai dihubungkan secara seri fungsinya supaya bisa menambah total tegangan baterai berdasarkan keperluan tegangan kerja yang diperlukan peralatan. jikalau suatu peralatan memerlukan tegangan sebesar 110 volt dengan tegangan sel baterai sebesar 1,5 volt sehingga dibutuhkan sebanyak ± 75 sel baterai yang terhubung seri supaya bisa mencukupi keperluan peralatan tersebut.

tetapi hubungan seri yang di terapkan pada baterai mempunyai kelemahan yakni jikalau salah satu sel baterai terjadi kerusakan berdampak pada kesemuannya sel baterai hingga dapat mengakibatkan suplai DC ke beban terputus.



2.7 Hubungan Seri Baterai[5]

**2. Hubungan Paralel**

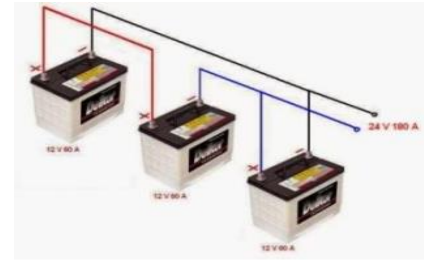
Hubungan paralel fungsinya untuk menaikkan arus baterai serta menjaga keandalan beban DC pada sistem. Dimana jikalau salah satu sel baterai terjadi kerusakan maka tidak akan berpengaruh pada sel baterai yang lain sehingga baterai tetap mampu menyuplai daya DC ke peralatan, dalam arti lain tidak berpengaruh pada baterai secara ke seluruhnya. Akan tetapi baterai hubungan paralel mempunyai kelemahan yakni dapat menyusutkan kapasitas daya baterai.



Gambar 2.8 Hubungan Paralel Baterai[5]

**3. Hubungan Kombinasi**

Baterai dihubungkan kombinasi yakni mencakupi hubungan seri paralel dan hubungan paralel seri. Kedua hubungan ini ditunjukkan supaya bisa mencukupi keperluan ganda yang lebih baik, yakni sisi tegangan, arus serta keandalan sistem. Baterai dihubungkan seri sehingga mengakibatkan tegangan bertambah sementara baterai terhubung paralel menyebabkan arus bertambah serta bisa menambah keandalan pada sistem.



Gambar 2.9 Hubungan Seri paralel Baterai[5]

**Kapasitas Baterai**

Kapasitas suatu baterai ialah besarnya arus listrik (ampere) baterai yang dapat di suplai ataupun beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu . Kapasitas baterai (Ah) dinyatakan sebagai berikut:

$$C = I \cdot t \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- C = Kapasitas
- I = Arus
- t = Waktu (jam)

**Prinsip dasar pengujian kapasitas baterai**

Prinsip dasar pengujian kapasitas baterai dilakukan dengan memberikan beban baterai (arus pengosongan/I discharging) sebesar 0,2 C karena 0,2 C ini telah distandarkan oleh IEC (International Electrotechnical Commission)[6], hal ini dimaksud agar baterai yang di uji tidak mengalami *Over heating* pada sel (yang terdiri dari elektroda, plat dan elektrolit) yang sangat memungkinkan cepat rusaknya baterai tersebut.

Baterai dihubungkan dengan alat pengosongan ,yang secara otomatis menampilkan arus pengosongan, tegangan total , lama pengosongan, dan Ah pengosongan, yang harus diperhatikan dalam pengujian kapasitas baterai adalah:

Setting Pengosongan baterai:

1. Arus pengosongan (I discharging) = 0,2 x Kapasitas baterai (C)
2. Lama pengosongan (T stop) = Kapasitas baterai : Arus pengosongan
3. Tegangan akhir ( v stop) = 1 Volt per sel
4. Suhu maksimal elektrolit yang diizinkan selama pengosongan = 40-45°C.

**Efisiensi Baterai**

Efisiensi suatu baterai diartikan sebagai perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Dapat dirumuskan :

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- $\eta$  = Efisiensi (%)
- Cd = Kapasitas discharger / Uji (Ampere hour)
- Cc = Kapasitas Charger (Ampere hour)

Baterai dapat dikategorikan baik menurut standar PLN saat kapasitasnya lebih dari 60% dan kurang baik jika kurang dari 60%

Menurut standar IEEE suatu baterai memiliki yaitu :

1. Tegangan Minimum (V min) sebesar 95% dari tegangan nominal baterai yang di gunakan, sehingga apabila baterai memiliki tegangan nominal sebesar 110 VDC maka baterai akan memiliki tegangan minimum sebesar 104,5 VDC.
2. Tegangan Minimum (V min ) pengosongan sebesar 80 % tegangan penuh baterai yang digunakan. Sehingga untuk mengetahui besar tegangan minimum pengosongan adalah:

$$V_{min} = \frac{80}{100} \times V_{max} \dots \dots \dots (2.3)$$

**Lama baterai 110 VDC dapat memberi suplai daya DC**

Baterai 110 VDC pada gardu induk kapasitas baterai ialah 211Ah, baterai tersebut dapat menyuplai arus sebesar 211 ampere dalam 1 jam. Sementara beban arus DC pada gardu induk sebesar 80 ampere.

Maka dapat menyuplai beban selama

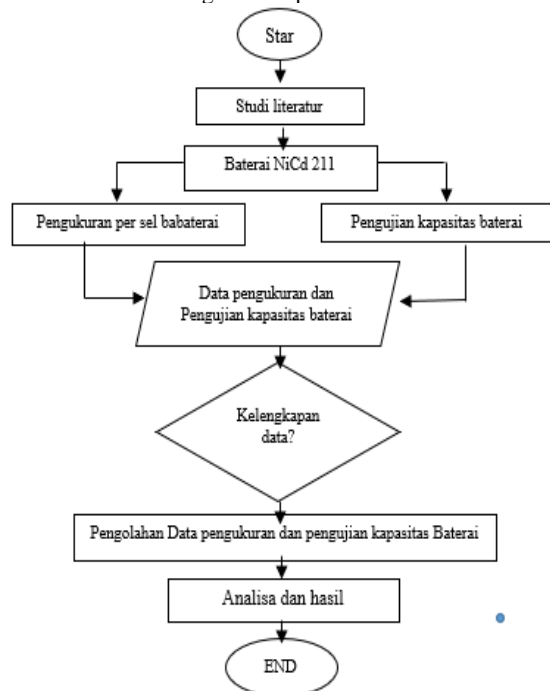
$$t(\text{jam}) = \frac{\text{kapasitas pengujian}}{\text{Besar Beban Gardu Induk}} \dots \dots \dots (2.4)$$

**III. METODE PENELITIAN**

Adapun metode pelaksanaan penelitian yang digunakan oleh peneliti ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur, dengan membaca dari sejumlah teori yang berhubungan dengan tema tugas akhir, yakni seperti buku referensi, artikel, jurnal, internet, buku elektronik, buku pedoman dari PT.PLN (persero) serta sebagainya.
2. Wawancara, ataupun interview adalah sebuah dialog yang dilaksanakan pewawancara supaya untuk mendapatkan informasi dari narasumber.
3. Pengukuran, dalam penelitian menggunakan metode pengukuran dengan alat ukur yaitu multimeter, termometer, battery capacity tester serta alat bantu lainnya untuk mendapatkan data dari hasil pengujian terhadap baterai.
4. Dokumentasi, Metode dokumentasi ialah dengan menggunakan tulisan sebagai sumber penelitian, seperti buku-buku penunjang, dokumen, dan sebagainya.

Berikut ini adalah diagram alir penelitian :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Data Baterai Pada Garduk Induk**

Tabel 4.1 Spesifikasi Baterai

DATA BATERAI				Jumlah Baterai
Merek	Type	Kapasitas	Tegangan	
SAFT NiCd	SCM 211	211 Ah	1,2V-2V	88 sel
Berat jenis = 1,180 ± 0,020 gr/cm <sup>3</sup>				

**4.1.1 Data Pengukuran Per-Sel Baterai SAFT NiCd Januari & Februari 2021**

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Per-Sel Baterai SAFT NiCd Januari

sel	TG (V)	°C	BJ	sel	TG (V)	°C	BJ
1	1.47	28.8	1.20	45	1.40	28.8	1.20
2	1.47	28.8	1.20	46	1.40	28.8	1.20
3	1.46	28.8	1.20	47	1.40	28.8	1.20
4	1.40	28.8	1.20	48	1.40	28.8	1.20
5	1.50	28.8	1.20	49	1.40	28.8	1.20
6	1.40	28.8	1.20	50	1.40	28.8	1.20
7	1.40	28.8	1.20	51	1.40	28.8	1.20
8	1.40	28.8	1.20	52	1.40	28.8	1.20
9	1.40	28.8	1.20	53	1.40	28.8	1.20
10	0.70	28.8	1.20	54	1.50	28.8	1.20
11	1.40	28.8	1.20	55	1.40	28.8	1.20
12	1.40	28.8	1.20	56	1.40	28.8	1.20
13	1.40	28.8	1.20	57	1.40	28.8	1.20
14	1.40	28.8	1.20	58	1.40	28.8	1.20
15	1.40	28.8	1.20	59	1.40	28.8	1.20
16	1.40	28.8	1.20	60	1.40	28.8	1.20
17	1.40	28.8	1.20	61	1.40	28.8	1.20
18	1.30	28.8	1.20	62	1.40	28.8	1.20
19	1.40	28.8	1.20	63	1.50	28.8	1.20
20	1.40	28.8	1.20	64	1.30	28.8	1.20
21	1.40	28.8	1.20	65	1.40	28.8	1.20
22	1.30	28.8	1.20	66	1.30	28.8	1.20
23	1.40	28.8	1.20	67	1.40	28.8	1.20
24	1.40	28.8	1.20	68	1.40	28.8	1.20
25	1.40	28.8	1.20	69	1.40	28.8	1.20
26	1.40	28.8	1.20	70	1.50	28.8	1.20
27	1.40	28.8	1.20	71	1.40	28.8	1.20
28	1.50	28.8	1.20	72	1.40	28.8	1.20
29	1.40	28.8	1.20	73	1.40	28.8	1.20
30	1.40	28.8	1.20	74	1.40	28.8	1.20
31	1.40	28.8	1.20	75	1.40	28.8	1.20
32	1.40	28.8	1.20	76	1.40	28.8	1.20
33	1.40	28.8	1.20	77	1.50	28.8	1.20
34	1.40	28.8	1.20	78	1.50	28.8	1.20
35	1.40	28.8	1.20	79	1.40	28.8	1.20
36	1.40	28.8	1.20	80	1.50	28.8	1.20
37	1.40	28.8	1.20	81	1.40	28.8	1.20
38	1.40	28.8	1.20	82	1.40	28.8	1.20
39	1.40	28.8	1.20	83	1.50	28.8	1.20
40	1.40	28.8	1.20	84	1.50	28.8	1.20
41	1.40	28.8	1.20	85	1.40	28.8	1.20
42	1.40	28.8	1.20	86	1.40	28.8	1.20
43	1.40	28.8	1.20	87	1.40	28.8	1.20
44	1.40	28.8	1.20	88	1.40	28.8	1.20

Berdasarkan perolehan hasil pengukuran tegangan per sel baterai bulan Januari diperoleh tegangan total 123.9 VDC, drop tegangan pada sel nomor 10,18,22 dan 66, dengan tegangan terukur masing-

masing 0,7,1,30,1,30 dan 1,30 dari tegangan rata-ratanya 1,40 Volt. Hal tersebut terjadi karena tidak seimbangnya pengisian tegangan baterai dari rectifier pada keadaan floating terlalu lama.

Tabel 4.3 Karakteristik Hasil Ukur Tegangan Per Sel Baterai Bulan Januari

Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran
+ ke Ground	60
- Ke Ground	63
Tegangan ke baterai	126.6
Tegangan ke beban	113.5
Tegangan Charger (AC)	375.9
Arus Ke baterai	1
Arus ke beban	2.6
Level cairan	Maksimum

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Per-Sel Baterai SAFT NiCd Februari

sel	TG (V)	°C	BJ	sel	TG (V)	°C	BJ
1	1.42	28.8	1.20	45	1.41	28.8	1.20
2	1.41	28.8	1.20	46	1.42	28.8	1.20
3	1.41	28.8	1.20	47	1.41	28.8	1.20
4	1.42	28.8	1.20	48	1.41	28.8	1.20
5	1.43	28.8	1.20	49	1.42	28.8	1.20
6	1.43	28.8	1.20	50	1.40	28.8	1.20
7	1.42	28.8	1.20	51	1.42	28.8	1.20
8	1.42	28.8	1.20	52	1.42	28.8	1.20
9	1.42	28.8	1.20	53	1.41	28.8	1.20
10	1.24	28.8	1.20	54	1.41	28.8	1.20
11	1.41	28.8	1.20	55	1.40	28.8	1.20
12	1.42	28.8	1.20	56	1.40	28.8	1.20
13	1.42	28.8	1.20	57	1.42	28.8	1.20
14	1.43	28.8	1.20	58	1.42	28.8	1.20
15	1.40	28.8	1.20	59	1.40	28.8	1.20
16	1.43	28.8	1.20	60	1.41	28.8	1.20
17	1.42	28.8	1.20	61	1.41	28.8	1.20
18	1.35	28.8	1.20	62	1.41	28.8	1.20
19	1.41	28.8	1.20	63	1.40	28.8	1.20
20	1.41	28.8	1.20	64	1.30	28.8	1.20
21	1.41	28.8	1.20	65	1.41	28.8	1.20
22	1.40	28.8	1.20	66	1.35	28.8	1.20
23	1.40	28.8	1.20	67	1.42	28.8	1.20
24	1.35	28.8	1.20	68	1.42	28.8	1.20
25	1.42	28.8	1.20	69	1.42	28.8	1.20
26	1.40	28.8	1.20	70	1.40	28.8	1.20
27	1.38	28.8	1.20	71	1.42	28.8	1.20
28	1.40	28.8	1.20	72	1.40	28.8	1.20
29	1.41	28.8	1.20	73	1.40	28.8	1.20
30	1.41	28.8	1.20	74	1.40	28.8	1.20
31	1.42	28.8	1.20	75	1.41	28.8	1.20
32	1.43	28.8	1.20	76	1.41	28.8	1.20
33	1.43	28.8	1.20	77	1.41	28.8	1.20
34	1.44	28.8	1.20	78	1.42	28.8	1.20
35	1.43	28.8	1.20	79	1.40	28.8	1.20
36	1.44	28.8	1.20	80	1.40	28.8	1.20
37	1.42	28.8	1.20	81	1.40	28.8	1.20
38	1.42	28.8	1.20	82	1.41	28.8	1.20
39	1.40	28.8	1.20	83	1.41	28.8	1.20
40	1.40	28.8	1.20	84	1.42	28.8	1.20
41	1.40	28.8	1.20	85	1.42	28.8	1.20

42	1.41	28.8	1.20	86	1.40	28.8	1.20
43	1.41	28.8	1.20	87	1.41	28.8	1.20
44	1.40	28.8	1.20	88	1.40	28.8	1.20

Berdasarkan perolehan hasil pengukuran tegangan per sel baterai diperoleh tegangan total 124.0 VDC drop tegangan pada sel nomor 10,18,24,27 dan 66, dengan tegangan terukur masing-masing 1.24,1.35,1.35,1.38 dan 1.35 dari tegangan rata-ratanya 1,40 Volt. Hal tersebut terjadi karena tidak meratanya pengisian tegangan baterai dari rectifier pada keadaan floating terlalu lama.

Tabel 4.5 Karakteristik Hasil Ukur Tegangan Per Sel Baterai Bulan Februari

Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran
+ ke Ground	55.5
- Ke Ground	46.6
Tegangan ke baterai	122.8
Tegangan ke beban	113
Tegangan Charger (AC)	376
Arus Ke baterai	1.3
Arus ke beban	2.6
Level cairan	Maksimum

### Pengujian kapasitas Baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bireuen Tahun 2021

4.2.1 Data hasil pengujian kapasitas tegangan per-sel Baterai.

Pengujian kapasitas tegangan per-sel baterai dilaksanakan supaya dapat melihat penyusutan tegangan pada tiap sel baterai saat dilaksanakan pengujian kapasitas. Jikalau baterai pada keadaan normal maka penyusutan tegangan tiap sel mean hampir sama. Berdasarkan perolehan hasil uji kapasitas (pengosongan) baterai 110 VDC Unit I yang sudah dilaksanakan di Gardu Induk Bireuen, maka di dapat data sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data hasil Pengujian Tegangan Per-Sel Baterai

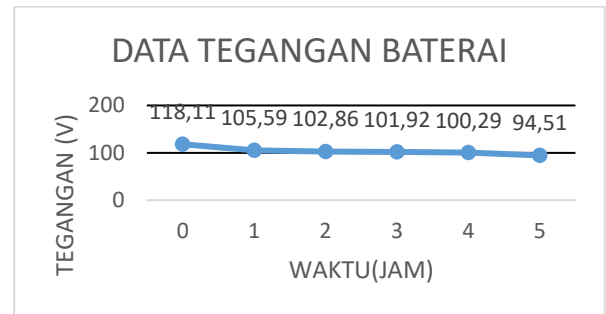
No.	Besarnya Tegangan (V) pada Jam Ke					
	0	1	2	3	4	5
1	1.37	1.21	1.17	1.16	1.16	1.15
2	1.37	1.21	1.17	1.17	1.17	1.17
3	1.37	1.19	1.17	1.17	1.16	1.16
4	1.37	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
5	1.28	1.21	1.20	1.19	1.17	0.69
6	1.36	1.20	1.17	1.17	1.17	1.16
7	1.36	1.21	1.17	1.16	1.16	1.15
8	1.36	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
9	1.35	1.21	1.17	1.16	1.16	1.15
10	1.36	1.21	1.17	1.17	1.16	1.14
11	1.31	1.21	1.17	1.17	1.17	1.15
12	1.35	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
13	1.36	1.21	1.16	1.16	1.16	1.15
14	1.36	1.19	1.17	1.17	1.16	1.15
15	1.29	1.20	1.17	1.14	1.09	-0.38
16	1.36	1.21	1.16	1.16	1.16	1.16
17	1.34	1.21	1.17	1.16	1.16	1.15
18	1.33	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
19	1.33	1.20	1.18	1.17	1.17	1.15
20	1.35	1.20	1.17	1.17	1.16	1.16
21	1.35	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
22	1.35	1.20	1.17	1.17	1.16	1.15
23	1.35	1.20	1.18	1.17	1.17	1.16
24	1.34	1.21	1.16	1.16	1.16	1.15
25	1.32	1.20	1.17	1.16	1.16	1.15
26	1.33	1.19	1.17	1.16	1.16	1.14

27	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.14
28	1.33	1.19	1.17	1.17	1.17	1.16
29	1.30	1.21	1.20	1.19	1.17	0.73
30	1.35	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
31	1.34	1.21	1.17	1.16	1.16	1.14
32	1.34	1.21	1.17	1.17	1.17	1.15
33	1.35	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
34	1.35	1.19	1.17	1.16	1.16	1.14
35	1.35	1.21	1.17	1.16	1.15	1.14
36	1.33	1.20	1.17	1.17	1.17	1.14
37	1.32	1.21	1.17	1.16	1.16	1.14
38	1.35	1.21	1.17	1.16	1.15	1.15
39	1.35	1.21	1.17	1.16	1.16	1.14
40	1.35	1.21	1.17	1.16	1.16	1.14
41	1.35	1.21	1.16	1.15	1.15	1.14
42	1.35	1.21	1.17	1.16	1.16	1.15
43	1.35	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
44	1.35	1.19	1.17	1.17	1.16	1.15
45	1.35	1.20	1.16	1.16	1.16	1.15
46	1.35	1.21	1.17	0.63	-0.22	-0.22
47	1.36	1.21	1.17	1.16	1.16	1.14
48	1.34	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
49	1.35	1.20	1.17	1.16	1.16	1.15
50	1.34	1.20	1.17	1.16	1.16	1.15
51	1.35	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
52	1.35	1.20	1.16	1.16	1.16	1.16
53	1.31	1.20	1.18	1.17	1.17	1.16
54	1.35	1.21	1.18	1.17	1.18	1.17
55	1.33	1.20	1.17	1.17	1.16	1.15
56	1.33	1.19	1.17	1.16	1.16	1.16
57	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.14
58	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.14
59	1.34	1.21	1.16	1.16	1.16	1.14
60	1.34	1.19	1.16	1.15	0.68	-0.32
61	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
62	1.34	1.19	1.17	1.17	1.17	1.14
63	1.34	1.19	1.17	1.17	1.16	1.15
64	1.33	1.19	1.16	1.16	1.15	1.14
65	1.34	1.19	1.17	1.15	1.15	1.14
66	1.34	1.19	1.17	1.17	1.12	-0.27
67	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.14
68	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
69	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.15
70	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.14
71	1.34	1.19	1.17	1.16	1.16	1.14
72	1.34	1.21	1.17	1.17	1.17	1.17
73	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.15
74	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.14
75	1.34	1.19	1.16	1.16	1.16	1.15
76	1.34	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
77	1.34	1.20	1.16	1.16	1.16	1.15
78	1.34	1.21	1.16	1.16	1.16	1.14
79	1.34	1.21	1.16	1.16	1.16	1.14
80	1.35	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
81	1.35	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16
82	1.35	1.21	1.16	1.16	1.16	1.14
83	1.32	1.21	1.17	1.16	1.17	1.16
84	1.34	1.21	1.16	1.17	1.16	1.16
85	1.33	1.21	1.17	1.17	1.16	1.14
86	1.34	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
87	1.34	1.21	1.17	1.17	1.16	1.15
88	1.35	1.21	1.17	1.17	1.17	1.16

Hasil pengujian tegangan penurunan per sel baterai pada baterai 110 VDC unit 1 di gardu induk 150 KV Bireuen 21 januari 2021, pengujian tegangan per sel pada baterai di lakukan selama 5

jam, yang di ukur menggunakan multimeter selanjutnya nilai yang di tampilkan pada layar multimeter ditulis setiap satu jam sekali dimulai dari 0 atau waktu pertama pengosongan.

Dari data tabel tersebut didapatkan hasil pengukuran tegangan per sel mengalami penurunan tegangan tiap jam secara stabil, selama waktu pengosongan 5 jam terdapat beberapa baterai mengalami penurunan yang sangat drastis yaitu pada akhir pengosongan yaitu sel ke-5,15,29,46,66 dan 60 dengan tegangan terukur masing-masing 0,69 volt, -0,38 volt, 0,73 volt, -0,22 volt, -0,32 volt dan -0,27 volt. Berapa sel baterai ini dapat di katagorikan sel jenuh atau rusak, hal ini dapat mengganggu kinerja dari beberapa sel baterai lain jikalau sel baterai yang rusak tidak diganti.



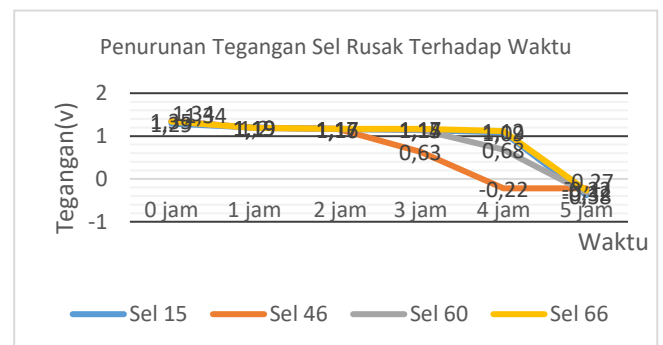
Gambar 4.1 grafik penurunan tengangan total yang terukur

Berlandaskan grafik 4.1 tersebut bisa diamati bahwasanya sebelum dilakukan pengujian pengosongan, baterai mempunyai tegangan total yang cukup besar yaitu sebesar 118,11 Volt serta penyusutan tegangan cukup besar terjadi pada 1 jam pertama pengosongan baterai dengan tegangan total menjadi sebesar 105,59 Volt Selanjutnya pada jam ke- 2 hingga akhir pengosong penurunan tegangan total relatif stabil yaitu masing-masing menjadi 102,86 Volt, 101,92 Volt, 100,92 Volt dan 94,51 Volt.

Tabel 4.7 Data Sel Baterai Rusak

Jam	Besar tegangan(V)Sel Rusak			
	15	46	60	66
0	1,29	1,35	1,34	1,34
1	1,20	1,19	1,19	1,19
2	1,17	1,17	1,16	1,17
3	1,14	0,63	1,15	1,17
4	1,09	-0,22	0,68	1,12
5	-0,38	-0,22	-0,32	-0,27

Berdasarkan tabel diatas didapatkan grafik penurunan tegangan sel baterai rusak sebagai berikut:



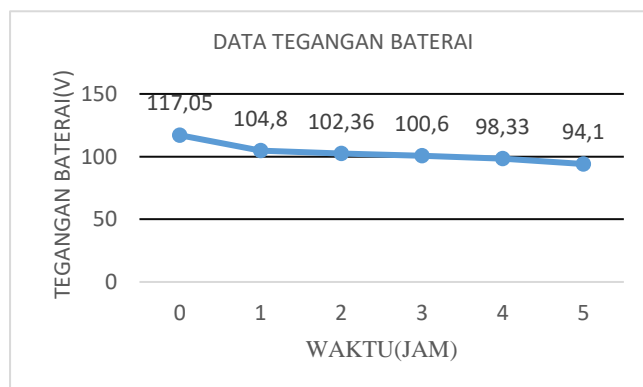
Gambar 4.2 Grafik Penurunan tegangan sel rusak terhadap waktu

Berdasarkan grafik 4.2 tersebut bisa diamati bahwasanya sebelum dilaksanakan pengujian tegangan sel ke 15,46,60 dan sel ke 66 masing-masing terukur 1,30 V, 1,40 V, 1,40 V dan 1,40 V. sesudah dilakukan pengujian tegangan turun masing-masing menjadi -0,38 V, -0,22 V, - 0,32 V dan 0,27 V.

Tabel 4.7 data Pengujian kapasitas Baterai

NO	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Kapasitas (Ah)
1	00.00	117,05	42,2	0
2	00.19	110,48	42,2	13,4
3	00.38	106,11	42,2	26,7
4	00.57	104,92	42,2	40,1
5	01.00	104,80	42,2	42,1
6	01.16	103,99	42,2	53,4
7	01.35	103,23	42,2	66,1
8	01.54	102,60	42,2	80,3
9	02.00	102,36	42,2	84,2
10	02.13	102,05	42,2	93,7
11	02.32	101,16	42,2	107,1
12	02.51	100,75	42,2	120,4
13	03.00	100,60	42,2	127,1
14	03.10	100,39	42,2	133,8
15	03.29	99,25	42,2	147,2
16	03.48	98,81	42,2	160,5
17	04.00	98,33	42,2	168,4
18	04.07	98,23	42,2	174,1
19	04.26	97,55	42,2	187,4
20	04.45	95,42	42,2	200
21	05.00	94,1	42,2	210,1

Berdasarkan tabel diatas di dapatkan grafik penurunan tegangan yang terukur dengan battery capacity tester sebagai berikut:



Gambar 4.3 Tegangan terhadap waktu hasil Uji kapasitas yang terukur dengan battery capacity tester.

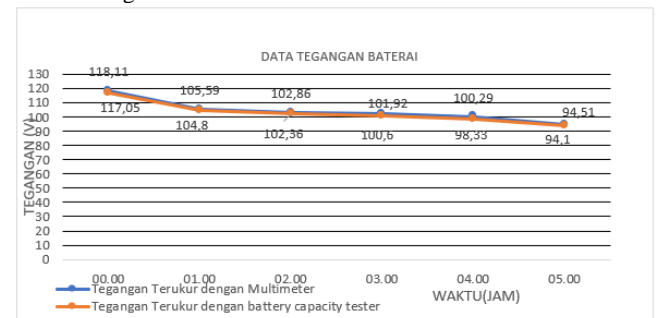
Berdasarkan grafik diatas dapat diamati bahwasanya hasil tegangan untuk 88 sel baterai terukur 117,05 V sebelum di lakukan pengosongan dan pada akhir pengosongan didapatkan hasil tegangan sebesar 94,1V.

4.2.2 Perbandingan tegangan terukur multimeter dan battery capacity tester.

Tabel 4.8 Perbandingan tegangan terukur dengan multimeter dan terukur dengan Battery Capacity Tester.

Waktu (Jam)	Multimeter (V)	Battery Capacity tester (V)
0:00	118,11	117,05
1:00	105,59	104,8
2:00	102,86	102,36
3:00	101,92	100,6
4:00	100,29	98,33
5:00	94,51	94,1

Menurut tabel 4.8 bisa diperoleh grafik perbandingan tegangan terukur dengan multimeter dan BCT.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan Tegangan terukur dengan Multimeter dan Battery Capacity Tester (BCT) terhadap waktu

Berdasarkan standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) di mana bila baterai bank memiliki tegangan output nominal 110 VDC maka tegangan minimal adalah 95% dari tegangan nominal, atau 104,5 VDC. Sedangkan baterai bank mempunyai tegangan minimum pengosongan 80 % dari tegangan penuh. Setelah dilakukan pengujian selama 5 jam, baterai 110 V Unit 1 pada gardu induk 150 KV Bireuen masih handal dan dalam kondisi baik karena mempunyai tegangan akhir menurut multimeter sebesar 94,51VDC dan tegangan akhir menurut battery capacity tester sebesar 94,1 VDC, yang masih di atas standar minimum pengosongan yang di sarankan oleh IEEE.

#### Pengukuran Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai ialah mengetahui berapa jumlah arus listrik (ampere) yang dapat disalurkan ke suatu beban pada jangka waktu (jam) tertentu. Kapasitas baterai (Ah) dinyatakan sebagai berikut:

$$C = I \times t$$

Dimana:

C = Kapasitas

I = Arus

t = waktu (jam)

Pada jam ke 0

$$C = 42,2 \times 0 = 0 \text{ Ah}$$

( Hasil pengujian = 0 Ah)

Pada jam ke 1

$$C = 42,2 \times 1 = 42,2 \text{ Ah}$$

( Hasil pengujian = 42,1 Ah)

Pada jam ke 2

$$C = 42,2 \times 2 = 84,4 \text{ Ah}$$

( Hasil pengujian = 84,2 Ah)

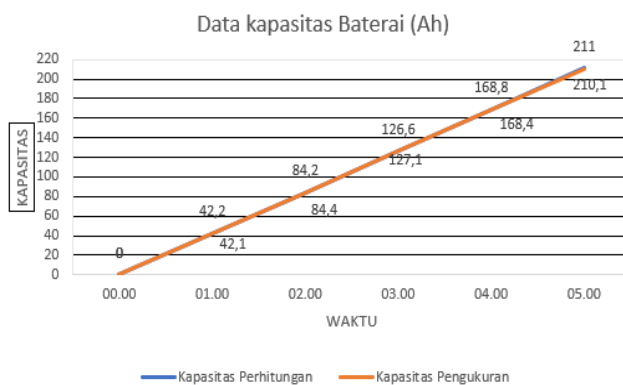
Pada jam ke 3  
 $C = 42,2 \times 3 = 126,6 \text{ Ah}$   
 (Hasil pengujian = 127,1 Ah)

Pada jam ke 4  
 $C = 42,2 \times 4 = 168,8 \text{ Ah}$   
 (Hasil pengujian = 168,4 Ah)

Pada jam ke 5  
 $C = 42,2 \times 5 = 211 \text{ Ah}$   
 (Hasil Pengujian = 210,1 Ah)

Tabel 9 Hasil perbandingan kapasitas menggunakan perhitungan dan data pengukuran

Menurut tabel 4.9 tersebut maka diperoleh grafik perbandingan kapasitas menggunakan perhitungan serta data pengukuran:



Gambar 4.5 Perbandingan kapasitas menggunakan perhitungan dan data pengukuran terhadap waktu.

Dari grafik diatas dapat dilihat bawah selisih kapasitas antara perhitungan dan pengukuran tidak jauh beda, Hal ini menunjukkan hasil pengukuran kapasitas menggunakan battery capacity tester sudah akurat.

**Efisiensi Baterai**

Efisiensi suatu baterai merupakan perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Sesudah dilaksanakan pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 1 Gardu Induk Bireuen di dapatkan kapasitas pengosongan sebesar 210 Ah dan kapasitas pengisian 211 Ah sehingga bisa di hitung efisiensi baterai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Baterai} &= \frac{\text{Kapasitas Discharger}}{\text{Kapasitas Charger}} \times 100\% \\ &= \frac{210}{211} \times 100\% \\ &= 99,5 \% \end{aligned}$$

Maka Kondisi baterai 110 VDC Unit 1 pada gardu induk Bireuen menurut standar PLN dalam kondisi baik karena masih di atas standar minimum sebesar 60% yang di sarankan oleh PLN.

**Kebutuhan kapasitas Baterai 110 Volt DC Gardu Induk Bireuen.**

Pada Garduk Induk Bireuen membutuhkan sumber daya DC 110 Volt sebesar 80 Ampere, sehingga bisa diketahui beban dari Gardu Induk Bireuen ialah:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 110 \times 80 \\ &= 8.800 \text{ Waat} \end{aligned}$$

Berdasar pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit I pada Gardu Induk Bireuen di dapatkan kapasitas saat ini sebesar 210 Ah, baterai tersebut bisa menyuplai arus sebesar 210 ampere dalam 1 jam.

Maka dapat menyuplai beban selama :

$$t(\text{jam}) = \frac{\text{Kapasitas Pengujian}}{\text{Besar Beban Gardu induk}} = \frac{210}{80} = 2,62 \text{ jam}$$

Jadi lama baterai dapat menyuplai arus DC ke beban ketika terjadi gangguan yaitu selama 2,62 jam.

Tabel 4.9 Hasil perbandingan kapasitas menggunakan perhitungan dan data pengukuran

Waktu	Kapasitas Perhitungan(Ah)	Kapasitas Pengukuran(Ah)
0:00	0	0
1:00	42,2	42,1
2:00	84,2	84,4
3:00	126,6	127,1
4:00	168,8	168,4
5:00	211	210,1

V.  
**KESIMPULAN**

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian yaitu:

1. Sesudah dilaksanakan pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit I Gardu Induk 150 KV Bireueun, baterai Unit I jenis NiCd bisa disebut handal sebab setelah 5 jam pengujian mempunyai tegangan akhir dengan multimeter sebesar 99,23 V dan tegangan akhir dengan battery capacity sebesar 94,1 V. Yang masih di atas standar minimum pengosongan yang di sarankan oleh IEEE.
2. Sesudah dilaksanakan pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit I Gardu Induk 150 KV Bireueun, baterai unit I jenis NiCd dapat dikatakan masih dalam kondisi baik karena setelah 5 jam pengujian mempunyai persentase hasil uji kapasitas baterai sebesar 100% yang masih di atas standar minimum yang disarankan PLN.
3. Kebutuhan kapasitas baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 KV Bireuen sebesar 80 Ah bisa di penuhi sebab setelah di lakukan pengujian kapasitas baterai di ketahui kapasitas baterainya sebesar 210 Ah, jadi apabila terjadi blackout baterai 110 VDC unit 1 mampu memberi sumber daya DC selama 2,62 jam dan memiliki Efisiensi baterai 99,5%.
4. Terdapat empat buah sel baterai yang dikatakan rusak yaitu pada sel ke 15,46,60 dan 66, dimana mengalami penyusutan tegangan yang sangat drastis saat pengujian kapasitas, tegangan tiap sel terukur masing-masing -0.38 V, -0.22 V, -0.32 V dan -0,27 V.



VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Ricky Agned, "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc Pada Gardu Induk 150 Kv Bangkinang. Riau: Universitas Riau.," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, 2016.
- [2] Agiel Triyadiputra, "BATERAI SEBAGAI SUPLAI TEGANGAN DC PADA GARDU INDUK 150 KV SRONDOL PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG," 2010.
- [3] Mauludin Cecep.ddk, "Buku Pedoman Pemeliharaan Sistem Suplai AC/DC.Jakarta : PT PLN(Persero)," 2014.
- [4] I. Nugroho and I. T. Sukmadi, "BATERAI SEBAGAI SUPLAI TEGANGAN DC PADA GARDU INDUK 150 KV KALISARI," 2012.
- [5] S. ANASTASYA FITRI, "Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 VDC Di Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang," 2019.
- [6] IEC 60623-2017, secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes-Vented nikel-cadmium prismatic rechargerable single cells. 2017.
- [7] N. L. Sugianto, "KEGAGALAN PROTEKSI PADA GARDU INDUK 150 kV AKIBAT SUPLAI TEGANGAN DC," 2017.
- [8] A. Ramadhan and dan S. Subandi, "ANALISIS KEANDALAN BATERAI SEBAGAI SUPPLY MOTOR DC PENGGERAK PMS DI GARDU INDUK 150 KV KENTUNGAN," 2018.
- [9] S. Ra'uf, Hamdani, and Aksan, "Analisis Uji kapasitas Baterai Pada Gardu Induk 150 KV Di Bantaeng New," 2021.
- [10] E. Nurtiasih, I. Prastyono, E. Pambudi, and S. Priyambodo, "ANALISA KAPASITAS BATERAI KOMUNIKASI PADA GARDU INDUK 150 KV BANTUL," 2017.