

Analisa Kemampuan Sumber DC (Baterai dan Charge) dalam Memenuhi Kebutuhan Gardu Induk Teling

Leos Lonteng¹⁾, Elia Kendek Allo²⁾, Lily Stiowaty Patras³⁾

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia
e-mails : 17021103027@student.unsrat.ac.id, kendekallo@gmail.com, patraslily48@gmail.com

Abstract— At the substation, there are 2 power sources used, namely AC (Alternating Current) and DC (Direct Current) resources. The main DC source obtained from the rectifier serves to convert AC voltage into DC voltage. Meanwhile, in abnormal conditions such as blackout disturbances, the battery is the only main component that supplies the main power source for protection relays, PMT/PMS motors, Tripping Coil/Closing Coil, emergency lighting, and telecommunication facilities. Blackout is a condition where the entire power source is lost in an electric power system at the substation. For this reason, maintenance is needed in the form of battery testing, testing is carried out to determine and maintain the condition of the battery. If there is a blackout disturbance at the substation, the battery can supply maximum DC voltage until the time limit for repairing the source of the disturbance is resolved. At the Telling Substation, the capacity of the 110-volt battery in unit 1 can be a backup source of electricity for approximately 30 hours in the event of a blackout with an efficiency value of 100%.

Keywords — DC (Direct Current), Battery Capability, Blackout, Battery Efficiency.

Abstrak— Di gardu induk terdapat 2 sumber tenaga yang digunakan yaitu sumber daya AC (Alternating Current) dan sumber daya DC (Direct Current). Sumber utama DC didapatkan dari rectifier berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Dalam keadaan normal baterai hanya berfungsi sebagai cadangan. Sedangkan di keadaan abnormal seperti terjadinya pemadaman total (*blackout*), baterai menjadi satu-satunya komponen utama yang menjadi pemasok sumber daya utama bagi rele-rele proteksi, motor-motor PMT/PMS, Tripping Coil/Closing Coil, lampu penerangan darurat, dan sarana telekomunikasi. Pemadaman total (*blackout*) merupakan suatu kondisi dimana hilangnya seluruh sumber tenaga pada suatu sistem tenaga listrik di gardu induk. Gangguan yang menyebabkan *blackout*, bisa berasal dari *rectifier* atau trafo pemakaian sendiri. Untuk itulah perlu adanya pemeliharaan berupa pengujian baterai, pengujian yang dilakukan untuk mengetahui dan menjaga kondisi baterai. Apabila terjadi gangguan *blackout* di gardu induk, baterai bisa menyuplai tegangan DC (Direct Current) secara maksimal dan sampai batas waktu perbaikan sumber gangguannya teratasi. Di Gardu Induk Teling kemampuan baterai 110 volt yang ada pada unit 1 dapat menjadi sumber cadangan listrik kurang lebih 30 jam jika terjadi *blackout* dengan nilai efisiensi sebesar 100%.

Kata Kunci — DC (Direct Current), Kemampuan Baterai, Pemadaman Total, Efisiensi Baterai.

I. PENDAHULUAN

Secara umum sistem energi listrik dapat dibagi menjadi pembangkit, transmisi dan penyaluran atau *distribusi*[5]. Pembangkit listrik adalah proses dimana listrik dibangkitkan selanjutnya disalurkan tenaga listrik dari pembangkit listrik ke gardu induk yang lain dengan jarak yang jauh selanjutnya didistribusikan dari gardu induk ke kelompok beban berupa gardu distribusi. Di gardu induk terdapat 2 sumber tenaga yang digunakan yaitu sumber daya AC (Alternating Current) dan sumber daya DC (Direct Current). Sumber utama DC didapatkan dari *rectifier* berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Dalam pengoperasiannya apabila sumber daya DC (Direct Current) dari *rectifier* terdapat masalah, yang disebabkan adanya gangguan atau dilepas saat pemeliharaan baterai dapat langsung menyuplai.

Dalam keadaan normal baterai hanya berfungsi sebagai cadangan. Sedangkan di keadaan *abnormal* seperti terjadinya gangguan pemadaman total (*blackout*), Baterai menjadi satu-satunya komponen utama yang menjadi pemasok sumber daya utama bagi rele-rele proteksi, motor-motor PMT/PMS, Tripping Coil/Closing Coil, lampu penerangan darurat, dan sarana telekomunikasi. Pemadaman total (*blackout*) merupakan suatu kondisi dimana hilangnya seluruh sumber tenaga pada suatu sistem tenaga listrik di gardu induk. Gangguan yang menyebabkan pemadaman total (*blackout*), bisa berasal dari *rectifier* atau trafo pemakaian sendiri. Untuk itulah perlu adanya pemeliharaan berupa pengujian baterai, pengujian yang dilakukan untuk mengetahui dan menjaga kondisi baterai. Apabila terjadi gangguan pemadaman total (*blackout*) di gardu induk, baterai bisa menyuplai tegangan DC (Direct Current) secara maksimal dan sampai batas waktu perbaikan sumber gangguannya teratasi.

Maka diperlukan suplai tegangan DC untuk peralatan komunikasi. Penyediaan listrik oleh PLN mempunyai sumber arus bolak-balik (AC), maka harus ada *rectifier* yang dapat mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi sumber arus listrik searah (DC). Selain itu untuk menjaga kesinambungan ketersediaan sumber arus searah (DC), maka harus ada catu

daya arus searah (DC) cadangan pada sistem tanpa terputus apabila terjadi gangguan pada sumber utama dari PLN. Karena inilah baterai digunakan sebagai cadangan daya DC untuk menjaga keandalan dan stabilitas kelancaran operasional peralatan gardu induk.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menganalisa lebih lanjut mengenai kemampuan kapasitas dan efisiensi baterai yang digunakan apakah masih efisien untuk memberikan suplai DC kepada peralatan komunikasi di Gardu Induk Teling 70 kV.

A. Landasan Teori

1) Sistem DC

Definisi arus searah (DC) merupakan arus yang memiliki nilai polaritas yang konstan terhadap waktunya, dimana apabila diuraikan yaitu ketika nilai polaritasnya sama maka nilai arus terhadap waktunya akan berbeda. Yang mana nilai polaritasnya dapat tetap bernilai positif ataupun tetap bernilai negatif. Sistem DC dapat dijadikan sebagai pembantu yang paling penting untuk menyuplai arus searah (DC) yang diperlukan untuk memasok peralatan-peralatan kontrol, relay dan peralatan yang membutuhkan sumber arus DC, baik untuk unit pembangkit dalam keadaan normal maupun dalam keadaan darurat. Dalam instalasi sumber tegangan arus searah (DC) meliputi charger, baterai dan perlengkapan lainnya seperti : instalasi listrik, meter-meter, panel-panel kontrol dan alat-alat indikator.

Sumber DC yang bersumber dari *rectifier* (*Charge*) tiga fasa maupun satu fasa dihubungkan dengan satu atau dua sel baterai yang digunakan untuk peralatan-peralatan kontrol, peralatan proteksi, dan peralatan lainnya yang menggunakan sumber DC, baik untuk gardu induk dalam keadaan normal maupun dalam keadaan darurat. Di gardu-gardu induk maupun pusat-pusat pembangkit tenaga listrik sumber DC ini berfungsi sebagai:

1. Sumber tenaga motor-motor untuk PMT, PMS, tap changer, trafo tenaga dan sebagainya.
2. Sumber tenaga untuk alat-alat kontrol, tanda-tanda isyarat (signal dan alarm).
3. Tenaga untuk peralatan telekomunikasi (PLC).
4. Tenaga untuk penerangan darurat.
5. Tenaga untuk relay proteksi.

2) Bagian-bagian Utama Sistem DC

a. *Rectifier* atau *Charge*

Rectifier atau *Charge* adalah adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). *Rectifier* yang terpasang pada gardu induk berfungsi untuk mengisi muatan baterai, memasok daya secara kontinu ke beban dan menjaga baterai tetap dalam kondisi penuh.

b. Baterai

Baterai adalah suatu alat untuk menyimpan energi listrik arus searah (DC) untuk memenuhi yang berfungsi sebagai cadangan energi listrik ke beban apabila terjadinya gangguan.

c. Konduktor

Konduktor berfungsi sebagai penghantar energi listrik arus searah (DC) ke beban peralatan.

d. Terminal-terminal

Berfungsi sebagai tempat percabangan dimana energi listrik dibagi ke baban-baban.

3) *Charger* atau *Rectifier*

Charger atau *rectifier* adalah suatu rangkaian alat listrik untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Umumnya *rectifier* terpasang di gardu induk berfungsi untuk mengisi muatan baterai, memasok daya kontinu ke baban dan menjaga baterai agar tetap dalam kondisi penuh sehingga keandalan unit pembangkit tetap terjamin. Dalam hal ini baterai harus tetap terhubung ke *rectifier*[1].

Kapasitas *rectifier* harus disesuaikan dengan kapasitas baterai yang terpasang, setidaknya kapasitas arusnya harus lebih mencukupi untuk pengisian baterai sesuai jenis baterainya yaitu baterai alkali 0,2 C (0,2 x kapasitas) sedangkan untuk baterai asam adalah 0,1 C (0,1 x kapasitas) ditambah beban statis (tetap) pada unit pembangkit[1].

Sumber tegangan AC untuk *rectifier* tidak boleh padam atau mati. Untuk itu pengecekan tegangan harus secara rutin dan periodik dilakukan baik tegangan masukannya (AC) maupun tegangan keluarannya (DC).

Prinsip kerja *rectifier* yaitu sumber tegangan arus bolak-balik (AC) 1 fasa maupun 3 fasa masuk melalui terminal input trafo step-down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan 380 V atau 220 V menjadi tegangan 110 V, kemudian sumber tegangan arus bolak-balik (AC) tersebut diubah menjadi sumber tegangan arus searah (DC) menggunakan rangkaian thyristor/dioda penyearah yang masih terdapat cacat gelombang atau ripple pada gelombangnya. Untuk memperbaiki ripple atau cacat gelombang tersebut diperlukan suatu rangkaian penyaring atau filter sebelum terminal output[3].



Gambar 1. Rectifier di Gardu Induk Teling

a) Baterai

Baterai atau *accumulator* merupakan suatu peralatan listrik yang dapat menyimpan energi dan mengeluarkan energi listrik melalui proses kimia (elektrolisa) karena adanya beda potensial antara katoda dan anoda. Baterai sendiri menggunakan proses elektrokimia *reversibel*, yaitu terjadi perubahan proses kimia di dalam suatu baterai menjadi energi listrik atau yang disebut proses pengosongan. Sebaliknya, ketika dalam suatu baterai terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia maka disebut proses pengisian yang mana diperoleh karena adanya regenerasi pada elektroda-elektrodanya yang digunakan dengan cara menyalurkan arus listrik di dalam sel yang memiliki arah polaritas yang berlawanan[3]. Baterai dapat berupa susunan beberapa sel atau satu sel saja. Tiap sel dari baterai terdiri dari elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif atau katoda, dan larutan elektrolit. Jenis elektroda dan elektrolit pada baterai tergantung dari pabrik yang memproduksi baterai tersebut. Baterai digunakan sebagai sumber penghasil arus searah atau DC. Prinsip kerja baterai terbagi menjadi dua yaitu:

1. Proses *discharge*

Ketika sel dihubungkan pada beban, maka elektron akan mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda.

2. Proses *Charge*

Ketika power supply dihubungkan dengan sel pada baterai, maka terjadi perubahan dimana elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda.

- Terjadi perubahan aliran elektron, dimana anoda akan berbalik mengalir melalui power supply ke katoda.
- Ion-ion positif akan berubah alirannya dari katoda ke anoda.
- Sedangkan ion-ion negatif mengalir dari anoda ke katoda.

Jadi reaksi kimia pada saat pengisian (*charge*) adalah kebalikan dari pada saat pengosongan (*discharge*).



Gambar 2. Baterai di Gardu Induk Teling

4) Jenis-jenis Baterai

a) Jenis Baterai Menurut Tipe Dasar Pemakaian

Pengelompokkan jenis baterai berdasarkan tipe pemakaian dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu:

- Stationary* (tetap)
- Portable* (dapat dipindah/berubah)

b) Jenis Baterai Menurut Bahan Elektrolit

Pengelompokkan jenis baterai berdasarkan tipe bahan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Baterai timah hitam

Baterai timah hitam yang disebut juga baterai asam bahan utama elektrolitnya adalah larutan asam belerang (Sulphuric acid = H_2SO_4). Di dalam baterai asam elektroda-elektrodanya terdiri dari plat-plat timah peroksida PbO_2 (lead peroxide) sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni Pb (lead sponge) sebagai katoda (kutub negatif). Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuat) sebagai berikut:

- Tegangan nominal per sel 2 Volt.
- Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- Ukuran baterai lebih besar.
- Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap berat jenis elektrolit. Semakin tinggi suhu elektrolit, maka semakin rendah berat jenisnya dan sebaliknya.
- Nilai standar berat jenis elektrolit tergantung pada pabrik pembuatnya.
- Umur baterai mencapai 7 – 8 tahun.
- Tegangan pengisian per sel:
 - Floating mode*: 2.10-2.20 V
 - Equalizing mode*: 2.25-2.30 V
 - Boosting mode*: 2.35-2.40 V
- Tegangan akhir pengosongan per sel: 2.0-1.8 V

2. Baterai Alkali

Baterai Alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali (*potassium hydroxide*) terdiri dari Nickel Iron Alkaline (Ni-Fe) dan Nickel Cadmium Alkaline (Ni-Cd). Umumnya yang banyak digunakan PLN adalah baterai alkali Ni-Cd. Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuat) sebagai berikut:

- Tegangan nominal per sel 1,2 V
- Nilai berat jenis elektrolitnya tidak sebanding dengan kapasitas baterai
- Umur baterai mencapai 10 tahun atau lebih.
- Harga lebih mahal.
- Tahan terhadap guncangan.
- Tahan pada pengosongan yang besar bila terjadi hubungan singkat.
- Perubahan kapasitas sangat kecil.

- Tegangan pengisian:
 - a. *Floating mode*: 1.40-1.44 V
 - b. *Equalizing mode*: 1.50-1.60 V
 - c. *Boosting mode*: 1.65-1.70 V
- Tegangan akhir pengosongan per sel 1 V.

3. Baterai Kering/*Lithium*

Baterai *Lithium* adalah baterai yang digerakkan oleh ion lithium. Anoda dan katoda baterai lithium terbuat karbon dan lithium oksida. Sedangkan elektrolit terbuat dari garam lithium yang dilarutkan dalam pelarut organik. Bahan pembuat anoda sebagian besar merupakan graphite sedangkan katoda terbuat dari salah satu berikut: lithium kobalt oksida (LiCoO_2), lithium besi fosfat (LiFePO_4) atau lithium oksida mangan (LiMn_2O_4)[3].

5) Instalasi Sel Baterai

Apabila tegangan baterai per sel yang digunakan tidak memenuhi, maka untuk memperoleh jalan keluar supaya nilai tegangan baterai tersebut dapat teratasi atau memenuhi tegangan kerja dari peralatan maupun untuk meningkatkan kapasitas dari baterai serta kendalan dalam pemakaiannya dapat merangkai baterai dengan cara[3]:

a) *Hubung Seri*

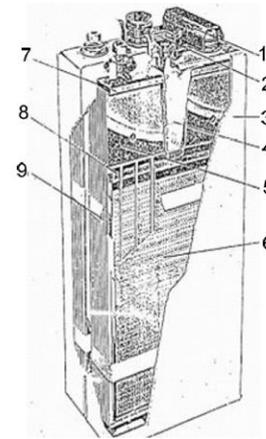
Koneksi baterai dengan seri ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan tegangan baterai sesuai dengan tegangan kerja yang dibutuhkan atau sesuai dengan peralatan yang ada. Hubungan seri ini memiliki kekurangan yaitu ketika salah satu sel baterai mengalami gangguan atau kerusakan maka *supply* baterai akan terputus.

b) *Hubung Paralel*

Penggunaan rangkaian yang dihubungkan secara paralel dapat meningkatkan keandalan sumber daya arus searah (DC) dan juga dapat memperbesar nilai kapasitas dalam nilai *ampere hour* (Ah). Rangkaian yang terhubung secara paralel memiliki keuntungan yaitu apabila salah satu sel baterai mengalami gangguan atau kerusakan maka sel baterai lainnya tidak akan mati melainkan akan tetap terhubung untuk memasok sumber tegangan arus searah (DC) ke beban. Walaupun tidak mengganggu pasokan *supply* ke beban, namun terjadi pengurangan sedikit terhadap kapasitas dayanya dengan tegangan tetap.

6) Konstruksi Baterai

Untuk baterai alkali jenis Nickel Cadmium pada dasarnya memiliki konstruksi yang sama, perbedaannya terletak pada merk, tipe, ukuran plat, jumlah plat dalam sel, jumlah sel dalam blok baterai[4].



Gambar 3. Konstruksi Baterai

Dalam sebuah sel baterai terdiri atas:

1. *Connector cover*
Merupakan pelindung dari konektor baterai. Biasanya terbuat dari bahan plastik PVC.
2. *Flame Arresting Flip Top*
Merupakan pelindung guna untuk mencegah terjadinya loncatan listrik.
3. *Cell Container*
Bejana atau selimut baterai
4. *Splash Guard*
Pencegah percikan elektrolit dan hubung singkat oleh benda yang menyusup ke dalam sel.
5. *Plate Groups/Plate Tab*
Posisinya berada antara dan ujung atas dan samping dari plat.
6. *Plate*
Lempengan utama dari sel, biasanya terdiri atas dua lapis yang terbuat dari baja.
7. *Plate Groups Bus*
Menghubungkan *plate groups/plate tab* dengan terminal baterai.
8. *Separating Grids*
Memisahkan antar plat dan memisahkan plat *frame* satu dengan yang lainnya. *Grid* yang digunakan haruslah dapat dilewati sirkulasi elektrolit antar plat.
9. *Plate Frame*
Merupakan pembatas plat.

7) Klasifikasi Baterai

a) Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai dinyatakan sebagai kemampuan baterai untuk memberikan arus listrik, dengan tegangan dalam waktu tertentu yang dinyatakan dalam Ampere-Hour (Ah). Kapasitas baterai dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = I \times t \quad (1)$$

Dengan:

C = Kapasitas baterai(Ah)

I = Arus pengujian (A)

t = Waktu pengujian (*Hour*)

Kapasitas baterai ditentukan dengan memperhitungkan semua faktor yang menyangkut penurunannya selama dipakai, perubahannya terhadap perubahan suhu dan jatuh tegangan, keperluan kapasitas yang diperlukan dengan memperkirakan beban terus-menerus dan beban terputus-putus (*continous and intermittent load*) yang harus dilayani selama terputusnya pelayanan normal, serta lamanya pemutusan pelayanan[4].

b) Efisiensi Baterai

Efisiensi baterai dinyatakan sebagai perbandingan antar kapasitas pengosongan dengan kapasitas pengisian, sehingga dapat dirumuskan[5]:

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan:

η = Efisiensi baterai

C_d = Kapasitas *dischage* adalah kapasitas yang diukur pada saat pengosongan baterai (Ah)

C_c = Kapasitas *charge* adalah kapasitas yang diukur pada saat pengisian baterai(Ah)

c) Berat Jenis Elektrolit

Berat jenis elektrolit akan sangat mempengaruhi kapasitas suatu baterai. Semakin tinggi berat jenis elektrolit akan membuat tahanan listrik makin rendah sehingga tegangan sel dipertahankan.

Pengaruh tingginya berat jenis elektrolit adalah antara lain:

- Kapasitas semakin besar.
- Umur pemakaian relatif pendek.

Sedangkan pengaruh rendahnya berat jenis elektrolit antara lain:

- Kapasitas berkurang.
- Umur pemakaian lebih lama.

II. METODE

A. Prosedur Penelitian

- 1) Melakukan studi literatur yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.
- 2) Melakukan observasi lapangan, dengan melihat permasalahan yang terjadi di lapangan.
- 3) Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing, dosen lain, teman mahasiswa, mengenai masalah yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.
- 4) Mengumpulkan data yang berkaitan dengan baterai Gardu Induk di PT. PLN Persero Gardu Induk Teling yang berkapasitas 70 KV.
- 5) Melakukan pengolahan data yang diperoleh berdasarkan landasan teori dari studi literature.
- 6) Penarikan kesimpulan

B. Data Penelitian

Data-data yang didapat pada penelitian ini yaitu berupa data baterai, data pengukuran baterai sebelum melakukan

pengosongan, data pengukuran baterai pada saat pengosongan, dan data kapasitas baterai pada saat pengosongan.

TABEL 1
DATA BATERAI

Merek	Type	Kapasitas (Ah)	Jumlah sel
UNICAD	KMP 150 (Ni-CD Batertery)	150Ah	86

(Sumber: Gardu Induk PT.PLN (Persero) Teling)

TABEL 2
DATA PENGUKURAN PER-SEL BATERAI SEBELUM MELAKUKAN PENGOSONGAN

No. sel	Tegangan (V)	No. sel	Tegangan (V)	No. sel	Tegangan (V)
1	1,28	30	1,26	59	1,24
2	1,29	31	1,26	60	1,24
3	1,29	32	1,26	61	1,24
4	1,28	33	1,25	62	1,23
5	1,28	34	1,25	63	1,24
6	1,28	35	1,25	64	1,23
7	1,29	36	1,24	65	1,24
8	1,28	37	1,26	66	1,23
9	1,28	38	1,24	67	1,24
10	1,27	39	1,25	68	1,22
11	1,28	40	1,25	69	1,23
12	1,27	41	1,25	70	1,23
13	1,25	42	1,24	71	1,23
14	1,28	43	1,24	72	1,22
15	1,27	44	1,24	73	1,23
16	1,27	45	1,24	74	1,21
17	1,28	46	1,24	75	1,23
18	1,26	47	1,24	76	1,24
19	1,27	48	1,24	77	1,22
20	1,27	49	1,24	78	1,23
21	1,26	50	1,24	79	1,23
22	1,27	51	1,24	80	1,23
23	1,27	52	1,24	81	1,23
24	1,25	53	1,24	82	1,22
25	1,26	54	1,24	83	1,22
26	1,26	55	1,24	84	1,22
27	1,25	56	1,24	85	1,24
28	1,26	57	1,24	86	1,22
29	1,26	58	1,24		

(Sumber: Gardu Induk PT.PLN (Persero) Teling)

TABEL 3
DATA PENGUKURAN BATERAI PADA SAAT PENGOSONGAN
Pengukuran Tegangan Per-Sel (Volt)

No. Sel	t_0 (mula-mula) (V)	t_1 (1Jam) (V)	t_2 (2Jam) (V)	t_3 (3Jam) (V)	t_4 (4Jam) (V)
1	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
2	1,18	1,18	1,18	1,18	1,16
3	1,22	1,19	1,18	1,17	1,14
4	1,21	1,19	1,19	1,17	1,16
5	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
6	1,22	1,17	1,17	1,17	1,17
7	1,2	1,18	1,17	1,17	1,15
8	1,21	1,18	1,18	1,17	1,16
9	1,2	1,19	1,18	1,17	1,16
10	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
11	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
12	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
13	1,2	1,19	1,18	1,17	1,15
14	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
15	1,22	1,19	1,18	1,16	1,16

16	1,21	1,19	1,18	1,18	1,16
17	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
18	1,2	1,19	1,18	1,17	1,15
19	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
20	1,22	1,19	1,18	1,17	1,15
21	1,21	1,18	1,18	1,17	1,16
22	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
23	1,2	1,19	1,18	1,17	1,15
24	1,22	1,18	1,18	1,17	1,14
25	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
26	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
27	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
28	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
29	1,21	1,18	1,18	1,17	1,16
30	1,22	1,18	1,18	1,17	1,16
31	1,2	1,18	1,18	1,17	1,16
32	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
33	1,2	1,18	1,18	1,17	1,15
34	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
35	1,22	1,18	1,18	1,18	1,16
36	1,21	1,18	1,18	1,18	1,16
37	1,2	1,18	1,18	1,18	1,16
38	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
39	1,21	1,19	1,18	1,18	1,16
40	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
41	1,22	1,18	1,18	1,17	1,16
42	1,22	1,16	1,16	1,17	1,16
43	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
44	1,21	1,18	1,18	1,17	1,16
45	1,22	1,18	1,18	1,17	1,16
46	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
47	1,21	1,17	1,17	1,17	1,16
48	1,22	1,19	1,18	1,17	1,15
49	1,2	1,19	1,18	1,18	1,16
50	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
51	1,2	1,19	1,18	1,18	1,16
52	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
53	1,22	1,19	1,18	1,17	1,15
54	1,23	1,19	1,18	1,18	1,16
55	1,21	1,19	1,18	1,18	1,15
56	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
57	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
58	1,22	1,19	1,18	1,18	1,16
59	1,2	1,19	1,18	1,17	1,15
60	1,2	1,18	1,18	1,17	1,15
61	1,21	1,19	1,18	1,17	1,14
62	1,22	1,18	1,18	1,17	1,16
63	1,21	1,18	1,18	1,18	1,16
64	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
65	1,2	1,18	1,18	1,17	1,15
66	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
67	1,21	1,18	1,17	1,17	1,16
68	1,21	1,19	1,18	1,17	1,15
69	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
70	1,2	1,18	1,18	1,17	1,16
71	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16
72	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
73	1,2	1,19	1,18	1,18	1,16
74	1,23	1,19	1,18	1,18	1,16
75	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
76	1,23	1,19	1,18	1,18	1,16
77	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
78	1,2	1,19	1,18	1,17	1,16
79	1,23	1,18	1,18	1,18	1,16
80	1,21	1,19	1,18	1,18	1,16
81	1,22	1,19	1,18	1,17	1,15
82	1,22	1,18	1,18	1,17	1,16
83	1,21	1,19	1,18	1,18	1,16
84	1,23	1,19	1,18	1,18	1,16
85	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
86	1,22	1,19	1,18	1,17	1,16
V.					
Total	104,29	102,4	101,43	100,88	90,39

(Sumber: Gardu Induk PT.PLN (Persero) Teling)

TABEL 4
DATA PENGUKURAN KAPASITAS BATERAI PADA SAAT
PENGOSONGAN

No.	Waktu (Jam)	Kapasitas (Ah)
1	00.00	0
2	01.00	30.1
3	02.00	59.7
4	03.00	91.4
5	04.00	123.2
6	05.00	150

(Sumber: Gardu Induk PT.PLN (Persero) Teling)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisa kemampuan sumber DC (Unit 1 Gardu Induk Teling) dalam memenuhi kebutuhan beban seperti relay-relay, peralatan-peralatan proteksi seperti PMT dan PMS yang ada di Gardu Induk Teling, maka akan dilakukan beberapa parameter perhitungan yang diperlukan guna untuk menunjang penelitian, perhitungan tersebut antara lain:

A. Perhitungan Arus Konstan

Dengan diketahui nilai kapasitas baterai Unit 1 Gardu Induk Teling adalah 150Ah dan waktu Pengosongan selama 5 jam, maka hasil perhitungan arus konstan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$C = I \times t$$

$$I = \frac{C}{t}$$

$$I = \frac{150}{5}$$

$$I = 30 \text{ A}$$

B. Perhitungan Kapasitas Baterai Pada Saat Pengosongan

Setingan pengosongan baterai dengan mengetahui waktu pengosongan selama 5 jam, tegangan per sel 1,2 volt dan tegangan minimum adalah 1 volt

Tegangan total minimum : 1 Volt x 86 sel = 86 Volt

Arus pengosongan : 30 Ampere (konstan)

Dengan menggunakan persamaan (1) kita dapat menghitung nilai kapasitas baterai pada saat pengosongan.

Uji kapasitas baterai $C = I \times t$

- Pengujian kapasitas baterai pada jam ke 1 dengan mengetahui waktu pengosongan baterai selama 1 jam dengan arus pengosongan sebesar 30 ampere.

Pada jam ke 1 ($t = 1$)

$$C = 30 \times 1$$

$$= 30 \text{ Ah (Data pengukuran } C = 30,1 \text{ Ah)}$$

- Pengujian kapasitas baterai pada jam ke 2 dengan mengetahui waktu pengosongan baterai selama 2 jam dengan arus pengosongan sebesar 30 ampere

Pada jam ke 2 ($t = 2$)

$$C = 30 \times 2$$

$$= 60 \text{ Ah (Data pengukuran } C = 59,7 \text{ Ah)}$$

- Pengujian kapasitas baterai pada jam ke 3 dengan mengetahui waktu pengosongan baterai selama 3 jam dengan arus pengosongan sebesar 30 ampere

Pada jam ke 3 ($t = 3$)

$$C = 30 \times 3 \\ = 90 \text{ Ah (Data pengukuran } C = 91,4 \text{ Ah)}$$

- Pengujian kapasitas baterai pada jam ke 4 dengan mengetahui waktu pengosongan baterai selama 4 jam dengan arus pengosongan sebesar 30 ampere

Pada jam ke 4 ($t = 4$)

$$C = 30 \times 4 \\ = 120 \text{ Ah (Data pengukuran } C = 123,2 \text{ Ah)}$$

- Pengujian kapasitas baterai pada jam ke 5 dengan mengetahui waktu pengosongan baterai selama 5 jam dengan arus pengosongan sebesar 30 ampere

Pada jam ke 5 ($t = 5$)

$$C = 30 \times 5 \\ = 150 \text{ Ah (Data pengukuran } C = 150 \text{ Ah)}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat kita ketahui bahwa nilai kapasitas baterai Unit 1 Gardu Induk Teling pada saat pengosongan (*discharging*) adalah 150Ah sama dengan data pengukuran yang di dapat pada saat pengukuran lapangan

C. Perhitungan Nilai Efisiensi Baterai

Berdasarkan dengan hasil perhitungan kapasitas baterai Unit 1 Gardu Induk Teling pada saat pengosongan di atas kita mendapat kapasitas discharge yaitu 150 Ah. Maka dari itu kita dapat menghitung nilai efisiensi baterai menggunakan persamaan (2).

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \\ \eta = \frac{150}{150} \times 100\% \\ \eta = 100\%$$

Sehingga nilai efisiensi baterai adalah 100%. Maka dari itu kondisi baterai Unit 1 Gardu Induk Teling dapat dikatakan dalam kondisi baik sesuai dengan standar pengukuran baterai.

D. Perhitungan Pembebanan Baterai

Pada Gardu Induk Teling 70 kV mengandalkan baterai 110 Vdc berkapasitas baterainya 150 Ah, yang berarti baterai mampu memberikan daya untuk beban DC 150 ampere dalam 1 (satu) jam. Dengan beban peralatan pada baterai Unit 1 Gardu Induk Teling 70 kV adalah 5 ampere. Dengan diketahui kapasitas baterai 150 Ah dan beban peralatan sebesar 5 A.

$$\text{Pembebanan Baterai} = \frac{150}{5} \text{ (jam)} \\ = 30 \text{ jam}$$

Jadi kemampuan baterai 110 Volt Unit 1 pada Gardu Induk Teling 70 kV dalam kapasitas sebagai sumber arus searah (DC)

cadangan jika sumber listrik utama (PLN) mengalami gangguan hanya bisa menyuplai beban selama 30 jam. Dengan demikian baterai Unit 1 Gardu Induk Teling dianggap dapat diandalkan dan dapat memenuhi kebutuhan sumber daya arus searah (DC) apabila terjadinya *blackout*.

Dilihat dari fungsi sistem DC untuk sebuah gardu induk yang demikian penting, untuk itu harus dijaga keandalannya sehingga diperlukan pemeliharaan yang bervariasi tidak hanya pengukuran tegangan dan arus sehingga untuk kerja dari sistem DC dalam hal ini baterai dapat terjaga dan bertahan lama.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dengan hasil penelitian dan analisa yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan :

1. Kemampuan baterai 110 Volt unit 1 pada Gardu Induk Teling 70kV dapat menjadi sumber cadangan listrik kurang lebih 30 jam jika terjadi blackout.
2. Nilai efisiensi baterai memiliki nilai efisiensi sebesar 100%

B. Saran

Meningkatkan pemeliharaan dalam keadaan operasi agar dapat menjaga kinerja sistem baterai dalam menyuplai peralatan.

V. KUTIPAN

- [1] Andri, H. (2010). Rancang Bangun System Battery Charging Automatic.
- [2] Dinanti, W. I. (2020). Pengaruh Assesmen Terhadap Kondisi Baterai 110 VDC Saat Terjadinya Blackout Di GIS Kebon Sirih
- [3] Irnando, F. (2020). Analisis Kemampuan Baterai Untuk Memenuhi Kebutuhan Peralatan Pada Kondisi Emergency Di PT Indonesia Power Suralaya PGU Unit 6
- [4] Nugroho, I. (2011). Baterai Sebagai Suplai Tegangan DC Pada Gardu Induk 150 Kalisari.
- [5] Nurtasih, E. (2017). Analisa Kapasitas Baterai Komunikasi Pada Gardu Induk 150 KV Bantul
- [6] Rifa'I, A. M. (2019). Analisis Uji Kapasitas Baterai 110 VDC Pada Gardu Induk 150 KV.
- [7] Rifa'I, M. H. (2019). Analisis Kebutuhan Kapasitas Baterai 110 Volt DC Gardu Induk 150 KV Banten.
- [8] Salam, I. (2007). Analisis Efisiensi Batere Komunikasi Pada Gardu Induk PT PLN (Persero) Region Jateng Dan DIY UPT Kudus.
- [9] Salam, I. (2014). Baterai-Charger Pada Gardu Induk 150 KV Spondol.

- [10] Silvana, A. F. (2019). Pengaruh Proses Pengosongan (discharging) Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 VDC Di Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang.
- [11] Sudewo, T. B. (2020). Evaluasi Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 VDC Unit 4 PLTU Tarahan Dalam Menyuplai Tegangan DC.
- [12] Sugianto, N. L. (2017). Kegagalan Proteksi Pada Gardu Induk 150 kV Akibat Suplai Tegangan DC.



Penulis bernama **Leos Lonteng**, anak kedua dari tiga bersaudara. Lahir dari pasangan suami-istri Meidy N.H. Lonteng (Ayah) dan Ellen M.A.S Simbar (Ibu), di Manado pada tanggal 17 Januari 2000. Sebelum menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD Negeri 1 Kumelembuai (2005-2011), SMP Katolik Aquino Amurang (2011-2014), SMA Negeri 1 Manado (2014-2017).

Penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2017, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tegangan Tinggi pada tahun . Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktek (Magang) di PT. PLN (Persero) ULP Tondano .

Selama menempuh pendidikan penulis aktif dalam kegiatan dan organisasi didalam dan luar kampus, terutama dalam kegiatan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Unsratdan Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada bulan Juli 2022, dengan judul Analisa Kemampuan Sumber DC (Baterai dan Charge) dalam Memenuhi Kebutuhan Gardu Induk Teling.