



Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 Pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara

Cecep Sulaeman¹, Haris Abtar², Akmal Agung Abdilah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung

Received: 10 September 2026
Revised: 15 September 2026
Accepted: 01 Oktober 2026

Abstract

This study aims to determine the reliability of these batteries by conducting battery capacity tests. These tests are intended to assess the viability and reliability of the batteries at the 150 kV North Bandung Substation during routine maintenance. This study uses the Battery Test System (BTS) 200 to measure the capacity, efficiency, and voltage of the 110 VDC batteries. The results of this study show that in the 110 VDC Unit 2 battery capacity test in 2018, after 5 hours of discharge, the measured battery capacity was 299.75 Ah, whereas in 2020 it was 299.52 Ah. After a 5-hour discharge test, the 110 VDC battery of Unit 2 at the 150 kV Bandung Utara Substation had a battery efficiency of 99.91% in 2018 and 99.84% in 2020. In this case, the battery efficiency is considered good because it remains above the specified standard of >80% based on PLN standards, so the battery can be said to be in good condition.

Keywords: Battery Capacity, Battery Efficiency, 110 VDC Battery, Substation, Battery Test System

(*) Corresponding Author: cecepsulaeman1201@mhs.itenas.ac.id

How to Cite: Sulaeman, C., Abtar, H., & Agung Abdilah, A. (2026). Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 Pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 12(9.B), 514-526.

Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/14106>.

PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi sumber kebutuhan penting dan vital bagi manusia yang tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan sehari-hari. Pada era modern ini, energi listrik menjadi kebutuhan utama manusia dalam menunjang aktifitas rumah tangga maupun kegiatan industri. Hampir semua peralatan rumah tangga dan aktifitas industri menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya. Energi listrik berasal dari pembangkit-pembangkit listrik yang kemudian ditransmisikan pada gardu induk di seluruh Indonesia (Hidayat, 2022). Gardu Induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja switching rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik (Indrawan, 2025).

Dalam pengoperasiannya terdapat dua macam sumber tenaga untuk mengontrol di dalam Gardu Induk, yaitu sumber daya AC dan sumber daya DC. Sumber daya DC pada suatu gardu induk memiliki peran sangat penting dalam kelancaran operasi gardu itu sendiri dalam melayani kebutuhan listrik bagi para konsumen. Sumber daya DC pada gardu induk biasanya disuplai dari beberapa baterai yang disusun secara seri. Baterai ini berfungsi untuk memberikan daya DC bagi rele, motor penggerak pada PMS dan PMT, serta untuk mensuplai daya yang digunakan untuk peralatan telekomunikasi (Agned,

Ricky, & Nurhalim, 2016). Jenis baterai yang umum digunakan adalah tipe NiCd, seperti HBL KPM 300P. Baterai tipe ini memiliki umur operasional yang panjang dan ketahanan yang baik jika dirawat dengan tepat (Istiqlal, Priatna, & Sutisna, 2023).

Kualitas dan kinerja suatu baterai pada gardu induk dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mengganggu kemampuan baterai dalam mensuplai tegangan DC ke peralatan diantaranya adalah faktor pembebanan, pemakaian, menurunnya kapasitas dan efisiensi, tegangan, arus baterai, suhu elektrolit yang tinggi, korosi pada terminal, usia baterai, selain itu kondisi baterai dapat berpengaruh terhadap kinerja baterai bila kerap kali terjadinya *blackout* di gardu induk (IEEE Std 450-2002, 2003).

Penelitian yang dilakukan telah membuktikan efektivitas pemeliharaan berkala dan pengujian kapasitas baterai dalam memperpanjang umur baterai sekaligus menjaga kestabilan suplai daya DC di gardu induk (Nutiasih, Pambudi, & Priyambodo, 2017). Selanjutnya, analisis data pengukuran tegangan, dan arus baterai memungkinkan evaluasi kondisi baterai secara menyeluruh, sehingga menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pemeliharaan. Selain itu, pengujian kapasitas juga penting untuk mengetahui kinerja baterai dibandingkan dengan kapasitas nominal yang seharusnya (Rifa'i, 2019).

Dalam pendistribusian energi listrik di butuhkan suatu sistem proteksi yang layak agar terjaganya ketersediaan sumber tegangan DC. Maka dari itulah adanya pemeliharaan mingguan, bulanan dan tahunan pada baterai di gardu induk (Silvana, 2019). Pemeliharaan yang dilakukan berupa memantau dan memeriksa secara visual baterai apakah dalam kondisi baik, seperti pemeriksaan kontainer baterai, pemeriksaan terminal dan konektor, pemeriksaan tegangan baterai setiap selnya serta pemeriksaan arus dan tegangan yang terhubung ke beban (S. 0520-2K/DIR/2014, 2014).

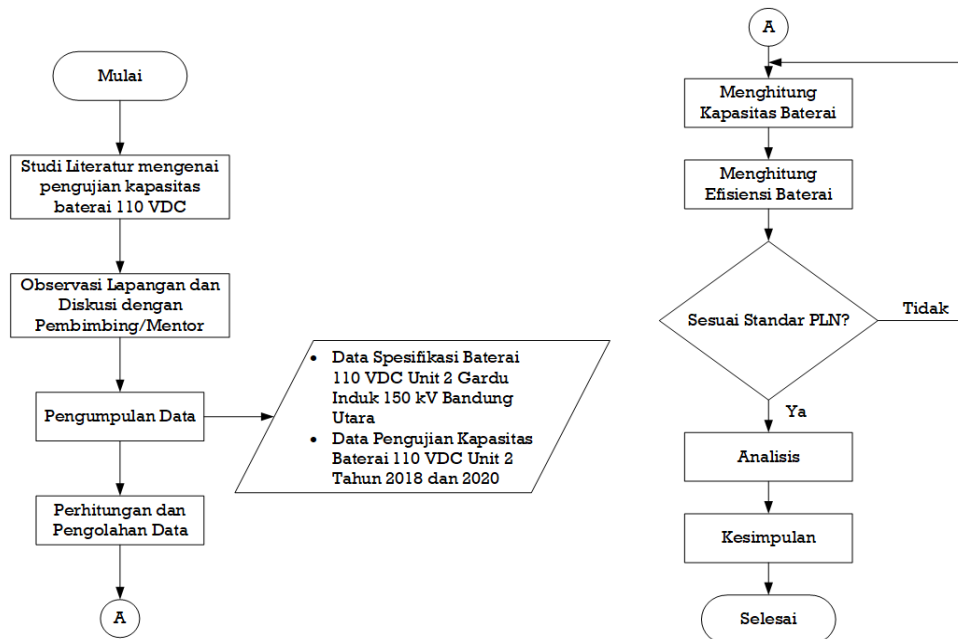
Dalam menentukan kapasitas baterai ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan yang menyangkut penurunan kapasitas baterai selama dipakai antara lain; perubahan baterai terhadap suhu dan jatuh tegangan, kapasitas baterai yang diperlukan dengan memperkirakan beban yang terus-menerus (*continous load*) dan beban terputus-putus (*intermittent load*) yang harus tetap berjalan selama terputusnya pelayanan normal, serta lamanya waktu pemutusan pelayanan (Ershov, Gladyshev, & Bykov, 2024).

Berdasarkan tinjauan referensi diatas, maka dilakukan penelitian tentang “Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara” untuk mengetahui keandalan baterai tersebut dengan cara melakukan pengujian kapasitas baterai dengan metode pengukuran BTS (*Battery Test System*). Pengujian ini bermaksud mengetahui viabilitas dan keandalan baterai di Gardu Induk 150 kV Bandung Utara saat dilakukan perawatan berkala. Tujuan perawatan tersebut mengurangi efek kerugian yang diakibatkan saat terjadi gangguan sehingga sistem suplai tegangan DC yang handal dan *stability* yang tinggi dilengkapi dengan cadangan sumber tenaga yaitu baterai menjadi *back up* catu daya DC untuk peralatan proteksi di gardu induk tersebut dapat tercapai.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir

Pada gambar diagram alir di bawah menjelaskan langkah-langkah penelitian mengenai analisis pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 2 pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara yang dimulai dari studi literatur, observasi lapangan dan diskusi, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan kesimpulan. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian pengujian kapasitas baterai 110 VDC pada Gardu Induk.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode Pengukuran

Salah satu metode untuk mengukur kapasitas baterai 110 VDC adalah dengan menggunakan alat pengukur seperti *Battery Test System* (BTS) 200. *Battery Test System* (BTS) 200 digunakan untuk mengukur kapasitas baterai dengan cara mengalirkan arus listrik ke baterai dan mengukur berapa lama baterai dapat mempertahankan tegangan yang stabil. Hasil pengukuran ini dapat digunakan untuk menentukan apakah baterai masih berfungsi dengan baik atau tidak. Bentuk alat *Battery Test System* (BTS) 200 dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. *Battery Test System* (BTS) 200

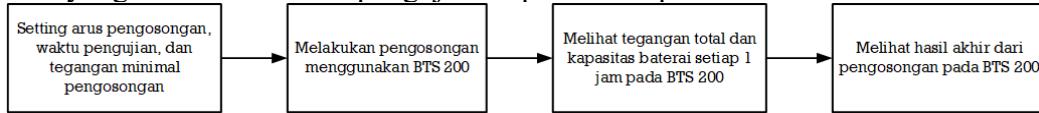
Berikut adalah cara melakukan pengukuran kapasitas baterai menggunakan *Battery Test System* (BTS) 200 :

1. Persiapkan alat dan baterai yang akan diuji. Pastikan alat *Battery Test System* (BTS) 200 terhubung dengan baterai yang akan diuji dengan benar.
2. Atur parameter pengujian pada *Battery Test System* (BTS) 200 sesuai dengan spesifikasi baterai yang akan diuji. Parameter yang umumnya diatur meliputi tegangan pengujian, arus pengujian, dan waktu pengujian.
3. Mulai pengujian dengan menyalakan *Battery Test System* (BTS) 200. Alat akan mengalirkan arus listrik ke baterai dan memantau tegangan yang dihasilkan oleh baterai.
4. Biarkan pengujian berjalan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Selama pengujian, *Battery Test System* (BTS) 200 akan terus memantau tegangan baterai dan mencatat berapa lama baterai dapat mempertahankan tegangan yang stabil.

5. Setelah pengujian selesai, *Battery Test System* (BTS) 200 akan memberikan hasil pengukuran kapasitas baterai. Hasil ini dapat berupa kapasitas dalam satuan Ah (*Ampere-hour*) atau persentase kapasitas baterai yang tersisa.
6. Setelah selesai, matikan *Battery Test System* (BTS) 200 dan lepaskan koneksi antara *Battery Test System* (BTS) 200 dan baterai yang diuji.

Metode Pengujian

Metode yang dilakukan ketika pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.

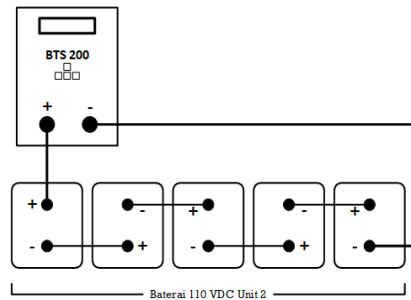


Gambar 3. Metode Pengujian

Pada Gambar 3 dijelaskan untuk alur pengujiannya sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengosongan maka perlu dilakukan setting arus pengosongan, waktu pengujian, dan tegangan minimal pengosongan.
2. Setelah semua disetting maka sudah bisa dilakukan pengosongan oleh BTS 200.
3. Setiap 1 jam dapat melihat tegangan total baterai dan kapasitas baterai pada alat BTS 200.
4. Setelah 5 jam pengosongan dan proses pengosongan berhenti maka untuk hasil akhir tegangan total dan kapasitas akhir bisa dilihat pada alat BTS 200.

Rangkaian Pengujian



Gambar 4. Rangkaian Pengujian

Untuk rangkaian pengujian kapasitas baterai dapat ditunjukkan pada Gambar 4, pengujian ini dilakukan terhadap baterai 110 VDC Unit 2 dengan jumlah 86 sel terpasang menggunakan alat BTS 200, untuk instalasinya sendiri yaitu BTS 200 disambungkan terhadap 86 sel baterai yang akan diuji, sebelum pengujian perlu dilakukan beberapa setting pada alat BTS 200 yaitu arus pengosongan, waktu pengujian, dan tegangan minimal pengosongan.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian “Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara” ini antara lain :

1. Data Spesifikasi Baterai 110 VDC Unit 2

Pada data spesifikasi baterai di bawah ini terdapat merk, type, jenis baterai, kapasitas, tegangan baterai, jumlah sel baterai, dan tahun operasi baterai pada Gardu Induk Bandung Utara dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Data Spesifikasi Baterai 110 VDC Unit 2

Baterai 110 VDC Unit 2	
Merk	TECHFILL
Type	KPM 300
Jenis Baterai	Alkali <i>Nickel Cadmium</i>
Kapasitas	300 Ah

Tegangan Baterai	110 VDC
Jumlah Sel Baterai	86 Sel
Tahun Operasi	2008

2. Data Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 pada Tahun 2018

3. Data Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 pada Tahun 2020

Rumus yang digunakan

Dari data yang didapatkan selama penelitian maka dapat dihitung dengan rumus – rumus berikut :

Proses pengujian kapasitas baterai dengan dilakukan pengosongan baterai berdasarkan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) 69623 adalah sebagai berikut :

1. Besar arus pengosongan (*I discharging*) dapat ditentukan dengan persamaan (1) berikut:

$$I = 0,2 \times C \quad (1)$$

Keterangan :

I = Arus pengosongan (Ampere)

C = Kapasitas baterai (Ah)

2. Untuk lama pengosongan dapat ditentukan dengan persamaan (2) berikut :

$$t = \frac{C}{I} \quad (2)$$

Keterangan :

I = Arus pengosongan (Ampere)

C = Kapasitas baterai (Ah)

t = Waktu (Jam)

3. Untuk batas tegangan akhir pengosongan dapat ditentukan dengan persamaan (3) berikut:

$$V_{stop} = 1 \text{ V} \times N_{sel} \quad (3)$$

Keterangan :

V_{stop} = Tegangan akhir pengosongan (Volt)

N_{sel} = Jumlah sel baterai

Menurut standard IEEE untuk tegangan minimum pengosongan adalah 80% dari tegangan penuh baterai yang digunakan, maka dapat dirumuskan pada persamaan (4) berikut :

$$V_{min} = 80 \% \times V_{max} \quad (4)$$

Keterangan :

V_{min} = Tegangan minimum pengosongan (Volt)

V_{max} = Tegangan maksimal (Volt)

4. Kapasitas Baterai

Sesuai aturan PT. PLN (Persero) untuk pengujian kapasitas baterai merupakan indikator kemampuan sebuah baterai yang dilewati arus dalam waktu yang ditentukan adalah Ah (Ampere/jam) dapat dirumuskan menggunakan persamaan (5) berikut :

$$C = I \times t \quad (5)$$

Keterangan :

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (Jam)

5. Efisiensi Baterai

Untuk menghitung efisiensi yang sesuai standar PT. PLN, baterai yang baik adalah baterai yang memiliki efisiensi >80% dan baterai yang kurang baik adalah yang memiliki efisiensi <60% seperti yang dirumuskan pada persamaan (6) berikut :

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

η = Efisiensi baterai (%)

C_d = Kapasitas pengosongan (*discharging*) (Ah)

C_c = Kapasitas pengisian (*charging*) (Ah)

6. Perhitungan Regresi Linear Sederhana

Untuk persamaan regresi linear sederhana dapat dimodelkan pada persamaan (7) berikut:

$$Y = a + bX \quad (7)$$

Keterangan :

Y = garis regresi / variabel *response*

a = konstanta (*intercept*), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

X = variabel bebas / *predictor*

Untuk konstanta a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan (8) dan (9) berikut :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (8)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (9)$$

Keterangan :

a = konstanta (*intercept*), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

n = jumlah data

x = umur baterai (tahun)

y = tegangan minimum baterai (volt)

$\sum x$ = jumlah dari variabel x

$\sum y$ = jumlah dari variabel y

$\sum x^2$ = jumlah dari variabel x^2

$\sum xy$ = jumlah perkalian dari variabel x dan variabel y

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Sebelum dilakukan Pengujian

Pengujian kapasitas baterai dilakukan dengan cara pengosongan baterai berdasarkan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) 69623, sebelum dilakukan pengujian kapasitas maka perlu dilakukan penentuan arus pengosongan berdasarkan persamaan (1) berikut :

$$I = 0,2 \times C$$

$$I = 0,2 \times 300 = 60 \text{ A}$$

Untuk lama pengosongan dapat ditentukan dengan persamaan (2) berikut:

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

$$t = \frac{300}{60}$$

$$t = 5 \text{ Jam}$$

Kemudian untuk batas tegangan akhir pengosongan dapat ditentukan dengan persamaan (3) berikut :

$$V_{stop} = 1 \text{ V} \times N_{sel}$$

$$V_{stop} = 1 \text{ V} \times 86$$

$$V_{stop} = 86 \text{ V}$$

Hasil Pengujian Kapasitas Baterai pada Tahun 2018

Hasil pengujian kapasitas baterai pada tahun 2018 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 Pada Tahun 2018

Time	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Kapasitas (Ah)
0h	106,6	60	0
1h	102,4	60	59,75
2h	100,8	60	119,75
3h	100,3	60	179,75
4h	99,3	60	239,75
5h	98,0	60	299,75

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa setelah 5 jam pengosongan, kapasitas baterai yang terukur pada pengujian kapasitas baterai adalah sebesar 299,75 Ah dari kapasitas total sebesar 300 Ah.

Pada pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit 2 tahun 2018 ini untuk standar tegangan minimal pengosongan baterai dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) berikut :

$$V_{min} = 80\% \times V_{max}$$

$$V_{min} = 80\% \times 106,6 = 85,28 \text{ V}$$

Pada pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit 2 tahun 2018 diketahui tegangan pengosongan setelah dilakukan 5 jam pengosongan yaitu sebesar 98 V, dimana tegangan pengosongan ini masih diatas standar tegangan minimal pengosongan baterai.

Hasil Pengujian Kapasitas Baterai pada Tahun 2020

Hasil pengujian kapasitas baterai pada tahun 2020 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Baterai 110 VDC Unit 2 Pada Tahun 2020

Time	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Kapasitas (Ah)
0h	108,2	60	0
1h	102,3	60	59,70
2h	100,6	60	119,66
3h	99,8	60	179,60
4h	98,8	60	239,56
5h	97,3	60	299,52

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa setelah 5 jam pengosongan, kapasitas baterai yang terukur pada pengujian kapasitas baterai adalah sebesar 299,52 Ah dari kapasitas total sebesar 300 Ah.

Pada pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit 2 tahun 2020 ini untuk standar tegangan minimal pengosongan baterai dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) berikut :

$$V_{min} = 80\% \times V_{max}$$

$$V_{min} = 80\% \times 108,2 = 86,56 \text{ V}$$

Pada pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit 2 tahun 2020 diketahui tegangan pengosongan setelah dilakukan 5 jam pengosongan yaitu sebesar 97,3 V, dimana tegangan pengosongan ini masih diatas standar tegangan minimal pengosongan baterai.

Hasil Perhitungan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai ialah mengetahui berapa jumlah arus listrik (ampere) yang dapat disalurkan ke suatu beban pada jangka waktu (jam) tertentu. Untuk mengetahui nilai kapasitas pada suatu baterai dapat ditentukan menggunakan persamaan (5).

Pada saat 0 jam ($t = 0$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 0$$

$$C = 0 \text{ Ah}$$

Pada saat 3 jam ($t = 3$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 3$$

$$C = 180 \text{ Ah}$$

Pada saat 1 jam ($t = 1$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 1$$

$$C = 60 \text{ Ah}$$

Pada saat 4 jam ($t = 4$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 4$$

$$C = 240 \text{ Ah}$$

Pada saat 2 jam ($t = 2$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 2$$

$$C = 120 \text{ Ah}$$

Pada saat 5 jam ($t = 5$) Pengosongan

$$C = I \times t$$

$$C = 60 \times 5$$

$$C = 300 \text{ Ah}$$

Perbandingan Pengujian Kapasitas Baterai

Tabel 4 di bawah adalah data kapasitas baterai dari hasil pengukuran pada tahun 2018 & 2020 dan hasil perhitungan.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Baterai

Waktu (Jam)	Kapasitas Baterai Tahun 2018 (Ah)	Kapasitas Baterai Tahun 2020 (Ah)	Kapasitas Baterai Hasil Perhitungan (Ah)
0	0	0	0
1	59,75	59,70	60
2	119,75	119,66	120
3	179,75	179,60	180
4	239,75	239,56	240
5	299,75	299,52	300

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 2 pada tahun 2018 setelah 5 jam pengosongan, kapasitas baterai yang terukur adalah sebesar 299,75 Ah sedangkan pada tahun 2020 kapasitas baterai yang terukur adalah sebesar 299,52 Ah. Pada hasil perhitungan kapasitas baterai dengan waktu pengosongan selama 5 jam mengalami kenaikan karena dipengaruhi oleh waktu pengosongan sedangkan nilai arusnya tetap sama. Kapasitas baterai yang terbaca saat pengosongan tahun 2018 dan 2020 tidak jauh berbeda dengan kapasitas baterai yang diperoleh dari hasil perhitungan.

Hasil Perhitungan Efisiensi Baterai pada Tahun 2018

Efisiensi suatu baterai merupakan perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Sesudah dilaksanakan pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 2 Gardu Induk Bandung Utara di dapatkan kapasitas pengosongan sebesar 299,75 Ah dan kapasitas pengisian 300 Ah sehingga bisa di hitung efesiensi baterai seperti persamaan (6).

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

$$\eta = \frac{299,75}{300} \times 100\%$$

$$\eta = 99,91 \%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi baterai pada tahun 2018 di atas didapatkan nilai efisiensi baterai sebesar 99,91 %. Nilai efisiensi tersebut masih dikatakan baik karena masih diatas standar yang ditentukan yaitu >80%, sehingga dapat disimpulkan bahwa baterai masih dalam kondisi baik.

Hasil Perhitungan Efisiensi Baterai pada Tahun 2020

Efisiensi suatu baterai merupakan perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Sesudah dilaksanakan pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 2 Gardu Induk Bandung Utara di dapatkan kapasitas pengosongan sebesar 299,52 Ah dan kapasitas pengisian 300 Ah sehingga bisa di hitung efesiensi baterai seperti persamaan (6).

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

$$\eta = \frac{299,52}{300} \times 100\%$$

$$\eta = 99,84 \%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi baterai pada tahun 2020 di atas didapatkan nilai efisiensi baterai sebesar 99,84 %. Nilai efisiensi tersebut masih dikatakan baik karena masih diatas standar yang ditentukan yaitu >80%, sehingga dapat disimpulkan bahwa baterai masih dalam kondisi baik.

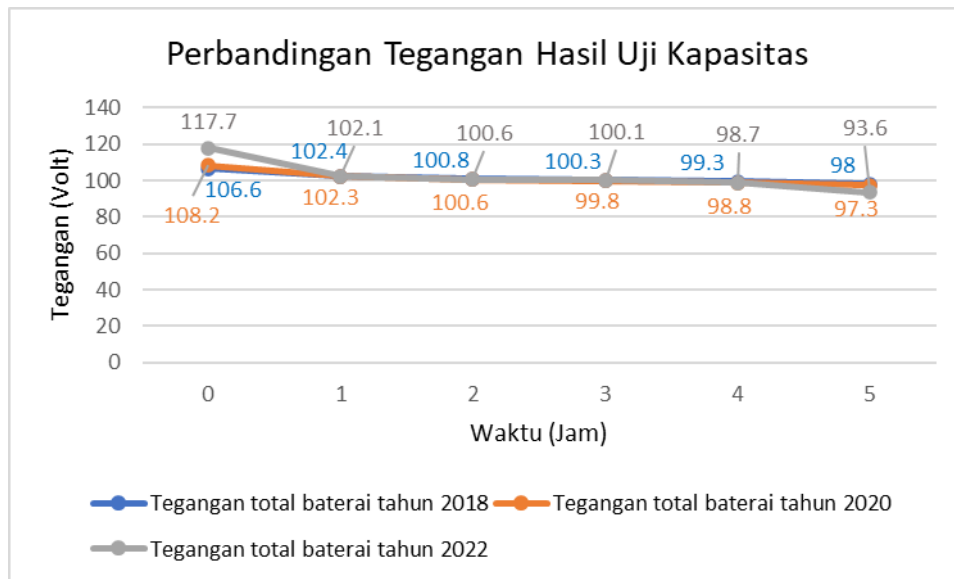
Perbandingan Tegangan Hasil Pengujian Kapasitas Baterai

Data tegangan total baterai dari hasil pengukuran pada tahun 2018, 2020, dan 2022 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Hasil Uji Kapasitas Baterai

Time	Tegangan Total Baterai Tahun 2018 (Volt)	Tegangan Total Baterai Tahun 2020 (Volt)	Tegangan Total Baterai Tahun 2022 (Volt)
0h	106,6	108,2	117,7
1h	102,4	102,3	102,1
2h	100,8	100,6	100,6
3h	100,3	99,8	100,1
4h	99,3	98,8	98,7
5h	98,0	97,3	93,6

Untuk melihat grafik perbandingan tegangan total baterai hasil uji kapasitas pada tahun 2018, 2020, dan 2022 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Perbandingan Tegangan Hasil Uji Kapasitas

Pada Gambar 5 tersebut dapat dilihat bahwa setelah pengosongan selama 5 jam baterai selalu mengalami penurunan tegangan, untuk tegangan awal baterai terbaca pada tahun 2018 sebesar 106,6 V, tahun 2020 sebesar 108,2 V, dan tahun 2022 sebesar 117,7 V. Tegangan awal tersebut masih dikatakan normal karena masih berada di atas tegangan minimum baterai yaitu sebesar 104,5 V.

Pada pengosongan 5 jam baterai terbaca akhir tegangan total baterai pada tahun 2018 sebesar 98 V, pada tahun 2020 sebesar 97,3 V, dan pada tahun 2022 sebesar 93,6 V. Tegangan total akhir baterai tersebut berada di atas tegangan minimal pengosongan yaitu 86 V sehingga baterai dapat dikatakan masih baik. Selama 3 tahun tersebut baterai mengalami penurunan tegangan sebesar 4,4 V, apabila baterai dibiarkan sampai tahun-tahun berikutnya kemungkinan tegangan total baterai akan kembali menurun sampai batas tegangan minimal pengosongan yaitu sebesar 86 V.

Penentuan Masa Layak Pakai Baterai

Untuk menentukan masa layak pakai baterai dapat diperhitungkan menggunakan analisa regresi linear sederhana dengan pengelompokan variabel baterai seperti pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Pengelompokan Variable Baterai

Umur (x)	Vmin (y)	xy	x ²
1	98	98	1
2	97,3	194,6	4
3	93,6	280,8	9
$\sum x = 6$	$\sum y = 288,9$	$\sum xy = 573,4$	$\sum x^2 = 14$

Regresi linear sederhana memiliki bentuk $Y = a + bX$, untuk menentukan nilai a dapat menggunakan persamaan (8) berikut :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(288,9)(14) - (6)(573,4)}{3 \cdot (14) - (6)^2}$$

$$a = \frac{(4044,6) - (3440,4)}{42 - 36}$$

$$a = \frac{604,2}{6}$$

$$a = 100,7$$

Sedangkan untuk menentukan nilai b dapat menggunakan persamaan (9) berikut :

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{3(573,4) - (6)(288,9)}{3 \cdot (14) - (6)^2}$$

$$b = \frac{(1720,2) - (1733,4)}{42 - 36}$$

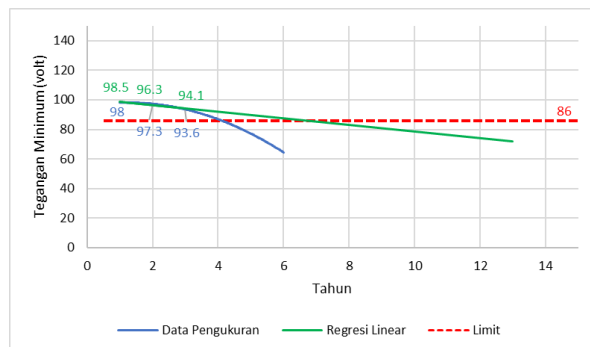
$$b = \frac{-13,2}{6}$$

$$b = -2,2$$

Jadi untuk persamaan regresinya yaitu menggunakan persamaan (7) berikut :

$$Y = a + bX$$

$$Y = 100,7 - 2,2X$$



Gambar 6. Uji Regresi Linear

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa nilai uji regresi linear masih mendekati nilai dari hasil pengukuran tegangan minimum baterai dengan error 5% sehingga persamaan dapat digunakan untuk melakukan prediksi masa layak pakai baterai. Berdasarkan hasil persamaan regresi yang telah diperoleh sebelumnya, nilai x yang dimasukkan yaitu 15. Nilai 15 adalah nilai acak yang pilih untuk uji coba prediksi umur baterai.

Dari Gambar 6 terdapat garis berwarna merah dimana garis tersebut adalah tegangan akhir pengosongan baterai yaitu 86 V. Apabila diasumsikan tegangan baterai turun terus menerus diperoleh bahwa sisa umur baterai akan bertahan selama 6,6 tahun. Usia pakai tersebut dihitung dari data terakhir, sehingga apabila sisa umur baterai sudah mencapai 6,6 tahun maka baterai harus diganti dengan baterai yang baru.

Untuk batas tegangan akhir pengosongan baterai yaitu 86 V berdasarkan persamaan (3), nilai 86 V ini merupakan variabel dari Y, maka untuk menentukan umur baterai atau variabel X dapat dihitung sebagai berikut :

$$Y = 100,7 - 2,2X$$

$$86 = 100,7 - 2,2X$$

$$86 - 100,7 = -2,2X$$

$$-14,7 = -2,2X$$

$$X = \frac{-14,7}{-2,2}$$

$$X = 6,6$$

Jadi, baterai dapat mencapai tegangan akhir pengosongan (86 V) ketika sisa umur baterai telah mencapai 6,6 tahun terhitung dari data terakhir, setelah 6,6 tahun baterai beroperasi maka baterai mengalami penurunan efisiensi sehingga baterai tidak bisa maksimal dalam mensuplay beban dan baterai harus diganti dengan baterai yang baru.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis pengujian kapasitas baterai 110 VDC unit 2 pada gardu induk 150 kV Bandung Utara, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian kapasitas baterai 110 VDC Unit 2 pada tahun 2018 setelah 5 jam pengosongan kapasitas baterai terukur sebesar 299,75 Ah sedangkan pada tahun 2020 kapasitas baterai yang terukur adalah sebesar 299,52 Ah. Pada hasil perhitungan kapasitas baterai dengan waktu pengosongan selama 5 jam mengalami kenaikan karena dipengaruhi oleh waktu pengosongan sedangkan nilai arusnya tetap sama. Kapasitas baterai yang terbaca saat pengosongan tahun 2018 dan 2020 tidak jauh berbeda dengan kapasitas baterai yang diperoleh dari hasil perhitungan.
2. Setelah dilakukan uji pengosongan selama 5 jam Baterai 110 VDC Unit 2 Gardu Induk 150 kV Bandung Utara memiliki efisiensi baterai sebesar 99,91 % pada tahun 2018 dan 99,84 % pada tahun 2020. Dalam hal ini untuk efisiensi baterai dikatakan baik karena masih di atas standar yang ditentukan yaitu >80% berdasarkan standar PLN, sehingga baterai dapat dikatakan masih dalam kondisi baik.
3. Pada perbandingan tegangan total baterai pada tahun 2018 dan 2020 setelah pengosongan selama 5 jam baterai mengalami penurunan tegangan, terbaca akhir tegangan total baterai pada tahun 2018 sebesar 98 V, pada tahun 2020 sebesar 97,3 V, dan pada tahun 2022 sebesar 93,6 V. Tegangan total akhir baterai tersebut berada di atas tegangan minimal pengosongan yaitu 86 V sehingga baterai dapat dikatakan masih baik. Selama 3 tahun tersebut baterai mengalami penurunan tegangan sebesar 4,4 V, apabila baterai dibiarkan sampai tahun-tahun berikutnya kemungkinan tegangan total baterai akan kembali menurun sampai batas tegangan minimal pengosongan yaitu sebesar 86 V.
4. Berdasarkan hasil dari persamaan regresi linear sederhana yang telah dilakukan, baterai masih layak untuk dipakai sampai berumur 6,6 tahun karena di umur yang ke 6,6 tahun tersebut baterai memiliki tegangan akhir pengosongan sebesar 86 V, setelah 6,6 tahun tersebut maka baterai dapat dipastikan mengalami penurunan efisiensi sehingga baterai kurang maksimal dalam mensuplay beban dan baterai harus diganti dengan baterai yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Agned, Ricky, & Nurhalim. (2016). Studi Kapasitas Baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang. *FT Teknik*, 3(2), 1-9.
- Ershov, I. A., Gladyshev, S. A., & Bykov, S. V. (2024). Technique of Estimating the Amount of Batteries in Uninterruptible Power Supply Systems. 1-4.
- Hidayat, S. (2022). Studi Kapasitas Baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 kV Mojosoongo Boyolali. *Publikasi Ilmiah*.
- IEEE Std 450-2002. (2003). IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications. *IEEE*.

- Indrawan, A. (2025). Kapasitansi dan Efisiensi Baterai 110 VDC pada Gardu Induk Sungai Kedukan UPT Palembang. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)*, Volume 2 No.3, 5874-5894.
- Istiqlal, M. F., Priatna, E., & Sutisna. (2023). Analisa Kapasitas Baterai sebagai Sumber DC pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV PT.PLN (Persero) Tasikmalaya . *Journal of Energy and Electrical Engineering (JEEE)*, Vol.04, No.02, 67-74.
- Nutiasih, E., Pambudi, P. E., & Priyambodo, S. (2017). Analisa Kapasitas Baterai Komunikasi Pada Gardu Induk 150 kV Bantul. *Jurnal Elektrikal* 4(2), 46-53.
- Rifa'i, A. M. (2019). Analisis Uji Kapasitas Baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 KV Klaten. *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- S. 0520-2K/DIR/2014. (2014). *Pedoman Pemeliharaan Sistem Suplai AC/DC*. Jakarta.
- Silvana, A. F. (2019). Pengaruh Poses Pengosongan (DISCHARGING) Terhadap Kapasitas dan Efisiensi Baterai 110.