

Analisis Chekup Pemeliharaan Batteray Capacity Test (BCT) 110 VDC Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 KV Jatigedong Jombang

Royb Fatkhur Rizal*, Hardhika Dwi Atmaja

Universitas Islam Kediri, Jl. Sersan Suharmaji 38, Kediri, Jawa Timur, 64128, Indonesia

*hardhikadwiatmaja80@gmail.com

Kata Kunci :

*Gardu Induk, BCT
Test, Baterai 110 Vdc*

ABSTRAK

Salah satu peralatan pendukung proteksi di Gardu Induk yaitu sistem DC (*Direct Current*) yang berfungsi untuk memberikan suplai tegangan DC pada peralatan proteksi. Tegangan DC tersebut salah satunya diperoleh dari beberapa sel baterai yang tersusun secara seri. Untuk pemeliharaan baterai tersebut dapat dilakukan pengujian dengan BCT (*Battery Capacity Test*) yaitu pengujian terhadap nilai tegangan sel, efisiensi, dan kapasitas baterai tersebut. Pengujian kapasitas dan efisiensi baterai bertujuan mengetahui sejauh mana baterai bisa memberikan suplai tegangan DC pada peralatan proteksi saat terjadi gangguan. Setelah dilakukan pengujian pada baterai 110 Vdc di Gardu Induk Jatigedong didapatkan hasil perbandingan nilai kapasitas dan efisiensi dalam kurun dua tahun terakhir yaitu nilai kapasitas dari 240 Ah turun menjadi 210 Ah, sedangkan efisiensi dari 80% menjadi 70%.

One of the protection support equipment at the substation is the DC (Direct Current) system which functions to provide a DC voltage supply to the protection equipment. One of the DC voltages is obtained from several battery cells arranged in series. To maintain the battery, a test can be carried out with the BCT (Battery Capacity Test), which is a test of the cell voltage, efficiency and capacity of the battery. Testing the capacity and efficiency of the battery aims to determine the extent to which the battery can provide a DC voltage supply to the protection equipment when a disturbance occurs. After

testing the 110 Vdc battery at the Jatigedong substation, the results of a comparison of the capacity and efficiency values over the past two years, namely the capacity value from 240 Ah decreased to 210 Ah, while the efficiency from 80% to 70%.

1. Pendahuluan

Baterai adalah sumber daya DC (*Direct Current*) cadangan dan dapat memberikan daya DC ke peralatan pengaman (proteksi), Motor penggerak PMT (pemutus/pemutus tegangan) dan PMS (pemisah) saat penyearah tidak beroperasi[[1]. Dengan perawatan yang rutin diharapkan peralatan tersebut dapat bekerja secara optimal pada waktu yang tepat. Baterai perlu dipelihara untuk menjaga daya tahan dan efisiensi pengoperasian baterai tersebut, sehingga dapat berfungsi dengan baik dan menjaga keandalan peralatan Gardu Induk dalam menyalurkan energi listrik. Pemeliharaan baterai dapat dilakukan dengan beberapa metode pengujian yaitu pengujian tegangan, berat jenis elektrolit, temperatur elektrolit, efisiensi, dan kapasitas baterai,[1].

Dari penelitian sebelumnya oleh Lubis S.(2017), dengan judul “Kegagalan Proteksi Gardu Induk 150 KV Akibat Suplai Tegangan DC” menjelaskan jika rele proteksi dan mekanik tidak menerima daya tegangan DC akan mempengaruhi PMT (Pemutus Tegangan /*Circuit Breaker*) dari *tripping* saat terjadi gangguan untuk melindungi trafo, untuk menghindari hal tersebut diperlukan uji kapasitas baterai 110 VDC untuk menjaga kehandalan suplai peralatan proteksi tersebut[3]. Sedangkan penelitian oleh Try Bambang Sudewo,(2020) dengan judul “Evaluasi Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 VDC Di PLTU Tarahan Dalam Menyuplai Beban DC” ,hasil penelitian tersebut menjelaskan keandalan suatu baterai dapat di lihat dari pengujian pada baterai agar mengetahui kondisi baterai sehingga dapat memperkirakan kemampuan baterai dalam mensuplai beban DC [4].

Berdasarkan tinjauan referensi diatas, maka dilakukan penelitian tentang analisa kapasitas baterai 110 VDC di PLN Gardu Induk 150 KV Jatigedong Jombang untuk mengetahui keandalan baterai tersebut dengan cara melakukan pengujian kapasitas baterai dengan metode BCT (*Battery Capacity Test*).Pengujian ini bermaksud mengetahui viabilitas dan keandalan baterai di gardu induk PLN Jatigedong 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[2].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Perhitungan Kapasitas dan Efisiensi

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 sebagai berikut[1].

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

Dimana :

C = Kapasitas baterai (Ah) I = Arus (Ampere)

t = Waktu (Jam)

Untuk menghitung efisiensi yang sesuai Standar PT. PLN Baterai yang baik adalah baterai yang memiliki efisiensi >80% dan yang kurang baik adalah yang memiliki efisiensi <60% seperti yang dirumuskan sebagai berikut[1].

$$\eta = \frac{Cd}{Cc} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

η = Efisiensi baterai (%)

Cd = Kapasitas *discharging* (Ah) Cc = Kapasitas *charging* (Ah)

Menurut standart pengujian kapasitas baterai IEC (*International Electrotechnical Commission*) adalah sebagai berikut[1] [5].

1. Besar arus pengosongan (I *discharging*) Baterai alkali : $0,2 \times$ Kapasitas Baterai (C)
2. Waktu Pengosongan (T *stop*) baterai alkali, proses pengosongan dilakukan selama 5 jam.
3. Tegangan akhir pengosongan (V *stop*) baterai alkali sebesar 1 Volt.

2.2 Pengujian Tegangan

Pengujian tegangan dilakukan dengan cara pengukuran tegangan baterai setiap sel baterai dengan tegangan minimum (V_{min}) sebanyak 95% dari tegangan nominal baterai yang digunakan, akibatnya jika baterai mempunyai tegangan nominal sebanyak 110 VDC baterai mempunyai tegangan minimum sebanyak 104,5 VDC dengan mengukur baterai per sel menggunakan memakai alat multimeter[1][4].

2.3 Pengujian Battery Capacity Test (BCT)

Pengujian kapasitas baterai dengan menggunakan metode BCT (*Battery Capacity Test*), yaitu pengujian terhadap kapasitas baterai yang digunakan, dengan cara menguji secara simulasi beban yang diatur, dan arus yang mengalir ke suatu rangkaian beban adalah tetap. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan baterai yang diuji dengan alat ujinya, dan setiap jam tegangan per selnya dilakukan pengukuran [4]. Alur tahapan pengujian *Battery Capacity Test* (BCT) di Gardu Induk 150KV Jatigedong Jombang terbagi menjadi 6 tahapan yaitu sebagai berikut[1][4].

1. Baterai yang diuji yang sudah di akuisisi data.
2. Melakukan perhitungan arus pengosongan dan lama waktu pengosongan baterai.
3. Memberi arus pembebanan baterai saat pengujian.
4. Menguji tegangan yang diuji saat *discharger*.
5. Mengukur tegangan per sel , suhu elektrolit , berat jenis dengan menggunakan alat ukur

untuk mengetahui masih baik atau tidak nya baterai.

6. Melakukan penghitungan kapasitas dan *efisiensi* baterai untuk mengetahui terdapat penurunan kapasitas baterai selama beberapa tahun.

2.4 Peralatan Pengujian Baterai

2.4.1 Rectifier

Rectifier adalah serangkaian alat listrik yang digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi sumber arus searah (DC) digunakan dalam pengujian untuk untuk tegangan DC. Adapun baterai digunakan untuk menyimpan tegangan DC, saat melakukan pengujian peralatan penyearah ini harus disesuaikan dengan kapasitas baterai yang sudah terpasang[1][5].



Gambar 1 Rectifier

2.4.2 Alat Pengosongan

Alat khusus yang digunakan untuk melakukan pengujian rangkaian baterai dalam hal ini peralatan yang digunakan tipe BTS ISA SWA 100 untuk baterai jenis Ni-Cd, dengan pilihan voltase rangkaian baterai dengan tegangan sel sebesar 1,2 V/2 V/6 V/12 V[5]. Dalam pengujian pengosongan baterai dilakukan secara otomatis oleh alat BCT ini , sebelum melakukan pengosongan peralatan diatur terlebih dahulu untuk menyesuaikan penggunaan pada baterai yang akan di uji[1][4].



Gambar 2 Alat Pengosongan Tipe BTS ISA SWA 100

2.4.3 Baterai Alkali

Baterai Alkali Nickel Cadmium (Ni-Cd). Ciri-ciri umumnya adalah tegangan nominal per sel 1,2 volt, Tegangan per sel adalah 1,44 yang berjumlah 86 sel yang disusun secara seri, Jenis elektrolit yang digunakan yaitu Nickel Cadmium (Ni-Cd) karena baterai alkali termasuk jenis baterai basah.[1][2].



Gambar 3 Baterai Alkali

2.4.4 Multimeter

Spesifikasi untuk pengukuran tegangan adalah multimeter tipe Sanwa CD800A untuk pengukuran tegangan *Resistance range* 400/4k/40K/400k/4M/40M ohm, resolusi 0,1 ohm. *Capacitance range* = 50n/500n/5/50/100F, resolusi 0,01nF. *Frekuensi range* 5Hz - 100kHz[1].

2.5 Flowchart Pengujian Dengan Metode BCT

Berikut ini proses pengujian baterai dengan metode BCT (*Battery Capacity Test*) digambarkan dibawah ini .



Gambar 4 Flowchart Pengujian Dengan Metode BCT

Seperti pada Gambar 4 maka langkah-langkah proses pengujian baterai sebagai berikut[1].

1. Menghubungkan dahulu modul pemantauan voltase sel.
2. Tarik “ON” pada sakelar pelepasan(agar mencegah koneksi balik kabel pelepasan dan merusak tester ,dan juga jika terjadi kesalahan pemasangan ,peringatan akan diberhentikan).
3. Menyambungkan kabel pembuang ke mesin host dan bank baterai.(Garis merah + positif,Garis Hitam – Negatif).koneksi terbalik akan menjadi peringatan.
4. Hubungkan jalur uji tegangan kutub string baterai
5. Memasang dan menyalakan tester.
6. Masuk ke Pengaturan parameter uji baterai
7. Tarik “off”pada saklar pembuang
8. Tekan “ok”start test

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan baterai yang diuji dengan alat ujinya, dan setiap jam tegangan per selnya diukur. Di gardu induk Jatigedong baterai yang diuji ada 1 unit, setiap unitnya ada 86 sel baterai. Baterai yang dilakukan pengujian adalah baterai dengan jenis baterai Alkali, bahan elektrolitnya yaitu Nickel Cadmium (Ni-Cd) berdasarkan karakteristik pengosongannya dengan tegangan nominal 1,2 volt per sel dan tegangan pengosongan akhir 1 volt per sel. Cara menentukan kondisi baterai hingga sesuai dengan standart, yaitu lebih dari 80% dengan melihat data pengukuran tegangan di setiap selnya[1]. Dari hasil pengukuran, kemudian barulah dilakukanlah perhitungan kapasitas dan *efisiensi* baterai kemudian dilihat kualitas dan keadaan elektrolit selama dilakukan pengujian. Apabila selama pengujian tegangan sel menurun drastis, dan tidak sama dengan besar nilai tegangan yang lain sehingga dipastikan terdapat gangguan dan perlu adanya rekondisi[2].

3.1 Perhitungan Sebelum Dilakukan Pengujian

Berikut ini adalah perhitungan sebelum dilakukan pengujian, sesuai dengan kapasitas baterai yaitu 300 Ah. Data baterai yang diuji pada data teknik di Gardu Induk jatigedong sebagai berikut:

Arus pengosongan (I_d) = $0,2 \times (C)$

$$= 0.2 \times 300 \text{ Ah}$$

$$= 60 \text{ A}$$

Waktu Stop(T_s) = $C : I_d$

$$= 300 \text{ Ah} : 60 \text{ A}$$

$$= 5 \text{ Jam}$$

Tegangan Akhir (V_{stop}) = $1 \text{ V} \times 86 \text{ sel} = 86 \text{ Volt}$

Dari hasil perhitungan di atas maka arus dan waktu pengosongan dapat diketahui, hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai acuan saat melakukan pengujian pengosongan baterai.

3.2 Perbandingan Hasil Pengujian

3.2.1 Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan Sel Baterai Tahun 2020

Tabel 1 Pengukuran Penurunan Tegangan Sel Saat Pengosongan

No. SEL	Penurunan Tegangan Sel	Waktu Pengosongan (Jam Ke-)	Pengukuran Total Tegangan I unit (86 Sel) Baterai
60	0.40 Vdc	1	102.04 Vdc
4	0.75 Vdc	2	101.45 Vdc
79	0.25 Vdc	2	101.45 Vdc
2	0.24 Vdc	3	109.7 Vdc
4	1.05 Vdc	4	97.05 Vdc
4	1.15 Vdc	5	108.20 Vdc
75	1.15 Vdc	5	108.20 Vdc

Berdasarkan data yang tertera pada tabel 1, nilai tegangan sel dan total tegangan saat pengosongan semua sel 1 s/d 86 berlangsung selama 5 jam nilai tegangan total sebesar 97,05 Vdc s/d 108,2 Vdc. Pengukuran tegangan sebelum pengujian BCT memiliki tegangan total sebesar 145 Vdc dimana tiap selnya memiliki tegangan rata-rata 1.6 Vdc. Saat dilakukan pengosongan nilai tegangan tiap sel yang terukur 0,4 Vdc s/d dan 1.15 Vdc, nilai tegangan mengalami penurunan dikarenakan beberapa sel baterai terdapat anomali/gangguan yaitu panas yang disebabkan terdapat kandungan karbon/ endapan yang tinggi. Gangguan ini dapat diatasi dengan penanganan dengan cara membuka penutup sel baterai yang mengalami penurunan tegangan. Tujuan pengujian pengukuran tegangan ini untuk mengetahui berapa lama baterai bertahan menyuplai beban tanpa *charger (rectifier)*, dengan diberi arus beban maksimum kapasitas baterai itu sendiri yaitu dengan arus *discharge* 60 A dengan waktu pengujian 5 jam.

3.2.2 Perhitungan Kapasitas Baterai Tahun 2020

Setelah dilakukan pengujian pengukuran tegangan saat pengosongan kemudian dihitung kapasitas dan efisiensi baterai berdasarkan waktu pengujian pengosongan untuk mengetahui kapasitas baterai dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = I \times t$$

Dimana :

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (Jam/sekon)

1. Pada saat 0 jam (t = 0) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 0 \\ &= 0 \text{ Ah} \end{aligned}$$

2. Pada saat 1 Jam 15 menit(t = 1.25) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 1.25 \\ &= 75 \text{ Ah} \end{aligned}$$

3. Pada saat 2 Jam 30 menit (t = 2.5) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 2.5 \\ &= 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

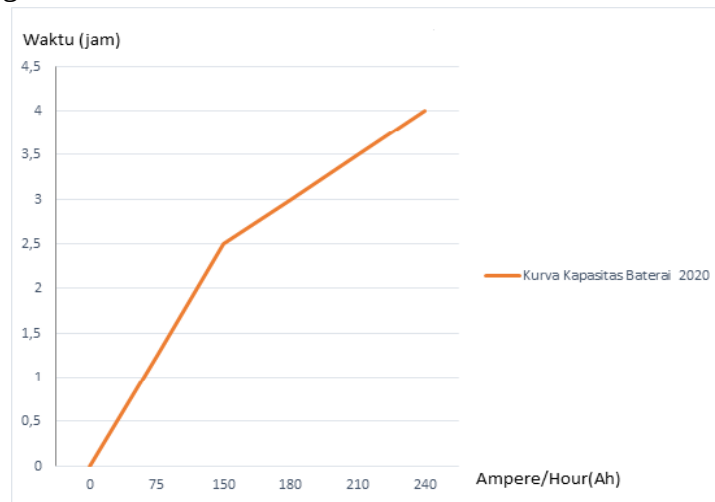
4. Pada saat 3 Jam (t = 3) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 3 \\ &= 180 \text{ Ah} \end{aligned}$$

5. Pada saat 4 jam (t = 4) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 4 \\ &= 240 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Dari data yang didapatkan berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat kurva kapasitas baterai tahun 2020 sebagai berikut :



Gambar 4 Kurva Kapasitas Baterai Tahun 2020

Dari kurva diatas disimpulkan bahwa setelah proses pengosongan yang berlangsung selama 5 jam dengan arus 60 A, diketahui kapasitas baterai di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Jatigedong pada tahun 2020 sebesar 240 Ah.

3.2.3 Perhitungan Efisiensi Baterai Tahun 2020

Untuk mengetahui efisiensi baterai dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [1][4].

Diketahui : $C_d = 240 \text{ Ah}$

$C_c = 300 \text{ Ah}$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \\ &= \frac{240}{300} \times 100\% \\ &= 80\%\end{aligned}$$

3.2.4 Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan Sel Baterai Tahun 2022

Tabel 2 Pengukuran Penurunan Tegangan Sel Saat Pengosongan

No. SEL	Pengukuran Tegangan Tiap Sel	Waktu Pengosongan (Jam Ke-)	Pengukuran Total Tegangan I unit (86 Sel) Baterai
75	0.58 Vdc	1	102.3 Vdc
75	0.25 Vdc	2	101.4 Vdc
61	0.18 Vdc	3	108 Vdc
75	0.25 Vdc	3	108 Vdc
6	0.71 Vdc	4	95 Vdc
24	0.43 Vdc	4	95 Vdc
75	0.68 Vdc	5	106.2 Vdc

Berdasarkan data yang tertera pada tabel 2, nilai tegangan total saat pengosongan berlangsung selama 5 jam adalah 95 Vdc s/d 108 Vdc dengan nilai tegangan total sebelum pengosongan sebesar 123 Vdc, rata-rata tegangan per sel adalah 1.43 Vdc. Penurunan tegangan setiap sel saat pengosongan sebesar 0.18 Vdc s/d 0.68 Vdc, ini disebabkan adanya beberapa sel baterai yang mengalami anomali atau gangguan. Terjadinya penurunan tegangan sel ini dikarenakan waktu atau umur sel baterai, tindakan untuk mencegah supaya penurunan tegangan sel semakin drastis perlu adanya tindakan penanganan dengan cara pergantian sel baterai tersebut.

3.2.5 Perhitungan Kapasitas Baterai Tahun 2022

Untuk mengetahui kapasitas baterai dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = I \times t$$

Dimana :

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (Jam/sekon)

1. Pada saat 0 jam (t = 0) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 0 \\ &= 0 \text{ Ah} \end{aligned}$$

2. Pada saat 1 Jam 15 menit(t = 1.25) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 1.25 \\ &= 75 \text{ Ah} \end{aligned}$$

3. Pada saat 2 Jam 30 menit (t = 2.5) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 2.5 \\ &= 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

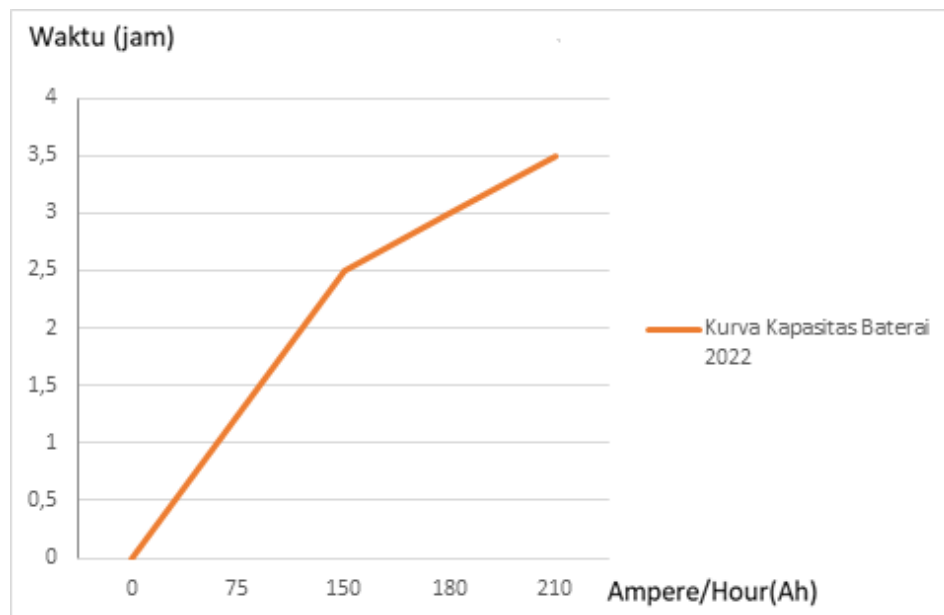
4. Pada saat 3 Jam (t = 3) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 3 \\ &= 180 \text{ Ah} \end{aligned}$$

5. Pada saat 3 Jam 30 menit (t = 3.5) Pengosongan

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ &= 60 \times 3.5 \\ &= 210 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Dari data yang didapatkan berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat kurva kapasitas baterai tahun 2022 sebagai berikut :



Gambar 5 Kurva Kapasitas Baterai Tahun 2022

Dari kurva diatas dapat disimpulkan bahwa setelah proses pengosongan yang berlangsung selama 5 jam, diketahui kapasitas baterai di Gardu Induk Jatigedong Jombang pada tahun 2022 adalah sebesar 210 Ah . Hal ini menunjukkan bahwa selama ± 2 tahun, baterai mengalami penurunan kapasitas tegangan.

3.2.6 Perhitungan Efisiensi Baterai Tahun 2022

Untuk mengetahui efisiensi baterai dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut[1][4].

Diketahui : $C_d = 210 \text{ Ah}$

$C_c = 300 \text{ Ah}$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \\ &= \frac{210}{300} \times 100\% \\ &= 70\%\end{aligned}$$

Dari perbandingan hasil pengujian pengukuran tegangan saat pengosongan dan perhitungan diatas, baterai 110 Vdc di Gardu induk Jatigedong mengalami penurunan kapasitas dan efisiensi. Dilihat dari hasil pengujian tahun 2020 yang besarnya kapasitas baterai sebesar 240 Ah dan efisiensi 80%, kemudian dari hasil pengujian tahun 2022 kapasitas baterai menjadi 210 Ah dan efisiensi 70%. Dari perhitungan efisiensi baterai yang telah dihitung, didapatkan bahwa kondisi baterai dapat dikatakan baik berdasarkan standar yang ditetapkan PT. PLN (Persero) yaitu efisiensi $>80\%$ dikatakan baik sedangkan efisiensi baterai dikatakan kurang baik yaitu jika besar efisiensi $<60\%$ [1]. Sedangkan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi baterai yang digunakan di Gardu Induk Jatigedong sekitar 70% ini berarti masih dikatakan layak. Untuk kondisi baterai dikatakan baik, bila dilihat dari proses pengosongan dan waktu

pengujian terdapat gangguan/kondisi abnormal dari beberapa sel baterai, hal ini dapat terjadi dikarenakan sel baterai mengalami *drop* tegangan dikarenakan usia baterai yang sudah lama sehingga perlu adanya pergantian sel baterai tersebut[6].

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang pengujian pengukuran tegangan, kapasitas dan efisiensi baterai yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian pengukuran tegangan saat pengosongan, kapasitas dan efisiensi baterai sebagai bentuk pemeliharaan sangat berpengaruh terhadap kondisi baterai yang digunakan bila terjadinya gangguan. Meskipun penggunaannya hanya sebagai cadangan saat keadaan normal.
2. Kemampuan baterai 110 Vdc yang digunakan di Gardu Induk Jatigedong bisa dikatakan masih baik, hal ini dengan melihat hasil perhitungan kapasitas dan efisiensinya.
3. Hal yang menjadi tolak ukur penentuan kondisi baterai adalah besar kapasitas, efisiensi baterai dan keadaan nilai tegangan pada setiap sel baterai saat kondisi selama proses *discharge*.
4. Dari pengujian kapasitas dan efisiensi baterai yang dilakukan, dapat kita ketahui hasil perbandingan baterai selama kurun 2 tahun yaitu pada tahun 2020 kapasitas baterai 240 Ah dan efisiensi 80%. Sedangkan pada tahun 2022 memiliki kapasitas sebesar 210 Ah dan efisiensi 70%. Dari penurunan kapasitas dan efisiensi ini setidaknya menjadi perhatian untuk dilakukan pergantian baterai supaya keandalan suplai tegangan 110 Vdc tetap terjaga.

Daftar Pustaka

PT.PLN (Persero), "Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk", SK DIR./ 0520-2.K/DIR/2014.

N. Ricky Agned, "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang," *JomFteknik*, vol. 3, p. 1, 2016.

Lubis. S, "Kegagalan Proteksi Gardu Induk 150KV Akibat Suplai Tegangan DC," vol. 19, p. 2, 2017.

T. B. Sudewo, "Evaluasi Kapasitas Dan Effisiensi Baterai 110 Vdc Di PLTU Tarahan Dalam Menyuplai Beban DC", vol. 20, p. 3, 2020.

IEEE, "IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, And Replacement of Vented Lead Acid Batteries for stationary application," Vol. 1995, p. 450, 2020.

Z. T. Dos Reis, "Analisa Penurunan Kapasitas Baterai 110 Vdc Unit I Di GI 150 KV Kentungan," *Jurnal Teknik*, vol 5, p. 3, 2017.