

STUDI KASUS PENGGANTIAN BATERAI 110 VDC UNIT 1 DI PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK 150 KV MRICA

Case Study of 110 VDC Battery Replacement in Unit 1 at PT.PLN (Persero) 150 kV Mrica Substation

Dede Anggita¹, Fitrizawati^{2*}, Utis Sutisna³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto

Jl.Semingkir No. 1 Purwokerto

E-Mail: anggit1221@gmail.com¹⁾, fitrizawati@gmail.com²⁾, utis@stt-wiworotmo.ac.id³⁾

*Penulis Korespondensi

Abstraksi

Baterai merupakan peralatan yang memegang peranan vital pada sistem DC gardu induk. Ada 2 jenis suplai DC yaitu 110 V untuk relai proteksi dan motor penggerak peralatan sedangkan 48 V untuk telekomunikasi. Sumber listrik DC pada Gardu Induk disuplai dari *rectifier* dan baterai yang disusun secara seri. Data 3 pengujian kapasitas terakhir Baterai Unit 1 110 VDC di GI 150 kV Mrica didapati data uji tahun 2016 adalah 68,8%, kemudian tahun 2019 adalah 50.23%, dan tahun 2021 adalah 49,27%, juga ditemukan sel no 58 mengalami bocor pada *body*, secara visual diketahui bahwa penurunan elektrolit / kebocoran sudah hampir 50%. Berdasarkan data tersebut bisa disimpulkan bahwa baterai unit 1 Lama Merk ALCAD mengalami pemburukan dan tidak sesuai dengan standar (SK Direksi PT. PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014), yaitu kapasitas baterai >60% dan sesuai rekomendasi yang dilakukan adalah penggantian. Untuk keandalan sistem DC masih ada cadangan di Gardu Induk 150 kV Mrica karena menggunakan 2 unit *rectifier* dan 2 unit baterai 110 VDC. Kemudian tanggal 15 Mei 2023 dilakukan penggantian set baterai Unit 1 baru merk HBL. Tahapan-tahapannya pertama perakitan baterai baru, *charging (boosting)* baterai baru diluar sistem, pengujian kapasitas baterai baru, second *charging (boosting)*, pembongkaran baterai lama / eksisting, dan terakhir pemasangan baterai baru ke sistem. Baterai baru merk HBL ini dilakukan pengujian kapasitas dengan menggunakan alat uji *Dummy Load* dengan metode C5 dan diperoleh hasil uji sebesar 307,4 Ah dari spesifikasi nameplatanya 300 Ah. Yang semula baterai Unit 1 diampu baterai merk ALCAD dengan kapasitas 49,27% sudah diganti dengan baterai unit 1 baru merk HBL dengan kapasitas 100%.

Kata kunci : Baterai, Direct Current, Kapasitas, Standar, Suplai

Abstraction

Batteries are vital equipment in a substation's DC system. There are two types of DC supplies: 110 V for protection relays and equipment motors, and 48 V for telecommunications. The DC power source at the substation is supplied by a rectifier and a battery connected in series. battery into the system. This new HBL brand battery was tested for capacity using Dummy Load with the C5 method and the test results were found to be 307.4 Ah from the nameplate specification of 300 Ah. Originally the Unit 1 battery was powered by an ALCAD brand battery with a capacity of 49.27%, which has been replaced with a new Unit 1 battery from the HBL brand with a capacity of 100%. Data from the last 3 capacity tests of the 110 VDC Battery Unit 1 at the 150 kV Mrica Substation showed that the test data for 2016 was 68.8%, then in 2019 it was 50.23%, and in 2021 it was 49.27%, it was also found that cell no. 58 had a leak in the body, visually it was known that the decrease in electrolyte / leakage was almost 50%. Based on these data, it can be concluded that the Old ALCAD Brand Unit 1 battery has deteriorated and does not comply with the standards (SK of the Directors of PT. PLN (Persero) No. 0520-2.K / DIR / 2014), namely the battery capacity is >60% and according to the recommendations made is replacement. For the reliability of the DC system, there is still a reserve at the 150 kV Mrica Substation because it uses 2 rectifier units and 2 110 VDC battery units. Then on May 15, 2023, the replacement of the Unit 1 battery set with the new HBL brand was carried out. The stages are first assembling the new battery, charging (boosting) the new

battery outside the system, testing the capacity of the new battery, second charging (boosting), dismantling the old / existing battery, and finally installing the new battery into the system. The new HBL brand battery was tested for capacity using a Dummy Load test tool with the C5 method and obtained a test result of 307.4 Ah from its nameplate specification of 300 Ah. The Unit 1 battery which was originally powered by an ALCAD brand battery with a capacity of 49.27% has been replaced with a new Unit 1 battery of the HBL brand with a capacity of 100%.

Keywords : Battery, Capacity, Direct Current, Standard, Supply

1. Latar Belakang

Sistem transmisi merupakan sistem yang sangat berpengaruh pada sistem penyaluran daya listrik ke pelanggan, sehingga gangguan pada saluran transmisi diharapkan seminimal mungkin. Dengan itu sistem catu daya searah diharapkan dapat menunjang keandalan sistem proteksi dan *record* data pada saluran transmisi maupun dalam operasional Gardu Induk, sebagai suplai rele - rele baik rele proteksi maupun rele untuk *me-record* data dan juga untuk komunikasi data dalam bentuk SCADA.

Pada tahun 2016 bersamaan dengan pemeliharaan 2 tahunan Baterai Unit 1 110 VDC di GI 150 kV Mrica didapati hasil kapasitasnya 68,8%, kemudian tahun 2019 diuji dan didapati hasil kapasitasnya turun menjadi 50.23%, pengujian terbaru tahun 2021 didapatkan hasil kapasitasnya 49,27%, Berdasarkan hasil uji kapasitas tersebut bisa dikatakan bahwa baterai unit 1 GI 150 kV Mrica semakin memburuk dan hal ini tidak sesuai dengan standar Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014 yaitu kapasitas baterai diatas 60% dan sesuai rekomendasi yang diberikan adalah penggantian, karena sangat rentan pada sistem di gardu induk jika terjadi *Blackout* atau gangguan pasokan AC secara permanen. Namun masih ada cadangan karena sistem DC di Gardu Induk 150 kV Mrica menggunakan 2 unit *rectifier* dan 2 unit baterai 110 VDC. Kemudian tanggal 15 Mei 2023 dilaksanakan penggantian baterai Unit 1 110 VDC di Gardu Induk 150 kV dengan unit baru sehingga keandalan sistem tetap terjaga.

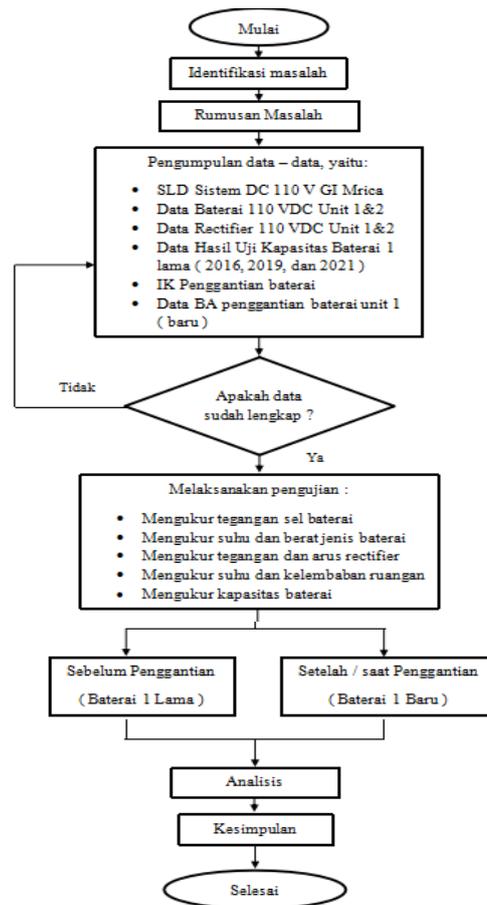
2. Metode

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Purwokerto, ULTG Wonosobo, Gardu Induk 150 kV Mrica.

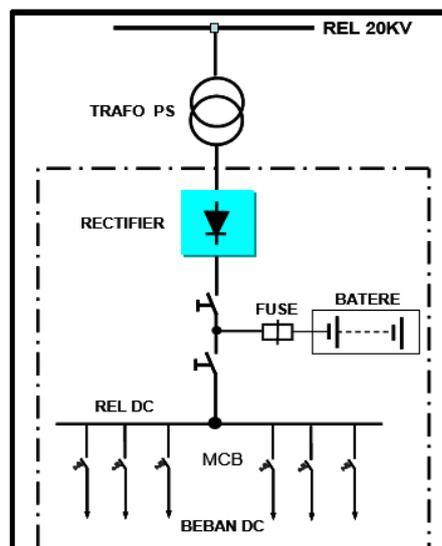
Sumber energi listrik berasal dari trafo PS 20 kV / 380 V yang berada pada sisi pembangkit (gambar 2). Terdapat 2 trafo PS dengan daya masing - masing 100 kVA. Pada kondisi normal *supply* didapat dari trafo PS 1. Pada panel ACDB (*Alternating Current Distribution Board*) terdapat metering untuk arus dan tegangan dengan standar akurasi meter sebesar 0,5% - 5%. Beban yang ditanggung oleh trafo PS adalah beban AC yang digunakan untuk operasional gardu induk dan juga sumber *rectifier*. Jumlah *rectifier* yaitu 4 buah, dengan rincian :

- 2 *rectifier* 110 V untuk Proteksi 1 dan 2
- 2 *rectifier* 48 V untuk SCADA

Untuk sistem ini menggunakan 2 *rectifier* dengan 2 baterai masing - masing untuk menyuplai beban, tetapi beban hanya disuplai dari salah satu *charger* dan baterai yang apabila pemindahan beban (*change over*) akan terjadi secara otomatis. Mekanisme *changover switch* ini adalah otomatisasi perpindahan beban yang saling mengunci (*interlock*) satu sama lain antara suplai 1 (*rectifier* 1 dan baterai 1) dan suplai 2 (*rectifier* 2 dan baterai 2) menggunakan mikrokontroler dengan sensor tegangan *output*. Dalam kondisi normal beban 110 VDC disuplai dari *rectifier* 2 dan baterai 2 karena diketahui baterai 1 hasil uji kapasitasnya <60%. Sumber DC 110 V ini penting untuk suplai beban proteksi seperti motor - motor DC, kontrol penggerak PMT dan PMS, lampu *emergency* gardu induk, kontrol OLTC, dll.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Gambar 2. Instalasi sistem DC

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses

pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian), pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. (PLN, 2014)

Prinsip kerja dari baterai sebagai berikut :

1. Proses pengosongan (*discharge*)

Pada intinya proses ini adalah mengalirnya elektron dari kutub positif ke negatif saat dibebani atau dihubungkan ke beban (*load*). ion - ion positif akan mengalir menuju katoda sedangkan sebaliknya ion - ion negatif akan mengalir menuju anoda, elektron tersebut mengalir melalui beban.

2. Proses pengisian (*charging*)

Pada proses ini adalah kebalikan dari pengosongan yaitu apabila sel dihubungkan ke suplai maka elektroda yang positif akan menjadi anoda sedangkan elektroda negatif menjadi katoda, dapat dijelaskan berikut proses kimia yang terjadi :

- Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda.
- *Ion - ion negative* mengalir dari katoda ke anoda
- *Ion - ion positive* mengalir dari anoda ke katoda

Kapasitas Baterai adalah ukuran (Amp – jam) dari kapasitas yang disimpan oleh baterai, dan ditentukan oleh massa bahan aktif yang terkandung dalam baterai. Dengan kata lain kapasitas baterai adalah jumlah maksimum energi yang dapat diekstraksi dari baterai dalam kondisi tertentu. Namun, kemampuan penyimpanan aktual energi baterai dapat bervariasi secara signifikan dari kapasitas "nominal" pengenal, karena kapasitas baterai sangat bergantung pada usia dan sejarah penggunaan baterai, pemakaian dari baterai dan suhu. (PLN, 2014)

Pengujian Kapasitas :

Kapasitas baterai (Ah) dengan menggunakan persamaan :

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

Keterangan :

- C = Kapasitas baterai (Ah)
- I = Besar arus yang mengalir (A)
- t = Waktu (jam).

Pada baterai alkali nickel-cadmium (NiCd) biasanya kapasitas baterainya dinyatakan dalam C5 sedangkan untuk baterai Asam C10. C5 dan C10 merepresentasikan besarnya kapasitas baterai dalam Ah yang tersedia selama 5 jam pembebanan untuk C5 , dan 10 jam untuk C10. Pengujian ini dilakukan pada saat :

- Komisioning baterai baru (*Initial Charge*)
- 5 tahun setelah operasi, selanjutnya dilakukan tiap 2 tahun sekali

Pengujian dan Pengukuran 2 Tahun

Pengujian dan pengukuran pada *rectifier* dan baterai dalam keadaan tidak tersambung ke beban. Pada Gardu Induk yang terpasang 2 unit maka dapat dilakukan secara bergantian, tetapi apabila terpasang hanya 1 unit maka harus menggunakan baterai dan *rectifier* cadangan.

Pemeliharaan pada periode 2 tahunan adalah sebagai berikut :

- 1) Pengujian Kapasitas baterai
- 2) Pengukuran suhu elektrolit sel baterai
- 3) Pengujian kandungan karbon (bila akan dilakukan rekondisi)
- 4) Pentanahan (*grounding*)
- 5) Uji Fungsi pada *rectifier* antara lain :

- Sistem pengisian pada *rectifier* (floating, equalizing dan boost)
- Sistem alarm dan indikator *Limit current*
- *Earth fault, Over voltage, Under voltage*
- *Voltage drooper*

Pengujian baterai dan rectifier 110 VDC

Pengujian yang dilakukan untuk melihat unjuk kerja peralatan baterai dan *rectifier* 110 VDC sesuai dengan pedoman SK Direksi PT. PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014 :

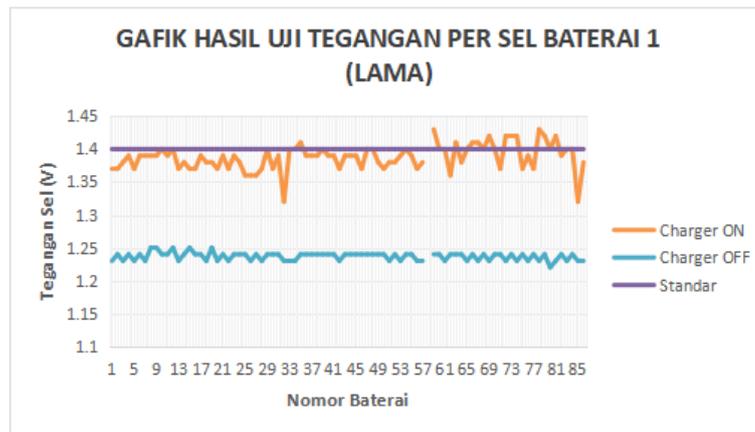
1. Pengujian tegangan per sel baterai adalah 1,4 - 1,42 (NiCd).
2. Pengujian suhu dan berat jenis elektrolit adalah max 35°C (saat boost) dan 1,19 g/l
3. Pengujian tegangan dan arus *rectifier* adalah -10% dan +10%
4. Pengujian suhu dan kelembaban ruangan adalah <32°C dan 40 - 60 %
5. Pengujian kapasitas baterai adalah > 60%

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil dan Analisis Pengujian Baterai 1 Sebelum Penggantian

1. Pengujian tegangan per sel baterai

Hasil uji tegangan per sel baterai sebelum penggantian ditunjukkan pada Gambar 1.

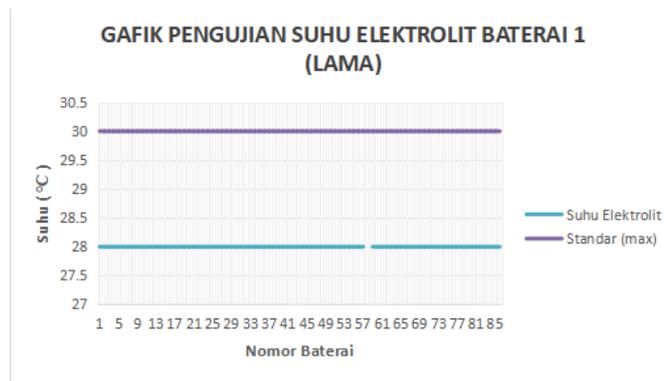


Gambar 3. Hasil uji tegangan/sel baterai 1

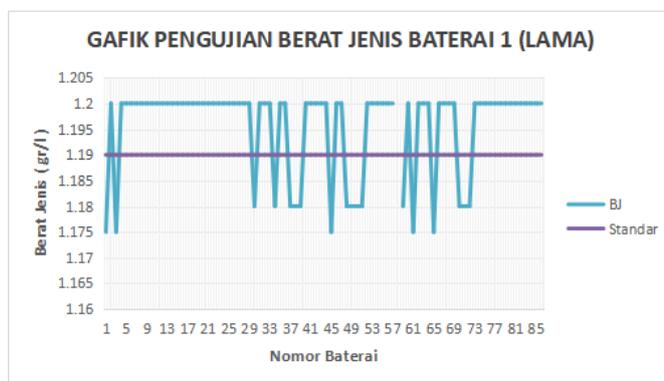
Dilihat pada gambar grafik diatas, terlihat sangat bervariasi nilainya mulai dari terendah 1,32 V dan tertinggi 1,42 V ketika *rectifier on* dan kondisi *floating*. Sesuai dengan standar tegangan tiap sel baterai alkali adalah 1,4 - 1,42 V per sel (atau sesuai dengan *nameplate* baterai) , dan jika melihat hasil pengujian maka bisa dikatakan banyak sel yang sudah tidak standar dan mengalami pemburukan. Kemudian dilakukan pelepasan *rectifier* dan beban murni disuplai dari baterai sekitar kurang lebih 10 menit dan diukur kembali didapati hasil tegangan yang hampir merata dikisaran 1,23 - 1,25 V, dapat dilihat bahwa penurunannya sangat drastis yaitu 12-13% dari standar tegangan per sel. Selain itu jumlah sel yang seharusnya 86 menjadi 85 dikarenakan terjadi kerusakan pada baterai nomor 58, tentunya ini sangat mempengaruhi performa baterai karena dapat mempengaruhi sel lain yaitu mempercepat pemburukan, oleh karena itu sel yang rusak tersebut harus dilepas.

2. Pengujian suhu dan berat jenis elektrolit

Hasil uji suhu elektrolit baterai di GI 50 kV Mrica sebelum penggantian ditampilkan dalam grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian suhu elektrolit baterai 1



Gambar 5. Pengujian berat jenis baterai 1

Dilihat dari gambar grafik diatas didapati hasil uji suhu elektrolit antara 28 - 29°C tiap sel baterai dan masih sesuai standar bahwa nilai suhu elektrolit baterai Alkali (NiCd) <35 °C. Kemudian pada pengujian BJ didapati hasil bervariasi antara 1,175 - 1,2 g/l dan sesuai standar nilai BJ adalah 1,19 g/l, pada pengujian didapatkan hasil 21% sel mengalami penurunan BJ yaitu pada sel nomor 1, 3, 30, 34, 37, 38, 39, 45, 48, 49, 50, 51, 59, 61, 65, 70, 71, 72 sudah tidak sesuai standar dan dapat disimpulkan bahwa sel tersebut sudah mengalami pemburukan sel.

3. Pengujian tegangan dan arus rectifier
Hasil uji tegangan dan arus rectifier

Tabel 1. Hasil uji tegangan dan arus rectifier unit 1

Tegangan (V)		Arus (A)	
Input (AC)	Output (DC)	baterai	Beban
385	120,6	22	17,9

Tegangan *input* AC pada *rectifier* memiliki nilai toleransi yaitu -10% dan +10% dan sesuai *nameplate* peralatan / *rectifier*. Dilihat dari Tabel 1 didapatkan hasil pengukuran tegangan *input* AC 385 V dari tegangan 380 V (+1,4%) dan hasil ukur tegangan *output* DC 120,6 V jika dibagi 85 sel = 1.41 V maka masih berada pada standar mode operasi *floating* yaitu 1,4 s.d 1,42 V, sedangkan arus merupakan beban terukur saat pengukuran. Dapat disimpulkan bahwa *rectifier* unit 1 GI 150 kV Mrica masih normal dan bekerja sesuai batas kemampuan.

4. Pengujian suhu dan kelembaban ruangan

Berikut adalah hasil uji suhu dan kelembaban ruangan terukur pada *thermometer* ruang dan *hygrometer* yang terpasang pada ruang Baterai di GI 150 kV Mrica :

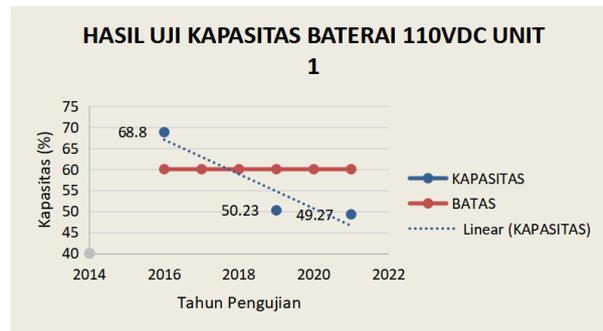
Tabel 2. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban ruang baterai

Suhu (°C)	Kelembaban (%)
27	58

Dilihat dari Tabel 2 hasil penunjukan alat pada ruang baterai dapat disimpulkan ruang baterai sudah sesuai dengan standar yaitu suhu ruang < 32°C dan kelembaban ruangan 40 - 60 %.

5. Pengujian kapasitas

Hasil uji kapasitas baterai Unit 1 lama merk ALCAD di GI 150 kV Mrica yang ditampilkan dalam gambar grafik 4 di bawah ini :



Gambar 6. Hasil uji kapasitas baterai 110 VDC unit

Data ini diambil dari 3 pengujian terakhir yaitu tahun 2016, 2019, dan 2021 sebelum dilakukan penggantian unit baterai. Pengujian pada tahun 2016 dilakukan dengan alat uji kapasitas Merk Torkel. Yaitu dengan menghitung *setting* arus pada alat sesuai dengan Ah baterai yaitu $0,2 \times \text{Cap Baterai} = 0,2 \times 220 = 44 \text{ A}$, kemudian *setting* tegangan akhir yaitu 1V tiap sel = 86 V yang akan dikonversikan alat tersebut dalam 5 jam pembebanan sampai *setting* tegangan. Pada pengujian ini didapatkan waktu 3 jam 26 menit dari *setting* 5 jam. Sehingga didapatkan kapasitas Baterai Unit 1 GI 150 kV Mrica 68,8 %. Kemudian pengujian pada tahun 2019 dengan menggunakan alat yang sama dan *setting* yang sama yaitu metode C5 didapatkan waktu sampai *setting* tegangan akhirnya adalah 2 jam 30 menit dari *setting* 5 jam. Maka dari itu didapatkan hasil uji kapasitas Baterai Unit 1 GI 150 kV Mrica menjadi 50,23 %. Pada pengujian terakhir tahun 2021 dengan menggunakan alat yang sama dan *setting* yang sama didapatkan waktu 2 jam 29 menit dari *setting* kemampuan 5 jam. Sehingga didapatkan hasil uji kapasitas Baterai Unit 1 GI 150 kV Mrica 49,27 %. Beberapa rekomendasi untuk tindak lanjut pada baterai dengan kapasitas tidak sesuai standar (hasilnya <60 %), opsi penggantian adalah yang terbaik karena baterai unit 1 lama merk ALCAD ini sudah beroperasi > 20 tahun sejak 1986.

B. Penggantian Baterai Unit 1

1. Tahapan Pelaksanaan Penggantian Baterai

Berikut pembahasan tahapan pelaksanaan saat penggantian baterai 110 VDC Unit 1 GI 150 kV Mrica merk ALCAD diganti dengan Merk HBL sesuai Instruksi Kerja Penggantian baterai Unit 1 GI Mrica :

- Pengujian baterai baru
 - Perakitan Baterai baru
 - Charging* baterai baru (*boosting* baterai) diluar sistem baterai lama
- Pengujian Kapasitas baterai baru
- Second charging* baterai baru
- Pembongkaran baterai lama / *eksisting*
- Pemasangan baterai baru

2. Hasil Uji Kapasitas Baterai Baru

Gambar 7 menunjukkan hasil uji kapasitas baterai baru sesuai Berita Acara penggantian baterai 1 GI Mrica tanggal 15 Mei 2023.

Owner	PLN TJBT	Ambient temperature					
Location	GI Mrica	Test date	12/05/2023				
Substation	UPT PWT	Position	Battery Room				
Battery information							
Manufacturer	Battery id	Battery type	Cell voltage				
hbl	B.01	KPM.300 P	1,2				
Number of cells	Total voltage	Nominal capacity (Ah)	Nominal time (HH:MM:SS)				
86	103,2	300	05:10:00				
Settings							
Test method	Constant I						
Test value	60 A						
Battery test results							
Measured capacity (Ah)	Temp. Comp. capacity (Ah)	Test time (HH:MM:SS)	Pause time (HH:MM:SS)				
307,4		05:10:00	00:00:00				
Float voltage (V)	Open voltage (V)	Start voltage (V)	End voltage (V)				
119,79	118,9	116,23	102				
Limits							
	Total voltage (V)	Capacity (Ah)	Time (HH:MM:SS)	Cell voltage (V)			
Warning	-	-	-	-			
Stop	86	-	05:10:00	-			
Data summary - Battery							
Time	25% 01:17:30	50% 02:35:00	75% 03:52:30	100% 05:10:00	Last (100%)	Min	Max
Voltage (V)	106,74	104,69	103,48	102	102,00	102,00	118,90
Current (A)	60	60	60	60	60	0	60
Capacity (Ah)	76,9	153,7	230,6	307,4	307,4	0	307,4
The values in the table have been calculated from nominal time.							

Gambar 7. Hasil uji kapasitas baterai baru

Dari hasil tersebut dapat diuraikan bahwa baterai baru merk HBL ini memiliki spesifikasi 300 Ah dan arus nominal 1,2 A. Diuji dengan *Dummy Load* dengan metode C5 seperti yang dijelaskan pada tahapan pelaksanaan dengan arus beban konstan sampai tercapai tegangan akhir didapati Ah nya / kapasitasnya 307,4 Ah sesuai dengan *nameplate*.

Yang semula baterai 1 dipikul oleh baterai merk ALCAD dengan kapasitas pada pengujian terakhir 49,27% sudah diganti dengan yang baru merk HBL dengan kapasitas 100%, tentunya sistem DC 110 V di GI 150 kV Mrica semakin handal dan sudah sesuai standar.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil uji baterai unit 1 GI 150 kV Mrica merk ALCAD didapati hasilnya banyak sel yang mengalami pemburukan, pengujian kapasitas terakhir diperoleh hasil 49,27 %, hal ini tidak sesuai aturan/standar.

Ditemukan 1 buah sel baterai bocor dan rusak (no 58) yang sangat berpengaruh pada performa baterai unit 1. Efek dari kebocoran tersebut diantaranya dapat menyebabkan penurunan kapasitas dan performa secara menyeluruh karena menjadi beban baterai lain (dibagi rata pada 85 baterai). Sehingga secara teknis baterai ini tidak layak operasi.

Pada tanggal 15 Mei 2023 dilakukan penggantian baterai unit 1 GI 150 kV Mrica dari merk ALCAD diganti dengan merk HBL. Sesuai prosedur dilakukan perakitan baterai baru, *first charging* diluar sistem, uji kapasitas, *second charging*, pembongkaran baterai lama / *eksisting*, dan terakhir pemasangan baterai baru. Dari hasil uji *komisioning* didapatkan hasil uji kapasitasnya

100% (baterai baru) dari yang awalnya baterai lama dengan hasil uji kapasitasnya 49,27 %, sehingga sistem DC 110 V di GI 150 kV Mrica sudah sesuai ketentuan.

Saran

Pemeliharaan harus lebih ditingkatkan lagi, agar peralatan terjaga kehandalannya dan dalam melaksanakan pekerjaan harus selalu menggunakan alat pelindung diri (APD) lengkap sesuai standar K3 dan bekerja sesuai dengan *Standing Operation Procedure* (SOP) untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, mengingat bahwa di Gardu Induk banyak sekali potensi bahayanya.

Daftar Pustaka

- [1] Afandi, I, dkk. (2021). *Analisa Pengujian Kapasitas Baterai 110 Volt Group 2 (Sistem 500 kV) GITET Mandirancan*. Karawang, Jawa Barat
- [2] Agned, N. R. (2016). *Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang*. Pekanbaru, Riau
- [3] Andri, R. (2021). *Perencanaan Daya Baterai 110V DC dan 48V DC pada Gardu Induk 150 kV Pangkal Pinang 2 di PT PLN (Persero)*. Palembang, Sumatera Selatan
- [4] Arismunandar, A. (1979). *Teknik Tenaga Listrik III BAB : Gardu Induk*. Jakarta, DKI Jakarta
- [5] Hidayat, S. (2022). *Studi Kapasitas Baterai 110 volt DC Pada Gardu Induk Mojosoongo 150 kV*. Boyolali, Jawa Tengah
- [6] Kelen, B. A. (2020). *Pengujian Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 2 Bersamaan Pemeliharaan Rutin 2 Tahunan di Gardu Induk Pati 150 kV*. Pati, Jawa Tengah
- [7] Lonteng, L, dkk. (2022). *Analisis Kemampuan Sumber Daya DC (Baterai dan rectifier) dalam Memenuhi Kebutuhan Common dan Essensial Gardu Induk 150 kV Teling*. Manado, Sulawesi Utara
- [8] Meliala, S, dkk. (2021). *Studi Kapasitas Baterai 110 Volt DC Unit 1 Pada Gardu Induk Bireuen 150 kV*. Lhokseumawe, Aceh
- [9] PLN. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Sistem AC / DC No. 0520-2.K/DIR.PT PLN (Persero)*. Jakarta, DKI Jakarta
- [10] Ramadhan, A, dkk. *Analisis Keandalan Baterai Sebagai Supply Motor DC Penggerak PMS di Gardu Induk Kentungan 150 kV, Yogyakarta, DIY*
- [11] Setyaji, K. B. (2021). *Analisa Kapasitas (Kemampuan) Baterai Sebagai Sumber dan Cadangan DC Pada Gardu Induk Srandol 150 kV*. Semarang, Jawa Tengah
- [12] Silvana, A. F. (2019). *Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Efisiensi dan Kapasitas Baterai 110 volt DC di Gardu Induk 150 kV Sungai Kedukan*. Palembang, Sumatera Selatan