

# Pemeliharaan Sistem DC di PLTGU Muara Tawar

\*Kevin Marcianno Suci Agung<sup>1</sup>, Denis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedharto, S.H., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia*

<sup>1</sup>marciannokevin@gmail.com

<sup>2</sup>denisginting@elektro.undip.ac.id

**Abstrak**—Sistem DC PLTGU Muara Tawar 240V DC terdiri dari baterai, penyearah dan inverter. Peralatan ini memerlukan perawatan rutin karena sistem DC merupakan sistem yang menyediakan daya cadangan jika terjadi gangguan listrik dan bertindak sebagai pengontrol pompa-pompa tertentu dalam mekanisme produksi. Kelalaian merawat perangkat secara teratur dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat dan mengganggu kerjanya. Oleh karena itu, kami melakukan observasi langsung terhadap pemeliharaan sistem DC tersebut. Prosedur perawatan dilakukan dengan mengamati secara visual setiap tampilan perangkat dan membersihkan perangkat.

**Kata kunci:** sistem DC, pemeliharaan, gangguan, kerusakan

**Abstract**—The 240V DC Power Plant System at Muara Tawar consists of batteries, rectifiers, and inverters. This equipment requires regular maintenance as the DC system serves as a backup power source in the event of a power outage and also controls specific pumps in the production mechanism. Neglecting to maintain the devices regularly can result in damage and disrupt their performance. Therefore, we conducted direct observations of the maintenance of the DC system. The maintenance procedure involves visually inspecting each device and cleaning them.

**Keywords:** DC system, maintenance, outage, damage

\* Kevin Marcianno Suci Agung

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini tidak terlepas dari kontribusi energi listrik sebagai bagian fundamental dari seluruh kehidupan modern. Energi listrik memegang peranan yang sangat penting dalam mendukung pembangunan sosial ekonomi negara. Dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi di segala bidang kehidupan yang menggunakan energi listrik, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Berdasarkan kondisi konsumsi listrik dunia nyata, telah terkumpul data peningkatan konsumsi listrik

Sebesar 98,4%, dengan kenaikan rata-rata 7,2% per tahun antara tahun 2004 hingga 2014. Oleh karena itu, diperlukan pembaharuan yang baik di bidang teknik kelistrikan untuk menciptakan sumber daya manusia (SDM) yang unggul untuk memenuhi tuntutan konsumsi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas

Diponegoro memiliki program mata kuliah berbasis kerja yang bertujuan untuk menghasilkan lulusan yang unggul dan berpengalaman untuk kehidupan profesional khususnya dalam bidang teknik elektro. Kerja praktek merupakan salah satu mata kuliah yang harus diselesaikan di bidang teknik elektro, mengikuti proses pembelajaran dunia kerja dan sistem kerja konseptual langsung di perusahaan atau instansi terkait dengan fokus tertentu. Oleh karena itu, Perseroan Terbatas (PT) Pembangkitan Jawa Bali (PJB) Unit Pembangkitan (UP) Muara Tawar merupakan salah satu lembaga yang dapat menjadi alternatif lembaga pengembangan diri bagi mahasiswa peminatan Teknik Tenaga Listrik.

Sistem 240V DC blok 3-4 terdiri dari baterai, penyearah, dan inverter. Peralatan ini memerlukan perawatan rutin karena sistem DC berperan sebagai pembangkit listrik cadangan untuk memenuhi kebutuhan energi PLTGU Muara Tawar Blok 3-4 jika terjadi gangguan listrik dan sebagai pengguna pompa tertentu. mekanisme reproduksi. Kelalaian merawat perangkat secara teratur dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat dan mengganggu kerjanya. Oleh karena itu, kami melakukan pengamatan langsung terhadap metode perawatan untuk sistem DC. Prosedur perawatan dilakukan dengan mengamati secara visual setiap tampilan perangkat dan membersihkan perangkat. Sistem pembangkit operasional PT PJB UP di Muara Tawar memiliki beberapa sistem utama dan pendukung yang saling berhubungan sebagai pusat kendali sistem Power Control Center (PCC) dan Control Center Room (CCR). Salah satu sistem yang termasuk dalam sistem pembangkitan PT PJB UP Muara Tawar adalah sistem eksitasi. Sistem eksitasi adalah penginjeksian arus searah ke dalam belitan medan yang terdapat pada rotor. Tugas dari sistem eksitasi adalah membangkitkan medan magnet pada belitan rotor, yang mengeksitasi belitan stator sehingga timbul

tegangan dan disalurkan ke konsumen melalui jaringan transmisi.

Dalam kondisi nyata, beban pembangkit berfluktuasi sesuai dengan kebutuhan daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR) setiap waktu. Untuk memenuhi kebutuhan beban yang berbeda, diperlukan sistem kontrol stabilitas antara generator dan jaringan transmisi. Kontrol stabilitas dimulai dengan memeriksa arus eksitasi yang mengumpan belitan rotor. Gas Turbine (GT) di Unit 3-4 PT PJB UP Muara Tawar menggunakan alat bernama Automatic Voltage Regulator (AVR) untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan sinkron saat beban generator berubah. Prinsip pengoperasian AVR adalah mengatur arus penalaan pada tuner ketika tegangan keluaran generator tidak sesuai dengan tegangan nominal.

Untuk mengetahui secara langsung dampak sistem DC terhadap pembangkit listrik maka dilakukan program kerja praktek "Pemeliharaan Sistem DC di PLTGU Muara Tawar".

Dengan kerja praktek di PT PJB UP Muara Tawar diharapkan dapat memperluas pengetahuan tentang sistem DC pada genset, baterai dan perawatan sistem DC, serta meningkatkan pengalaman kerja untuk menghasilkan lulusan yang berdaya saing tinggi.

## II. METODE

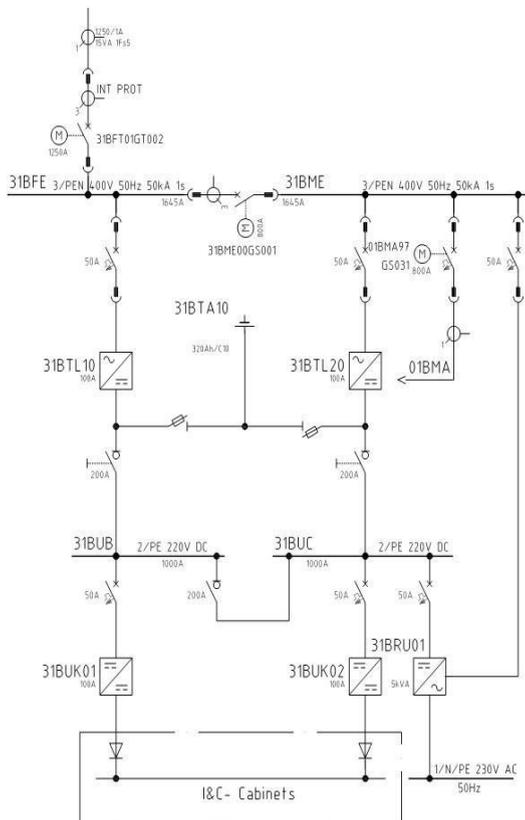
### A. Prinsip Kerja DC System

#### 1) Keadaan Normal

DC System yang memiliki 2 unit DC System yaitu BTL10 dan BTL20. Kondisi normal, rectifier mendapatkan sumber tegangan AC dari busbar 400 VAC distribusi. Lalu, pada rectifier tegangan AC sebesar 400 VAC diubah menjadi tegangan DC sebesar 240 VDC. Rectifier merupakan penyuplai utama sumber DC ke beban. Selain itu, rectifier juga berfungsi sebagai sumber utama untuk mengisi pada baterai, keadaan normal DC System dapat dilihat pada Gambar 1.

#### 2) Gangguan Sumber Utama

Gangguan pada sumber utama mengakibatkan tidak dapat mensuplai tegangan kepada *rectifier*, maka *rectifier* tidak akan mendapatkan sumber tegangan AC untuk diubah tegangannya menjadi tegangan DC. Sehingga, baterai akan menjadi cadangan sumber tegangan untuk mensuplai beban-beban DC dengan waktu tertentu sesuai spesifikasi baterai, keadaan gangguan sumber utama dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Single line diagram dc system

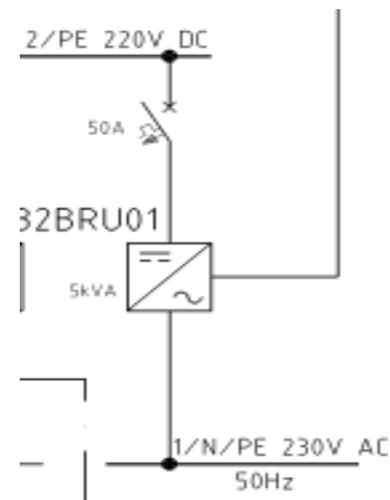
#### 3) Gangguan Rectifier

Gangguan *rectifier* salah satu unit DC System yaitu pada *rectifier* BTL10. Apabila terjadi gangguan pada *rectifier* maka beban tidak akan mendapat sumber tegangan DC sehingga baterai akan menjadi cadangan sumber tegangan DC yang menuju ke beban dengan *range* waktu tertentu sesuai spesifikasi baterai, keadaan gangguan *rectifier* dapat dilihat pada gambar

Lalu, ketika *rectifier* BTL10 mengalami gangguan maka penyalurannya ke beban akan diputus. Lalu, *rectifier* BTL20 akan memberikan sumber tegangan dengan cara *coupling*, sehingga dapat mengalir listrik ke unit tersebut untuk memenuhi kebutuhan beban dan *charger* baterai unit DC System yang mengalami gangguan, keadaan *rectifier* BTL20 mensuplai unit DC System yang terjadi gangguan dapat dilihat pada Gambar 3.

#### 4) Keadaan Normal UPS/Inverter

Keadaan normal pada UPS, dimana sumber tegangan DC didapat melalui *rectifier* sehingga *inverter* merubah sumber tegangan DC tersebut ke tegangan AC. Sumber tegangan yang telah diubah tegangannya akan dialirkan ke busbar BRU01 untuk digunakan sebagai sumber tegangan 230 VAC.



Gambar 2. Single line diagram UPS keadaan normal

#### 5) Gangguan Sumber DC, Inverter atau Overload

Apabila terjadi gangguan pada sumber DC, *inverter*, maupun keadaan gangguan *overload*. Maka transformator yang diparalel dengan sistem tersebut akan menggantikan suplai tegangan dimana transformator ini mengubah tegangan dari 400 VAC ke 230 VAC. Perpindahan penyuplai tegangan ini dilakukan dengan cara *maintenance bypass* dilakukan secara manual dimana aliran arus listrik tidak akan melewati aliran keluaran dari *inverter* untuk mencegah adanya arus sisa yang dapat merusak peralatan.

### B. Baterai pada Sistem DC

Baterai merupakan tempat penyimpanan pada DC sistem di pembangkit, digunakan untuk suplai bagi relai proteksi dan sebagai sumber daya darurat untuk ruang kontrol saat terjadinya *blackout*.

Ketahanan baterai keseluruhan diperkirakan kurang lebih 30 menit saat terjadinya *blackout*, total baterai dalam satu *battery bank* berjumlah 108 buah dengan tegangan 2,23 kV per baterai, jadi total keseluruhan 240,84 kV.

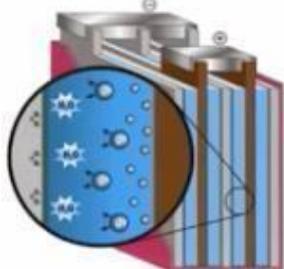


Gambar 3. Name plate baterai

1) *Komponen yang ada pada Baterai*

a. Larutan Elektrolit

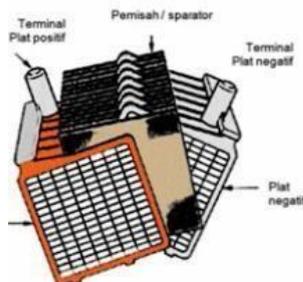
Merupakan larutan yang ada didalambaterai, terdiri dari asam sulfat dan air Zuur (air suling) pada Gambar 4.



Gambar 4. Larutan Elektrolit

b. Plat Elektrode

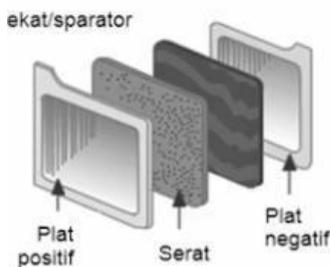
Plat elektrode terdiri dari plat positif dan plat negatif. Plat positif terbuat dari *lead peroxide* (PbO<sub>2</sub>) sedangkan plat negatif terbuat dari *spongy lead* (Pb) pada Gambar 5.



Gambar 5. Plat Elektrode

c. Separator

Separator merupakan penyekat berpori yang ditempatkan antara plat positif dan plat negatif. Separator berfungsi untuk mencegah hubungsingkat (konsleting) antar plat pada Gambar 6.



Gambar 6. Separator

d. *Venting plugs*

*Venting plugs* berfungsi mencegah masuknya debu dan kotoran kedalam sel dan berfungsi untuk memisahkan gas hidrogen dan uap, asam sulfat yang terbentuk, dengan kata lain *venting plugs* berfungsi untuk menahan cairan elektrolit yang menguap sehingga cairan menetes kembali ke dalam baterai dengancara melonggarkan plugs pada Gambar 7.

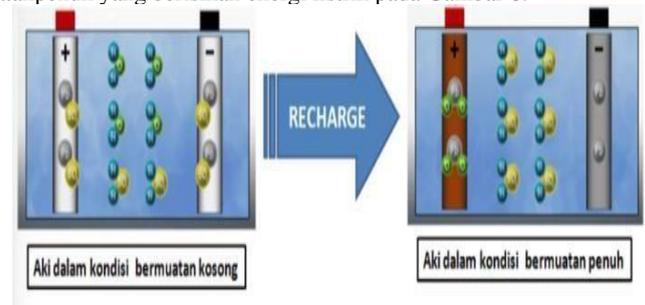


Gambar 7. *Venting plugs*

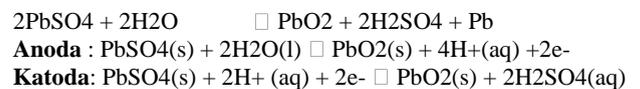
2) *Cara Kerja Baterai*

a. *Recharge*

*Recharge* merupakan proses pengisian arus listrik kedalam baterai yang diproses secara kimiawi agar energi listrik yang masuk dapat disimpan di dalamnya, sehingga baterai dalam keadaan muatan penuh yang berisikan energi listrik pada Gambar 8.

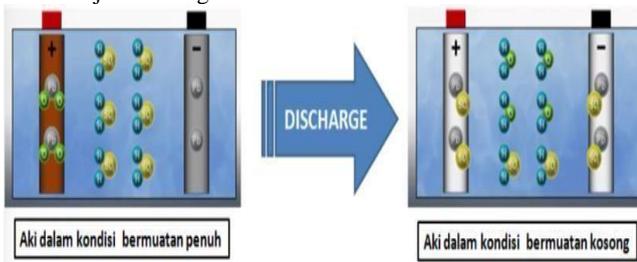


Gambar 8. Proses *recharge* baterai

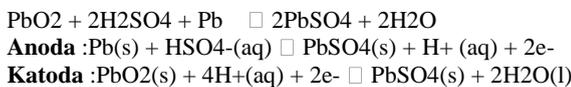


b. Discharge

Discharge merupakan proses pelepasan arus listrik keluar dari baterai, proses ini terjadinya pergerakan arus listrik dari kutub positif menuju kutubnegatif.



Gambar 9. Proses discharge baterai



### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemeliharaan DC System 240 V

Pemeliharaan rutin merupakan pemeliharaan yang dilakukan saat peralatan sedang beroperasi dengan pengecekan secara visual indikator yang tersedia pada DC System sebagai informasi yang digunakan untuk menentukan apakah DC System tersebut dalam keadaan normal ataupun tidaknormal.

##### 1) Pemeliharaan Rutin Baterai

Dari pemeliharaan rutin baterai GT 3-4 didapatkan pengukuran pada baterai (tegangan pada sistem, tegangan floating charging, dan arus floating charging), dan pemeriksaan visual (korosi, level elektrolit, kebocoran, kebersihan, temperatur ruangan, ventilasi, dan exhaust fan) kondisi yang kurang baik pada indikator temperatur yang mati di beberapa GT dan tidak ada ventilasi ruangan pada GT 4.3 tetapi pada indikator yang lainnya dalam kondisi yang normal.

PT PLN NUSANTARA POWER UP MUARA TAWAR		PERIODE BULANAN							
PILN		PILN							
PILN		PILN							
PILN		PILN							
Tanggal	3 Januari 2023	Nominal Voltage : 2,23 Volt / sel							
Mark	Fluoro / BAE								
Jumlah sel	108 EA								
No.	Basis Pemeriksaan	Target	31 BTA 10	32 BTA 10	33 BTA 10	34 BTA 10	41 BTA 10	42 BTA 10	43 BTA 10
1	Pengukuran pada baterai								
a	U <sub>10</sub> to Middle	1,9, 0	1,96, 7	1,96, 4	1,96, 7	1,96, 8	1,96, 8	1,96, 8	1,96, 8
b	U <sub>10</sub> to Min	1,8, 0	1,81, 0	1,81, 4	1,81, 5	1,81, 5	1,81, 5	1,81, 5	1,81, 5
c	U <sub>10</sub> to Max	2,0, 0	2,01, 7	2,01, 2	2,01, 5	2,01, 5	2,01, 5	2,01, 5	2,01, 5
2	Pengukuran beban baterai saat floating charging								
a	Tegangan	1,6, 0	1,61, 7	1,61, 2	1,61, 5	1,61, 5	1,61, 5	1,61, 5	1,61, 5
b	Arus	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6
3	Pemeriksaan Visual								
a	Level Corrosion Coating		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
b	Level Elektrolit top up		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
c	Kebocoran pada top up		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
d	Kebocoran top up		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
e	Temperatur ruangan	maksimal 40°C	38,5°C						
f	Verifikasi ruang baterai	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
g	Exhaust Fan Running baterai	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Cekatan khusus								
			30 → 30%	30 → 30%	30 → 30%	30 → 30%	30 → 30%	30 → 30%	30 → 30%

Gambar 10. Data Hasil Pemeliharaan Rutin Baterai GT 3-4

#### Pemeliharaan Battery Bank

Dari pemeliharaan rutin battery bank GT 3.1 didapatkan semua sel baterai dalam kondisi float voltage yang normal dengan acuan name plate (2,23V). Parameter lain seperti suhu sel dan berat jenis (density) ditemukan dalam keadaan baik sesuai parameter yang telah ditentukan. Keadaan battery bank GT 3.1 dapat dilihat pada gambar 11.

PT PLN NUSANTARA POWER UP MUARA TAWAR				PILN			
PILN				PILN			
PILN				PILN			
PILN				PILN			
Tanggal	3 Januari 2023	Nominal Voltage : 2,23 Volt / cell (+ - 0,05)		Unit GT : 31		Nominal Kapasitas :	
Mark	Fluoro / BAE						
Jumlah	108 cell						
No.	Voltage (V)	Density (kg/l)	Suhu sel (°C)	No.	Voltage (V)	Density (kg/l)	Suhu sel (°C)
1	2,23			37	2,23		
2	2,23			38	2,23		
3	2,23			39	2,23		
4	2,23			40	2,23		
5	2,23			41	2,23		
6	2,23			42	2,23		
7	2,23			43	2,23		
8	2,23			44	2,23		
9	2,23			45	2,23		
10	2,23			46	2,23		
11	2,23			47	2,23		
12	2,23			48	2,23		
13	2,23			49	2,23		
14	2,23			50	2,23		
15	2,23			51	2,23		
16	2,23			52	2,23		
17	2,23			53	2,23		
18	2,23			54	2,23		
19	2,23			55	2,23		
20	2,23			56	2,23		
21	2,23			57	2,23		
22	2,23			58	2,23		
23	2,23			59	2,23		
24	2,23			60	2,23		
25	2,23			61	2,23		
26	2,23			62	2,23		
27	2,23			63	2,23		
28	2,23			64	2,23		
29	2,23			65	2,23		
30	2,23			66	2,23		
31	2,23			67	2,23		
32	2,23			68	2,23		
33	2,23			69	2,23		
34	2,23			70	2,23		
35	2,23			71	2,23		
36	2,23			72	2,23		
73	2,23			74	2,23		
75	2,23			76	2,23		
77	2,23			78	2,23		
79	2,23			80	2,23		
81	2,23			82	2,23		
83	2,23			84	2,23		
85	2,23			86	2,23		
87	2,23			88	2,23		
89	2,23			90	2,23		
91	2,23			92	2,23		
93	2,23			94	2,23		
95	2,23			96	2,23		
97	2,23			98	2,23		
99	2,23			100	2,23		
101	2,23			102	2,23		
103	2,23			104	2,23		
105	2,23			106	2,23		
107	2,23			108	2,23		

Gambar 11. Data Hasil Pemeliharaan Rutin Battery Bank GT 3.1

##### 2) Pemeliharaan Charger Battery

Dari pemeliharaan Charger Battery GT 4.2 didapatkan parameter-parameter seperti pemeriksaan visual (kebersihan baterai, kebersihan charger), pengukuran charger baterai (tegangan input, tegangan output, dan arus output), pengukuran charger baterai (tegangan input, tegangan output, dan arus output), dan pengukuran kapasitor charger. Didapat kerusakan pada selongsong kapasitor pada charger 42BTL10 dan 42BTL20 yang terkelupas, tetapi indikator yang lainnya berada dalam kondisi yang baik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi dan pengolahan data GT unit 3-4 PT PJB UP Muara Tawar proses pemeliharaan sistem DC yaitu sistem DC bekerja sesuai prinsip rektifikasi untuk mendapatkan sumber tegangan AC dari distribusi busbar 400VAC. Kemudian, tegangan AC 400V dari penyearah diubah menjadi tegangan 240V DC, dan inverter mengubah tegangan 240V DC menjadi tegangan AC 220V. Blok 3-4 Pemeliharaan sistem DC PT PJB UP Muara Tawar dilakukan melalui pemeliharaan rutin, battery bank, battery charger dan inverter. GT Unit 4.3 Sistem DC PT PJB UP Muara Tawar terus bekerja dengan baik untuk mendukung operasi GT sebagai sumber daya DC yang digunakan untuk perangkat kontrol, perangkat perlindungan dan peralatan bertenaga DC lainnya dan unit produksi dalam kondisi normal. keadaan gangguan tersebut. Namun dalam kerja praktik, beberapa aspek dan usulan untuk pengembangan lebih lanjut harus dipertimbangkan, antara lain perlunya mempelajari bagaimana menggunakan sistem DC sebagai proteksi generator, yang meliputi baterai, inverter, penyearah, bank baterai, daya, catu sumber dan Sistem Operasinya serta perlunya tambahan variabel berupa nilai medan magnet yang dihasilkan dalam pengendalian sistem eksitasi, serta penjelasan dan perhitungan terkait sistem eksitasi catu daya DC ke sumber DC. Tegangan keluaran dan daya reaktif sistem generator.

#### REFERENSI

- [1] Arviant, E., Arnandi, W. & Saputra, T. J. (2018). Pengembangan Sistem Pengaman Starting Pendahuluan.
- [2] Cecep Mauludin, Suganhi, Ika Sudarmaja, D. (2014). Sistem Supply AC/DC. Pedoman Pemeliharaan Sistem Supply AC/DC.
- [3] Citra Dewi, S, P.M.E. (2016). Regulator AC 1 Fasa Gelombang Penuh Terkendali. Ikliil, M., & Ir. Agung Warsito, D. (2014). Sistem DC 220V PLTU Pacitan 2x315 MW. 1-8.
- [4] Fitzgerald, A. E., Kingsley Jr, C., & Umans, S. D. (2016). Electric machinery (7th ed.). McGraw-Hill.
- [5] Rashid, M. H. (2018). Power electronics: circuits, devices, and applications (5th ed.). Pearson.

The image shows a detailed maintenance report for a battery charger. The header includes the company name 'PT PEMBANGKITAN JAWA BALI' and 'PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM'. The report is dated 28 September 2020. The main body contains a table with columns for 'ITEM', 'Qualified', 'Unqualified', and 'Remark'. The items listed include: 'Pemeriksaan, pembersihan, ruang baterai & charger', 'Pengoptimalan air filter ruang baterai', 'Pemeriksaan tegangan, suhu, arus, level air dan temperatur per Cell', 'Pemeriksaan loading battery & volt battery', 'Pemeriksaan tegangan AC input dan DC output charger', 'Pemeriksaan area pendinging output charger', 'Visual cek korosi pada busbar battery charger', 'Pemeriksaan bank busbar battery', and 'Pemeriksaan panel charger'. Below the table, there are two sections for 'Pemeriksaan charger baterai KSBFL20' and 'Pemeriksaan kapasitor charger', each with a list of components and their specifications. The bottom section contains a signature table with columns for 'Description', 'Tested/measured by', 'Coordinator', 'Quality Control', and 'Witness'.

Gambar 12. Data hasil pemeliharaan charger battery

#### 3) Pemeliharaan Inverter

Dari pemeliharaan inverter didapatkan beberapa parameter yang dilakukan pemeriksaan, seperti pemeriksaan relai, alarm, charging mode, kekencangan baut, local panel, main power supply, output inverter, DC input inverter dan AC output inverter. Dilihat semua parameter yang ada, inverter berada dalam kondisi yang baik dan normal. Data hasil pemeliharaan inverter dapat dilihat pada gambar

The image shows a detailed maintenance report for an inverter. The header includes the company name 'PT PEMBANGKITAN JAWA BALI' and 'PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM'. The report is dated 28 September 2020. The main body contains a table with columns for 'ITEM', 'Qualified', 'Unqualified', and 'Remark'. The items listed include: 'Pemeriksaan operation condition relay', 'Pemeriksaan alarm', 'Pemeriksaan charging mode', 'Pemeriksaan kekencangan baut koneksi', 'Pembersihan lokal panel', 'Pemeriksaan main power supply', and 'Pemeriksaan output inverter'. Below the table, there are two sections for 'DC Input Inverter' and 'AC Output Inverter' with their respective voltage specifications. The bottom section contains a signature table with columns for 'Description', 'Tested/measured by', 'Coordinator', 'Quality Control', and 'Witness'.

Gambar 13. Data Hasil Pemeliharaan Inverter GT 4.2



- [6] Linden, D., & Reddy, T. B. (Eds.). (2011). Handbook of batteries (3rd ed.). McGraw-Hill.
- [7] Kothari, D. P., & Nagrath, I. J. (2014). Power system engineering (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- [8] Marsudi, D. (2016). Politeknik Negeri Sriwijaya 4. Pembangkitan Energi Listrik, 7(1).4-31.
- [9] Palupi, D. R., Yuwono, R., & Mustofa, A. (2014), Perancangan dan Analisis Rangkaian Rectifier pada Rectenna Menggunakan Antena Televisi, 1-10.
- [10] PT. PLN (Persero) P3B. (2009), Pelatihan O&M Relai Proteksi Gardu Induk. Portia IV. 9 (September), 173-187.

