

**ANALISIS GANGGUAN PADA SISTEM KERJA
POWER SUPPLY DC 110 VOLT
DI GARDU INDUK PADALARANG BANDUNG**

Anita Widiawati

Widyaiswara Muda PPPPTK BMTI
e-mail: anitawied@yahoo.co.id

ABSTRACT

Electrical stations serve as the key to an electrical power system because they are equipped with various facilities and equipment required for its operation and maintenance. The 110 DC power supply is an important piece of equipment and requires attention. If a disturbance occurs on the system, it will cause a black out and endanger and destroy the pieces of equipment that exist in the main electrical station, such as the PMT, PMS and other protective devices. The work system of the DC power supply consists of three components which are connected to one another. The rectifier, of which the function is to direct all currents to one direction, has got a direct input from the AC input of the nets. The output produced by the rectifier is used for charging the battery and to supply the load (control and protective devices). When the work system is said to be normal if the DC load is fully supplied by the rectifier and the battery is in the standby position (ready for supplying load). When the rectifier is not working (under maintenance) or the AC power is absent (such as during the black out on the Java-Bali system) the DC load is supplied by the battery. Such a condition is usually referred to as the system being not working under normal condition. The equipment is so important that it requires a special maintenance and a rapid and accurate anticipation for any disturbance. In addition to this, considering that the control equipment is so sensitive and requires a protection against an unstable voltage, the output of the DC current produced by the rectifier and the battery must be maintained in such a way that the voltage remain stable and constant.

Keywords: *Main Electrical Station, Disturbance on the Work System, DC power supply.*

ABSTRAK

Gardu Induk merupakan kunci dari sistem tenaga listrik, karena dilengkapi dengan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk operasi dan pemeliharannya. Power supply DC 110 Volt merupakan peralatan yang sangat penting dan harus diperhatikan. Apabila terjadi gangguan pada sistem ini akan menyebabkan *black out* dan dapat membahayakan serta merusak peralatan-

peralatan di gardu induk seperti PMT, PMS dan alat proteksi lainnya. Sistem kerja dari *power supply* DC terdiri dari tiga komponen yang berhubungan satu sama lainnya. *Rectifier* sebagai penyearah mendapatkan input langsung dari sumber AC pada jala-jala. Output yang dihasilkan oleh *rectifier* dimanfaatkan untuk mensuplai batere sebagai pengisian (*charger*) dan mensuplai beban (peralatan kontrol dan proteksi). Sistem bekerja dalam keadaan normal apabila beban DC secara penuh disuplai oleh *rectifier* dan batere dalam kondisi *stand by* (siap siaga untuk mensuplai beban). Tetapi dalam kondisi *rectifier* tidak bekerja (pemeliharaan) atau tidak ada sumber AC (seperti terjadinya *black out* pada sistem Jawa-Bali), maka beban DC disuplai batere, hal ini biasanya disebut sistem bekerja dalam keadaan tidak normal. Begitu pentingnya peralatan ini maka diperlukan suatu pemeliharaan khusus dan antisipasi gangguan yang cepat dan tepat. Juga karena begitu sensitifnya peralatan kontrol dan proteksi terhadap tegangan, sehingga output arus DC yang dihasilkan oleh *rectifier* dan batere harus dijaga agar tegangannya sama dan tetap konstan.

Kata kunci: Gardu Induk, Gangguan Sistem Kerja, *Power Supply* DC.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit, sebelum disalurkan ke konsumen, tegangannya disesuaikan dulu dengan tegangan transmisinya. Setelah melalui saluran transmisi energi listrik tersebut digabungkan dengan energi listrik dari pembangkit lain sebelum secara keseluruhan ditransmisikan dan di distribusikan. Tempat penggabungan ini dikenal dengan istilah sistem interkoneksi. Sistem interkoneksi ini dilaksanakan di gardu-gardu induk.

Menurut [1], operasi gardu induk menyangkut supervisi, pencatatan, kontrol dan penyetelan kondisi operasi dari semua perlengkapan, patroli harian, perbaikan kecil dan tindakan darurat sewaktu ada gangguan. Tugas ini harus dilaksanakan dengan tujuan untuk

mempertahankan pelayanan dengan cara mencegah interupsi tenaga listrik dan mempertahankan tegangan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Untuk itu perlu diantisipasi sebaik mungkin agar tidak terjadi gangguan dan bila gangguan ini telah terjadi maka harus dihilangkan secepat mungkin. Untuk melaksanakan tugas tersebut gardu induk dilengkapi dengan fasilitas dan peralatan yang diperlukan sesuai dengan tujuannya dan mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan. Diantaranya : trafo utama, alat pengubah fasa, peralatan penghubung, panel hubung, trafo ukur, alat proteksi, dan gedung. Disamping peralatan tersebut, gardu induk juga dilengkapi dengan peralatan pembantu seperti alat pendingin, alat pencuci, isolator, kompresor, batere, pengisi batere.

Ada beberapa peralatan yang memerlukan perhatian dan ketelitian, salah satunya adalah sumber arus DC

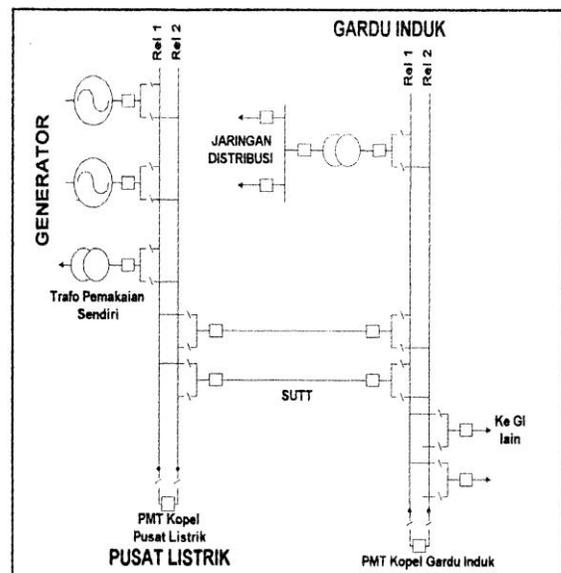
(*rectifier* dan batere) yang merupakan jantung atau kunci utama dalam mengoperasikan peralatan kontrol dan proteksi. Sehingga apabila sistem kerja suplai arus DC terganggu atau tidak berfungsi maka peralatan kontrol dan proteksi tidak dapat dioperasikan. Hal ini akan berakibat sistem penyaluran listrik mengalami *black out* (mati) seperti yang pernah terjadi se-Jawa-Bali, dan bahkan mungkin akan timbul kerusakan pada perlengkapan gardu induk. Kasus tersebut sangat tidak diharapkan terjadi pada suatu gardu induk, khususnya di Gardu Induk Padalarang Bandung. Oleh karena itu diperlukan suatu antisipasi yang tepat dan terencana dengan baik agar sumber arus DC tetap berfungsi. Adapun permasalahan yang dijadikan fokus dalam penelitian ini yaitu : Hal apakah yang perlu diantisipasi bila terjadi gangguan pada sistem kerja suplai DC pada Gardu Induk Padalarang Bandung?

Gardu induk merupakan suatu kumpulan perlengkapan listrik yang dipergunakan untuk pengaturan, pengendalian dan perubahan tenaga listrik. Menurut [2], gardu induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari perlengkapan listrik yang berfungsi untuk :

- a. transformasi tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah.
- b. pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.

c. pengaturan daya ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui *feeder* tegangan menengah.

Menurut penempatan peralatannya, gardu induk yang ada di Bandung merupakan Gardu Induk Pasangan Luar karena semua peralatannya (*switch gear*), isolator dan sebagainya) ditempatkan di udara terbuka. Sejalan dengan kemajuan teknologi, peralatan dalam gardu induk mengalami modernisasi dan otomatisasi dalam rangka peningkatan keandalannya dalam penyediaan tenaga listrik. Perlengkapan dan fasilitas yang ada di gardu induk umumnya terdiri dari : *Lightning arrester*, Pemisah (PMS), Pemutus Tenaga (PMT), Trafo tenaga, Trafo tegangan, Trafo arus, Rel daya, Rele, Sistem pentanahan, Kapasitor, Reaktor, Panel kontrol dan Batere. Secara umum topologi gardu induk seperti pada gambar 1 berikut :



Gambar 1: Topologi Gardu Induk

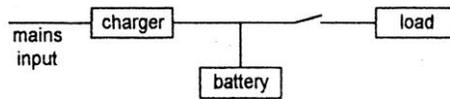
Power Supply Arus DC (Batere) adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik arus searah dengan proses kimia. Batere dapat berupa susunan beberapa sel atau hanya satu sel saja. Tiap sel terdiri dari elektroda positif, elektroda negatif dan elektrolit. Menurut [3], di gardu induk maupun di pusat pembangkit, batere ini berfungsi sebagai berikut :

- a. Sumber tenaga untuk alat kontrol, pengawasan, tanda-tanda isyarat (*signaling and alarm*).
- b. Sumber tenaga motor-motor untuk PMT, PMS, *tap-charging* trafo tenaga.
- c. Sumber tenaga untuk penerangan darurat.
- d. Sumber tenaga untuk relai proteksi.
- e. Sumber tenaga untuk peralatan komunikasi.

Sumber tenaga untuk alat-alat kontrol, relai-relai proteksi dan sebagainya harus mempunyai keandalan yang tinggi. Oleh karena itu perlu dijaga agar tegangan dari batere ini tidak banyak berubah dari yang sudah ditentukan.

Menurut [4], untuk memberikan arus listrik pengisian (*charging current*) pada batere diperlukan suatu sumber arus searah yang biasanya dihasilkan oleh rangkaian *rectifier* atau pengisian batere (*battery charger*) yang mengambil sumber dari jala-jala (PLN). Pada kerja rangkaian batere ini penyearah (*rectifier*) digunakan pada pemakaian normal yang dihubungkan ke beban, sedangkan pengisi batere digunakan untuk mengisi batere dan juga

mensuplai beban. Rangkaian batere dengan *rectifier* secara sederhana seperti gambar 2 berikut :



Gambar 2: Sistem Sederhana (Simple Sistem)

Gangguan yang terjadi di gardu induk erat hubungannya dengan pemeliharaan, namun hal ini dapat juga terjadi karena pengaruh ekstern seperti tegangan dan arus lebih atau drop tegangan dan frekuensi kurang. Kebanyakan gangguan terjadi karena pemeliharaan yang kurang baik dan peralatan yang rusak. Oleh karena itu kebijaksanaan pemeliharaan guna menjamin operasi yang stabil harus dijabarkan dari analisis gangguan. Sedangkan pemeliharaan sendiri bertujuan untuk menjaga hasil kerja peralatan, deteksi kerusakan secepat mungkin dan mencegah gangguan sebanyak dan seluas mungkin. Dengan mempelajari jenis gangguan yang terjadi di gardu induk merupakan salah satu pengembangan untuk meningkatkan pengawasan oleh operator terhadap peralatan instalasi.

2. METODE

Untuk memecahkan permasalahan dan melancarkan proses penelitian tergantung bagaimana kita menggunakan metode dalam mencari data yang kita perlukan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode sebagai berikut :

- a. Studi literatur, yaitu mempelajari literatur dan dokumen yang ada

relevansinya dengan masalah yang akan dibahas seperti : buku-buku, diktat, majalah dan jurnal.

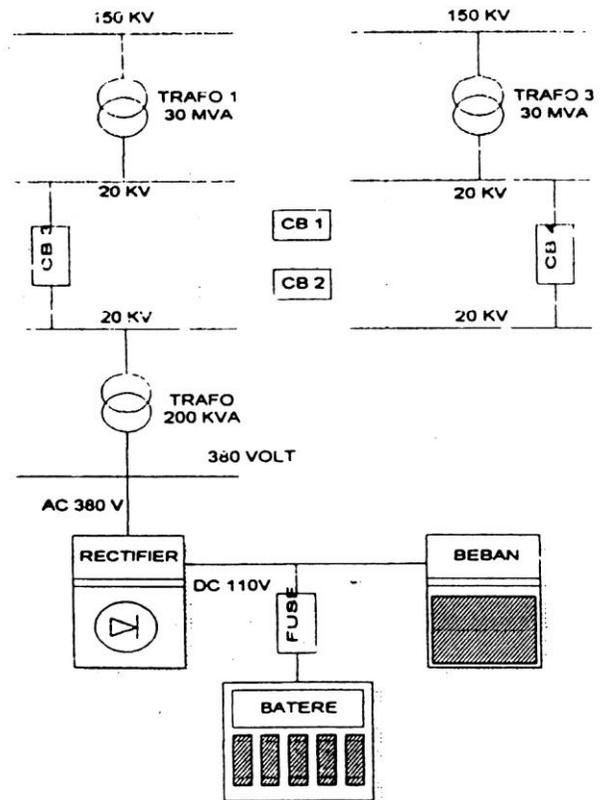
- b. Observasi, yaitu mengadakan studi ke lapangan yaitu ke PT. PLN (PERSERO) Sektor Priangan, lebih tepatnya ke Gardu Induk Padalarang Bandung.
- c. Diskusi, yaitu melakukan tanya jawab dengan orang-orang yang berkompeten di bidang ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Power supply DC 110 Volt di Gardu Induk Padalarang ataupun di gardu induk lainnya merupakan jantung atau kunci utama dalam menggerakkan peralatan kontrol dan proteksi. Peralatan kontrol dan proteksi berupa peralatan kendali terhadap keamanan gardu induk dan proses penyaluran daya listriknya. *Power supply* DC yang dimaksudkan berupa baterai dengan 84 unit dan kapasitas 400 Ampere-jam (Ah) dan *rectifier* dengan kapasitas 18 KVA dan arus maksimum DC 100 Ampere, yang dipakai secara paralel dalam mensuplai beban. Menurut [5], untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.

Dari gambar tersebut dapat dilihat hubungan antara trafo distribusi (sebagai *supply* AC), *rectifier* (sebagai penyearah tegangan AC ke DC), baterai (sebagai sumber DC) dan beban (yang mempergunakan suplai DC tersebut). Dari hubungan tersebut terlihat adanya aliran daya dari jala-jala

sampai ke beban. Hal ini terlihat sebagai suatu kesatuan atau sistem secara menyeluruh.

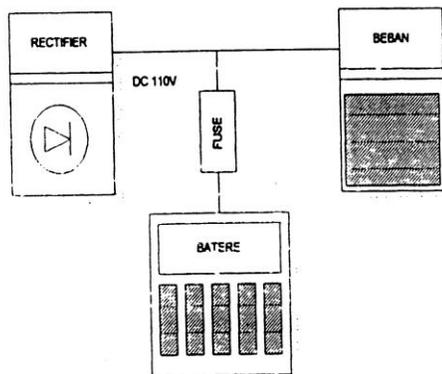


Gambar 3: Instalasi *Power Supply* DC di Gardu Induk Padalarang

Terlebih dahulu kita harus mengenal suatu sistem yang lebih kecil untuk lebih memahami sistem yang lebih besar. Untuk itu kita harus menyederhanakan dahulu terhadap sistem yang menjadi tujuan dalam pembahasan ini pada gambar 4.

Tiga komponen yang tersusun sebagai suatu sistem DC, dimana setiap komponen dalam kondisi bekerja. Sistem *supply* DC merupakan suatu kerja yang terkoordinasi satu sama lain secara baik guna mencapai tujuan yaitu memenuhi kebutuhan beban DC. Jadi sistem yang

dimaksud adalah hubungan antara batere dan *rectifier* sebagai penyuplai arus DC dan beban sebagai penerima suplai DC tersebut.



Gambar 4: Sistem Suplai DC dalam Penelitian

Kita ketahui bahwa beban yang dimaksud merupakan peralatan-peralatan penting dalam suatu gardu induk dan juga sebagai pengaman/proteksi terhadap gangguan yang tidak diinginkan dan ditentukan waktu terjadinya. Peralatan-peralatan tersebut pada umumnya digerakkan dengan sumber DC, jadi dengan kata lain beban harus selalu mendapat suplai DC. Hubungan antara ketiga komponen ini bisa disimpulkan tentang kerja dari sistem tersebut. Suatu sistem dikatakan bekerja apabila beban selalu mendapatkan suplai DC baik dari *rectifier* ataupun dari batere. Dan sistem dikatakan tidak bekerja apabila beban tidak mendapatkan suplai DC sama sekali dari kedua sumber tersebut. Dari gambar 4 di atas, *rectifier* mengalirkan suplai DC ke beban dan juga melakukan pengisian (*charge*) terhadap batere.

Hal ini berlangsung terus menerus saat *rectifier* bekerja. Kondisi ini dinamakan sistem bekerja normal. Sedangkan sistem bekerja tidak normal apabila *rectifier* dalam keadaan tidak bekerja (contohnya dalam keadaan pemeliharaan), sehingga beban akan disuplai sepenuhnya oleh batere.

Secara keseluruhan sebagai suatu proses dari aliran daya listrik sampai ke beban. Pertama-tama daya yang dihasilkan oleh jala-jala transmisi dari pembangkit sebesar 150 KV diturunkan terlebih dahulu oleh trafo *step down* ke 20 KV, kemudian diturunkan lagi ke 380 Volt (sebagai sumber AC tiga fasa). Kemudian tegangan ini menjadi *input rectifier* tiga fasa dan mengubahnya menjadi tegangan searah. Kemudian sumber DC ini digunakan untuk mensuplai beban-beban DC tersebut.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sistem dapat mengalami gangguan yang menyebabkan sistem bekerja dalam kondisi tidak normal. Suatu sistem dikatakan dalam keadaan tidak normal atau terjadi gangguan bila *output rectifier* tidak diperoleh atau tidak ada. Hal ini terjadi akibat:

1. Tidak adanya suplai AC ke *rectifier* (*black out*).

Salah satu yang dapat menghilangkan suplai AC ke *rectifier* adalah terjadinya *black out*, yaitu terjadinya keadaan yang gelap, hilangnya sumber tegangan AC sehingga segala sistem dan peralatan yang memakai *input* langsung dari sumber AC jala-jala akan tidak bekerja. Salah satu contohnya adalah terjadinya *black out* se-Jawa-Bali yang diakibatkan adanya

kerusakan pada sistem transmisi sumber jala-jala tersebut. Intinya *rectifier* tidak akan bekerja dan menghasilkan *output* DC akibat tidak adanya sumber *input* AC yang masuk ke *rectifier* tersebut.

2. Kerusakan pada *rectifier*.

Pada saat *rectifier* tidak mengeluarkan sumber DC maka hal yang pertama kita periksa adalah apakah *input* AC yang diberikan bekerja atau tidak. Jika pada suplai tidak ada gangguan maka dimungkinkan ada kerusakan pada *rectifier* yang menyebabkan tidak adanya sumber DC yang keluar.

Dalam kondisi sistem bekerja dalam keadaan tidak normal ini otomatis suplai *rectifier* tidak ada. Sedangkan kita ketahui bahwa beban-beban tersebut harus mendapatkan suplai DC, maka tugas ini diambil alih oleh batere sebagai sumber DC yang sebelumnya ditempatkan pada kedudukan *stand by*. Jadi fungsi batere ini sebagai sumber DC cadangan yang dipakai pada waktu tertentu sesuai *life time* dari batere tersebut. Dan apabila batere pun mengalami gangguan sehingga tidak dapat menyuplai beban secara normal atau tidak sama sekali, maka hal ini akan menimbulkan suatu keadaan yang sangat berbahaya terhadap sistem penyaluran dan sistem proteksi. Kondisi seperti inilah yang perlu dihindarkan, oleh karenanya diperlukan suatu perencanaan dan pemeliharaan yang tepat dan benar.

Pada sistem kerja suplai DC di Gardu Induk Padalarang, dapat dianalisis bentuk gangguan secara

umum yang mengganggu proses suplai DC ke beban, diantaranya:

1. Gangguan pada *output rectifier*.

Gangguan pada *ouput rectifier* dapat diartikan sebagai gangguan yang menyebabkan tidak keluarnya sumber DC *rectifier* yang akan disalurkan ke beban. Untuk dapat memastikan jenis gangguan yang terjadi maka perlu dilakukan pengusutan terhadap letak gangguan.

Hal-hal yang dilakukan dalam pengusutan secara umum, diantaranya:

a. Pemeriksaan terhadap *input rectifier*.

Maksudnya adalah mengecek keberadaan (ada tidaknya) input yang masuk. Jika tidak ada pengecekan dapat diteruskan hingga suplai dari jala-jala.

b. Pemeriksaan pada *rectifier*.

Maksudnya adalah apabila pada sumber jala-jala tidak ada permasalahan, maka hal yang paling mungkin adalah terjadinya kerusakan pada *rectifier*.

Dalam proses pengusutan telah selesai dilaksanakan dan penentuan gangguan dapat ditemukan, maka proses perbaikan dapat sesegera mungkin dilakukan. Selain itu perlu adanya penanggulangan lain untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan, diantaranya :

a. Menyediakan *rectifier* cadangan.

b. Menyediakan batere cadangan.

2. Gangguan pada suplai DC ke beban.

Gangguan pada suplai DC ke beban dapat diartikan sebagai tidak adanya suplai DC yang dialirkan ke beban baik dari *rectifier* maupun dari batere. Pada kondisi ini beban tidak dapat bekerja

sama sekali dan hal ini sangat berbahaya serta harus diusahakan agar tidak terjadi. Hal-hal yang dapat dilakukan dalam proses pengusutannya adalah :

- a. Memeriksa kondisi suplai jala-jala.
- b. Memeriksa suplai *output* dari *rectifier*.
- c. Memeriksa suplai *output* batere.
- d. Memeriksa saluran kabel ke beban.

Agar kasus seperti ini dapat dihindarkan maka gardu induk harus mempersiapkan batere cadangan.

Kasus yang terjadi

Apabila terjadi gangguan *black out*, berapa lama kapasitas batere dapat menyuplai beban-bebannya? Jadi apabila terjadi gangguan (*black out*) seperti yang pernah terjadi se-Jawa-Bali maka kapasitas atau kemampuan batere dapat melayani beban-beban selama masa perbaikan adalah sebagai berikut :

Batere yang digunakan mempunyai kapasitas total sebesar 400 ampere jam (Ah), sedangkan beban yang harus tetap mendapatkan suplai tegangan DC dalam keadaan mati total adalah lampu-lampu indikator yang bekerja tidak serempak sebesar 5 watt. Untuk tegangan DC sebesar 100 volt, maka beban sebesar 5 watt mendapatkan arus sebesar :

$$P = V \times I$$

Maka akan diperoleh besar arus :

$$I = P/V = 5 \text{ W}/100 \text{ V} = 0,05 \text{ ampere.}$$

Sedangkan batere mampu mengeluarkan arus sebesar 400 ampere dalam satu jam, dan beban

hanya membutuhkan arus sebesar 0,05 ampere. Jadi waktu yang diberikan batere dalam mensuplai beban adalah :

$$T = 400 \text{ Ah} / 0,05 \text{ A} = 8000 \text{ jam.}$$

Jadi batere dapat mensuplai beban 5 watt selama 8000 jam atau 333,3 hari.

Maka dalam kasus ini batere akan mampu bertahan walaupun tanpa pengisian. Namun, bila beban yang memerlukan suplai DC cukup banyak, misalnya 10 ampere maka batere hanya mampu mensuplai beban selama 40 jam atau 1,67 hari.

Besarnya arus pengisian tersebut, diperlihatkan pada tabel 1, kolom 3 dan 5 berikut ini :

Tabel 1 Pengisian Arus pada Batere dengan Tegangan 1,85 volt/Sel

Kapasitas batere dalam Ah pada 10 jam dgn tegangan akhir 1,85 volt/sel		Pengisian arus tahap pertama dalam ampere	Ampere - Jam (Ah)	Pengisian arus tahap kedua dalam ampere
Pada 15°C	Pada 25°C			
1	2	3	4	5
15	16	1-2	75	1
30	32	2-4	150	2
45	48	3-6	150	3
60	64	4-8	225	4
75	80	5-10	300	5
100	107	7-14	500	7
125	134	8,5-17	625	8,5
150	161	10-20	750	10
200	214	14-28	1000	14
250	268	17-34	1250	17
300	322	21-42	1500	21
350	375	24-48	1750	24
400	425	28-56	2000	28

Selama pengisian berlangsung dengan arus pengisian tahap pertama akan timbul gas, kemudian besarnya tegangan yang telah dimiliki batere selama pengisian tersebut diukur dengan menggunakan *celtester*. Jika tegangan tiap-tiap sel telah mencapai 2,3 volt, maka arus pengisian diturunkan ke pengisian tahap kedua. Dan pengisian tahap kedua ini dihentikan setelah tegangan setiap sel mencapai 2,7 volt.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan:

1. Sistem kerja dari *Power Supply* DC 110 volt terdiri dari tiga (3) komponen yang saling berhubungan satu sama lainnya. *Rectifier* sebagai penyearah mendapatkan input langsung dari sumber AC pada jala-jala. *Output* yang dihasilkan oleh *rectifier* dimanfaatkan untuk mensuplai batere sebagai pengisian (*charger*) dan mensuplai beban (peralatan kontrol dan proteksi).
2. Suatu sistem dikatakan bekerja apabila beban selalu mendapatkan suplai arus DC baik dari *rectifier* ataupun dari batere. Sedangkan sistem dikatakan tidak bekerja apabila beban tidak mendapat arus DC sama sekali dari kedua sumber DC tersebut. Hal ini jangan sampai terjadi pada suatu gardu induk karena akibatnya akan sangat fatal.
3. Sistem bekerja dalam keadaan normal apabila beban DC secara penuh disuplai oleh *rectifier* dan batere dalam kondisi *stand by* (siap siaga) untuk mensuplai beban. Tetapi dalam kondisi *rectifier* tidak bekerja (pemeliharaan) atau tidak ada sumber AC, maka beban DC disuplai batere, hal ini biasanya disebut sistem bekerja dalam keadaan tidak normal.
4. *Power supply* DC 110 volt yang terdiri dari *rectifier* dan batere merupakan suatu peralatan yang menjadi jantung dari sistem listrik di gardu induk. Begitu pentingnya peralatan ini maka diperlukan suatu pemeliharaan khusus dan antisipasi gangguan yang cepat dan tepat. Untuk itu penulis coba sarankan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Output arus DC yang dihasilkan oleh *rectifier* dan batere harus dijaga agar tegangannya sama dan tetap konstan
 - b. Perawatan dan pemeliharaan *power supply* DC harus dilakukan secara berkala dan berjenjang.
 - c. Sebagai jaga-jaga perlu disediakan *rectifier* dan sel batere cadangan.
 - d. Gangguan-gangguan yang terjadi terhadap *power supply* harus diantisipasi dan dinormalkan kembali secepat mungkin.

REFERENSI

- [1] P. Van Harten, E. Setiawan. (1992). *Instalasi Listrik Arus Kuat*, Jakarta : Bina Cipta.
- [2] PT. PLN. (1996). *Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Instalasi Gardu Induk*, Bandung : PLN Sektor Priangan.
- [3] PT. PLN. (1996). *Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Batere*, Bandung : PLN Sektor Priangan.
- [4] Zuhul. (1988). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta : PT. Gramedia.
- [5] SRMT SPRN. (1995). *Rele Proteksi dan Pengukuran*, Bandung : PLN Sektor Priangan.

DO NOT COPY