ISBN 976-602-6423-00-9

EVALUASI *RIPPLE* TEGANGAN PADA PENYEARAH GELOMBANG BTU11 DAN BTU31 RSG GA. SIWABESSY

Koes Indrakoesoema[1)], Adin Sudirman[1)], Edison[1)]
[1)]PRSG, BATAN, Tangerang Selatan, Indonesia
Email : koes@batan.go.id

ABSTRAK

EVALUASI *RIPPLE* TEGANGAN PADA PENYEARAH GELOMBANG BTU11 DAN BTU31. Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari catu daya (*power supply*) yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan *AC* (*Alternating Current*) menjadi tegangan *DC* (*Direct Current*). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara *forward bias*. Penyearah gelombang (*rectifier*) pada RSG-GAS masuk dalam system catu daya DC tak putus bagi catu daya Sistem Keselamatan Reaktor (RPS). Tiga (3) redundansi RPS masing-masing dicatu dengan tegangan DC ± 29 V. Pada makalah ini akan dievaluasi riak (*ripple*) tegangan pada *Rectifier* BTU11 dan BTU31, dimana gelombang *ripple* ini adalah suatu gelombang AC pada output *rectifier* yang menyertai gelombang DC. Sejak awal dioperasikan pada tahun1987 sampai saat ini, belum dilakukan pengukuran ulang untuk nilai *ripple* tegangan, untuk itu dilakukan pengukuran *ripple* tegangan pada *rectifier* redundansi 1 (BTU11) dan redundansi 3 (BTU31). Diperoleh hasil V_r = 353,55 mV pada BTU11 dan V_r = 360 mV pada BTU31 dan dari spesifikasi modul *rectifier* D 380 G 26, *ripple* tegangan (V_r) dibatasi maksimum 2% dari 29 V, yaitu 0,58 V = 580 mV tanpa batere, sehingga *ripple* pada BTU11 dan BTU31 masih di bawah nilai spesifikasinya

Kata kunci : *Ripple, rectifier*, system keselamatan reaktor

ABSTRACT

EVALUATION OF RIPPLE VOLTAGE ON THE RECTIFIER BTU11 AND BTU31. *Rectifier is a part of the power supply which is function to change the signal AC voltage (Alternating Current) into a DC voltage (Direct Current). The main components of rectifier is diode to forward biased configured. Rectifier in the RSG-GAS belonging to the no-break DC supply for Reactor Protection System (RPS). Each of three (3) redundancy RPS fed with a DC voltage of ± 29 V. In this paper will be evaluated ripple voltage at Rectifier BTU11 and BTU31, in which the ripple wave are AC waveform that accompanies the onset of wave DC. BTU11 and BTU 31 has been operated since 1987 until now, and have not repeated measurements for voltage ripple values. The measurement of the voltage ripple has been done on rectifier redundancy 1 (BTU11) and redundancy 3 (BTU31). The results obtained Vr = 353,55 mV at BTU11 and Vr = 360 mV at BTU31 and from rectifier module specification D 380 G 26, ripple voltage (Vr) is a maximum of 2% of 29 V or 0,58 V = 580 mV without batteries, so that ripple on BTU11 and BTU31 still below the value of the specification.*

Key words : Ripple, rectifier, reactor protection system

PENDAHULUAN

Arus searah atau *Direct Current (DC)* adalah jenis arus yang arahnya *uni directional* terhadap muatan listrik. Arus DC diproduksi oleh baterai, termokopel, sel surya dan Mesin listrik DC. Arus DC dapat mengalir melalui konduktor seperti kawat, tapi juga dapat mengalir melalui semikonduktor, isolator, atau bahkan melalui ruang hampa seperti dalam elektron atau beam ion. Arus listrik mengalir dalam arah yang konstan.

Catu tegangan di RSG GA. Siwabessy terbagi menjadi 2 (dua), yaitu catu tegangan bolak balik (AC) dan catu tegangan searah (DC). Pembangkit arus DC pada RSG GA. Siwabessy menggunakan *positive rectifier* yang terdiri dari 3 pembangkit, yaitu BTU11, BTU21, dan BTU31, sedangkan *negative rectifier* adalah BTU12, BTU22, dan BTU32. *Rectifier* dilengkapi dengan fasilitas monitoring dan pengaman, yang terdiri dari catu tegangan 380/220 V (50 Hz), thyristors, tegangan DC, keluaran arus DC, rangkaian batere, dan *fuses*. Rangkaian batere, masing-masing terdiri dari 13 buah batere untuk keluaran catu daya positif dan catu daya negatif.

Catu daya AC melalui sisi sekunder transformator akan menjadi masukan bagi *rectifier* 3

phasa gelombang penuh (*three-phase full-wave*) yang akan merubah gelombang AC menjadi DC. Agar gelombang tegangan menjadi gelombang DC yang lebih linier/rata maka dilengkapi dengan filter L-C. Filter L-C digunakan untuk mengurangi riak (*ripple*). Gelombang *ripple* timbul sebagai akibat tidak sempurnanya keluaran *rectifier*, sehingga bentuk gelombang yang seharusnya linier/searah masih mengikutkan bentuk gelombang AC.

Rectifier BTU11 dan BTU31 pada RSG GA. Siwabessy merupakan dua dari 3 redundansi yang digunakan sebagai catu tegangan DC 29 Volt. Salah satu kriteria masih berfungsi dengan baik *rectifier* ini adalah nilai tegangan *ripple* tidak melebihi 2% dari nilai output *rectifier* tanpa batere.

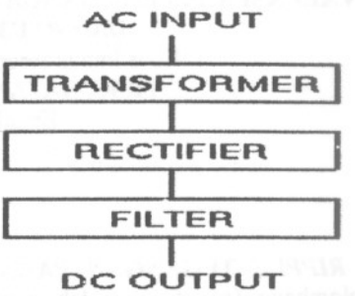
Spesifikasi Rectifier BTU11 dan BTU31 adalah sama serta tegangan ripplenya dibatasi 2% dari nilai tegangan output *rectifier* 29 V. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui tegangan *ripple*, dimana nilai tegangan *ripple* tidak boleh melebihi 0,58 V = 580 mV agar beban-beban DC pada keselamatan reaktor tidak mengalami kerusakan sebagai akibat tingginya gelombang *ripple* yang timbul.

Pengukuran tegangan *ripple* dilakukan setelah terlebih dahulu batere sebagai catu daya DC dilepas dan titik pengukuran adalah output *rectifier*. Alat ukur yang digunakan adalah *Handheld Digital Oscilloscope SHS1062.*

TEORI

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Terdapat beberapa jenis rangkaian penyearah, yang masing-masing jenis memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap bentuk tegangan DC yang keluar. Perbandingan antara tegangan DC yang keluar terhadap tegangan AC yang ikut serta pada hasil *output*-nya, dinamakan faktor *ripple* (riak)[1]. Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara *forward bias*. Dalam sebuah catu daya tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut diubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu diturunkan menggunakan transformator penurun tegangan (*step-down*).

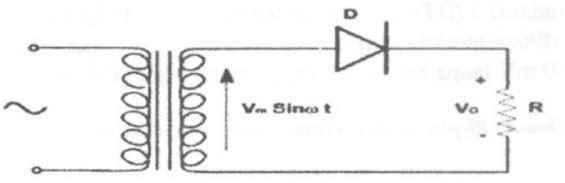
Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu catu daya yaitu, penurun tegangan (*transformer*), penyearah gelombang/*rectifier (diode)* dan *filter* (kapasitor) yang digambarkan dalam blok diagram berikut.



Cambar 1. Bagian Utama Penyearah Gelombang

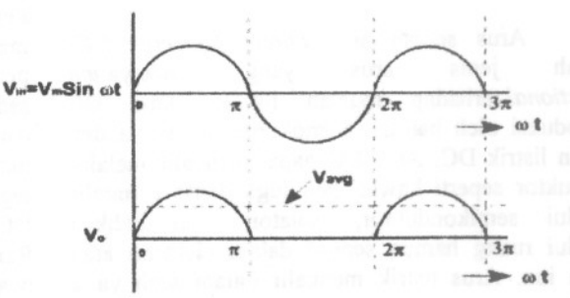
Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

Penyearah Setengah Gelombang *(Half Wave rectifier)*



Gambar 2. Penyearah setengah gelombang

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifer*) hanya menggunakan 1 buah diode sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC (lihat Gambar 2). Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi *reverse bias*, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sinyal keluaran penyearah setengah gelombang

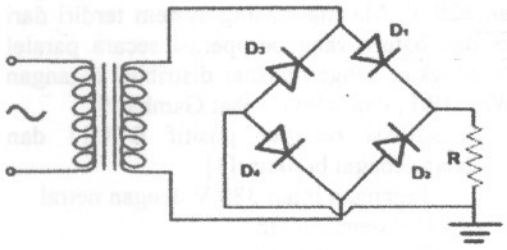
ISBN 976-602-6423-00-9

Formulasi yang digunakan pada penyearah setengah gelombang seperti terlihat pada persamaan (1).

$$Vavg = \frac{Vm}{\pi R}$$

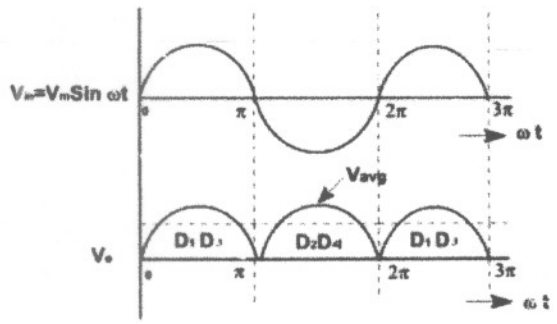
Penyearah Gelombang Penuh (Full wave Rectifier)

Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 diode dan 2 diode. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 diode menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut :



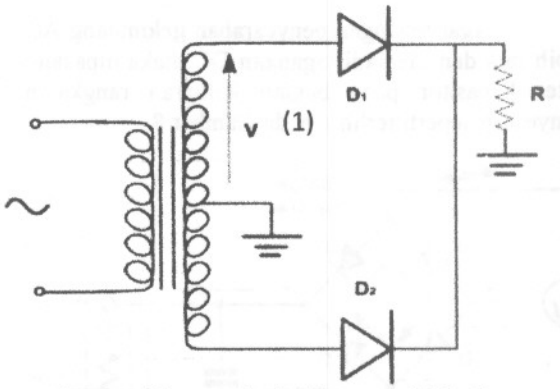
Gambar 4. Penyearah gelombang penuh 4 diode

Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 diode seperti pada Gambar. 4 dimulai pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di leawatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingan level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Sinyal keluaran dapat dilihat pada Gambar 5.



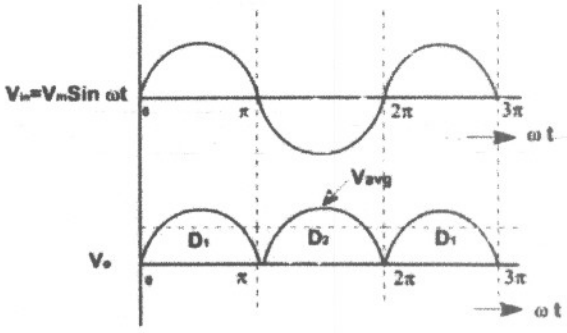
Gambar 5. Sinyal keluaran penyearah gelombang penuh 4 dioda

Penyearah gelombang dengan 2 diode menggunakan tranformator dengan CT (Center Tap). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 diode dapat dilihat pada Gambar 6 :



Gambar 6. Penyearah gelombang penuh 2 dioda

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada Gambar 6 dapat memberikan output tegangan AC pada kedua terminal output sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180°. Pada saat terminal output transformator pada D1 memberikan sinyal puncak positif maka terminal output pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi forward dan D2 pada posisi *reverse*. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal output transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal output pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi reverse dan D2 pada posisi *forward*. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2 (lihat Gambar 7).



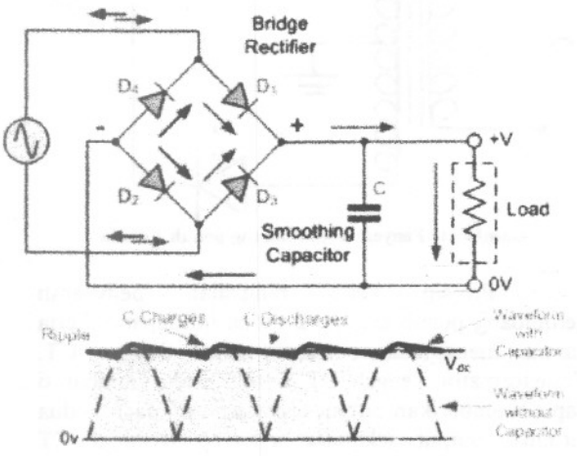
Gambar 7. Sinyal keluaran penyearah gelombang penuh 2 dioda

Formulasi pada penyearah gelombang penuh seperti terlihat pada persamaan (2).

$$Vavg = \frac{2Vm}{\pi}$$

Penyearah Dilengkapi Filter Kapasitor

Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian keluaran rangkaian penyearah seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penyearah gelombang penuh 4 diode dengan kapasitor

Fungsi kapasitor pada Gambar 8 adalah untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang kapasitor filter maka keluaran dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC yang dapat diformulasikan seperti persamaan (3) :

$$Vdc = \frac{2Vmax}{\pi}$$

Untuk nilai riple tegangan dapat dirumuskan seperti persamaan (4) :

$$V_{Riple} = \frac{I_{Load}}{fC}$$

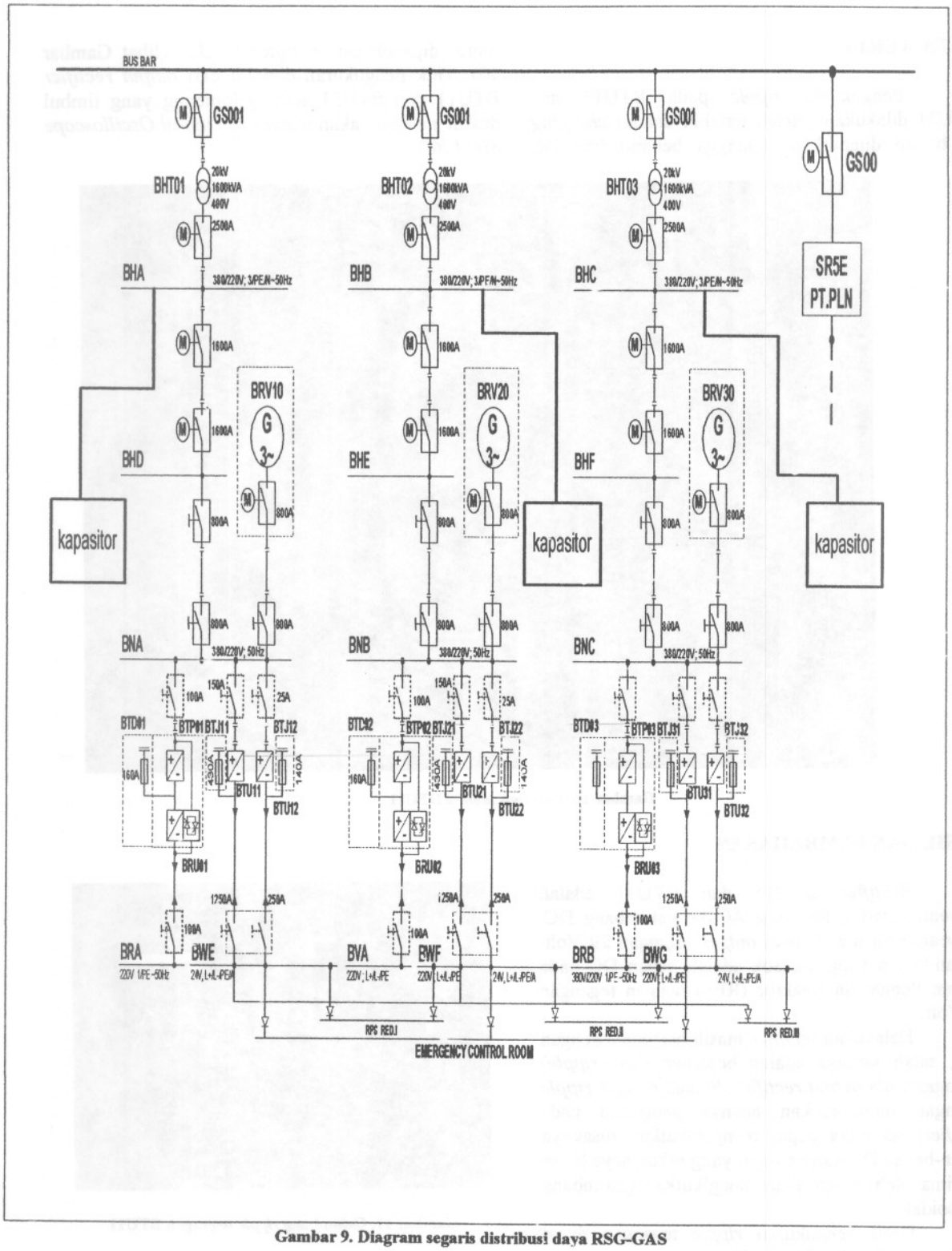
Sistem Pembangkit DC ± 29 V RSG GA Siwabessy

Catu daya tak putus bagi system keselamatan reactor dan Instrumentasi dan Kontrol yang terkait dengan system keselamatan di disain 3 redundansi, masing-masing mempunyai tegangan keluaran ±29 V. Masing-masing system terdiri dari *rectifier* dan batere yang beroperasi secara paralel dan dihubungkan dengan busbar distribusi tegangan DC BWE, BWF, dan BWG. Lihat Gambar 9.

Spesifikasi *rectifier* positif BTU11 dan BTU31 adalah sebagai berikut :[1]

- Tegangan input 380 V dengan netral
- Frekuensi 50 Hz
- Daya input 58 kVA
- Konsumsi arus 86 A
- Arus DC nominal 1250 A ± 2%
- Tegangan *ripple* (V_{rms}) maksimum 2% dari 29 V tanpa batere
- *Range* temperature lingkungan -5 ^{0}C s.d +40 ^{0}C

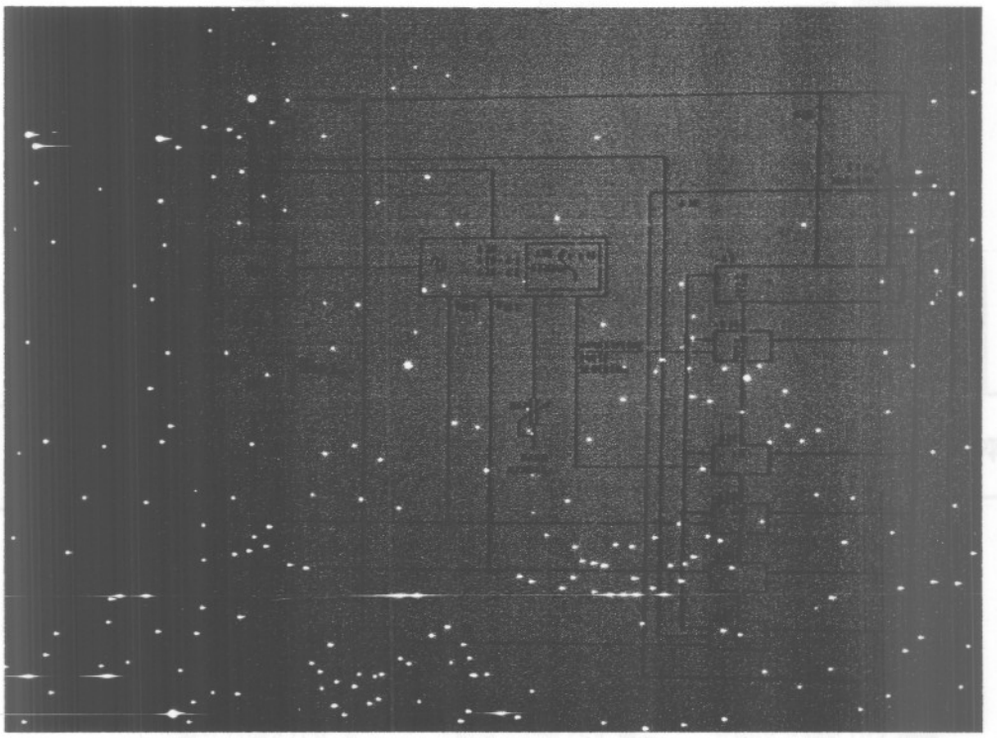
ISBN 976-602-6423-00-9



Gambar 9. Diagram segaris distribusi daya RSG-GAS

TATA KERJA

Pengukuran *ripple* pada BTU11 dan BTU31 dilakukan setelah terlebih dahulu *charging* ke batere dilepaskan, sehingga beban-beban DC murni dipasok dari *rectifier* BTU11 (lihat Gambar 10). Titik pengukuran diambil dari *output rectifier* BTU11 dan BTU31 serta gelombang yang timbul diukur menggunakan *Handheld Digital Oscilloscope SHS1062.*



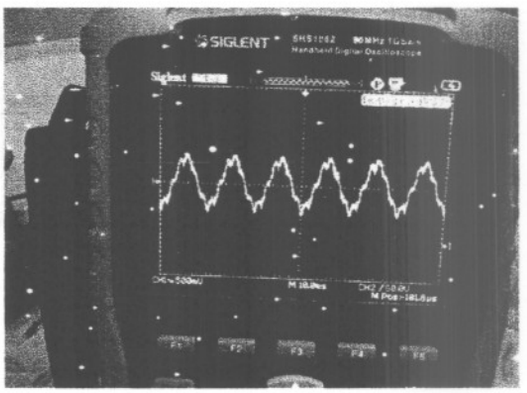
Gambar 10. Diagram segaris BTU11

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rectifier BTU11 dan BTU31 adalah penyearah dari gelombang AC ke gelombang DC. Penyearah ini mempunyai *output* tegangan 29 Volt. Beban-beban yang dipasok adalah beban DC pada Sistem Pengaman Reaktor (RPS) dengan tegangan 24 Volt.

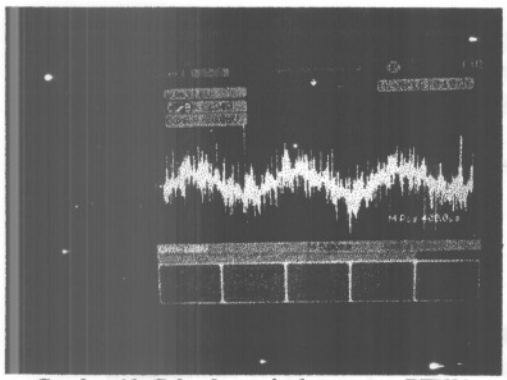
Kelayakan *rectifier* masih berfungsi dengan baik, salah satunya adalah besarnya riak (*ripple*) tegangan pada *output rectifier*. Semakin besar *ripple* tegangan menunjukkan adanya gangguan pada *rectifier*, sehingga dapat mengakibatkan rusaknya beban-beban DC karena input yang seharusnya linier diterima oleh beban akan mengikutkan gelombang sinusoidal.

Hasil pengukuran *ripple* tegangan dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Gelombang *ripple* tegangan BTU11

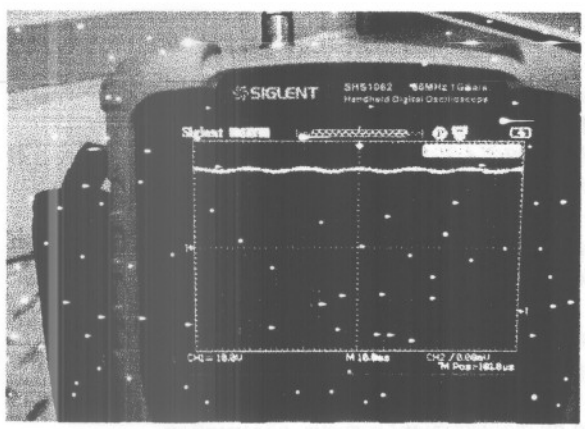
ISBN 976-602-6423-00-9



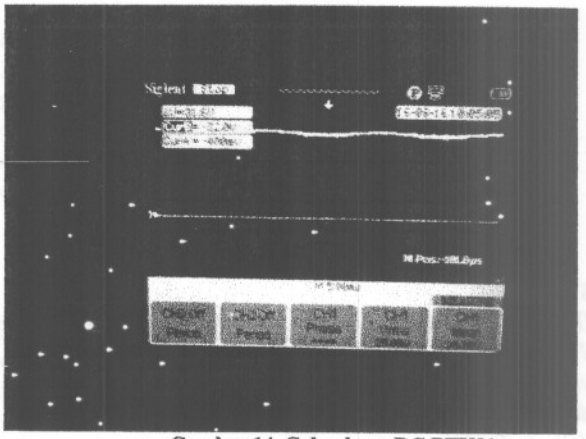
Gambar 12. Gelombang *ripple* tegangan BTU31

Pada Gb. 11 menunjukkan timbulnya gelombang tegangan *ripple* AC saat pengukuran *output rectifier* dengan beban DC. Dengan posisi pada channel 1, yaitu 500 mV/div, gelombang yang timbul adalah V_{pp} = 1000 mV, sehingga V_r dapat dihitung : $V_p/\sqrt{2} = 500/\sqrt{2} = 353{,}55$ mV, sedangkan pada Gb. 12 adalah hasil pengukuran tegangan *ripple* BTU31, dimana setting pada *channel* 1 adalah 1 Volt/div, dan gelombang yang timbul mempunyai V_{pp} = 2 Volt, *ripple* tegangannya adalah 360 mVolt.

Pada pengukuran gelombang DC, bentuk gelombang tidak linier sempurna dikarenakan adanya gelombang *ripple* seperti di atas. Lihat Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Gelombang DC BTU11



Gambar 14. Gelombang DC BTU31

Pada Gambar 13 nilai tegangan terbaca 29 Volt, dimana channel 1 adalah 10 V/div, sedangkan pada Gambar 14 terbaca 28,80 Volt. Sehingga dari spesifikasi bahwa output *rectifier* 29 Volt masih memenuhi syarat.

Spesifikasi *rectifier* dipersyaratkan bahwa tegangan *ripple* adalah maksimum 2% dari 29 Volt tanpa batere, yaitu tegangan *ripple* tidak boleh lebih besar dari 0,58 Volt = 580 mV. BTU11 dengan tegangan *ripple* 353,55 mVolt dan BTU31 adalah 360 mVolt, masih di bawah tegangan *ripple* maksimum yang dipersyaratkan, sehingga ke dua *rectifier* tersebut masih layak untuk dipergunakan.

KESIMPULAN

Tegangan *ripple* yang timbul pada BTU11 adalah 353,55 mVolt dan BTU31 adalah 360 mVolt, dimana nilai-nilai tersebut masih di bawah dari spesifikasi yang dipersyaratkan, yaitu maksimum 2% dari 29 Volt = 0,58 V atau 580 mVolt. Dengan demikian BTU11 dan BTU31 masih layak digunakan sebagai penyearah gelombang AC pada beban-beban DC di Sistem Pengaman Reaktor serta tidak menimbulkan gangguan pada System Pengaman Reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

[1] System Description, DC-Generating System ± 26 V, BTU, MPR30

[2] Zuhal, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.