

## KAJIAN PERBAIKAN MUTU DAYA LISTRIK RSG-GAS

Yan Bony Marsahala

### ABSTRAK

**KAJIAN PERBAIKAN MUTU DAYA LISTRIK RSG-GAS.** Kajian perbaikan mutu daya listrik dimaksud dalam tulisan ini merupakan pembahasan karakteristik listrik yang difokuskan pada bentuk gelombang tegangan yang fluktuatif akibat dari pengaruh sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung pada instalasi nuklir RSG-GAS. Dalam keadaan normal (tidak ada gangguan sambaran petir) dilakukan pengukuran bentuk gelombang tegangan pada busbar BHA dengan menggunakan power line monitor. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa bentuk gelombang tegangan berbentuk gelombang sinus. Peralatan tersebut di atas kemudian dipasang secara kontinu untuk menangkap karakteristik bentuk gelombang tegangan pada saat terjadi sambaran petir. Pengaruh sambaran petir pada jaringan listrik dapat dilihat dari rekaman alat tersebut yang menunjukkan bahwa bentuk gelombang tegangan mengalami perubahan. Untuk memperbaiki bentuk gelombang tegangan maka selanjutnya digunakan *lightning arrester*, dan *over voltage arrester* yang ditempatkan pada busbar BHA02. Alat tersebut diharapkan dapat memperbaiki bentuk gelombang tegangan yang rusak kembali ke bentuk normal.

Kata kunci: mutu daya

### ABSTRACT

#### **STUDY FOR ELECTRIC POWER IMPROVEMENT OF RSG-GAS.**

Study for electric power improvement means that discussion for characteristics of electricity focused at the fluctuation of voltage waveforms caused by influence of lightning attack both directly or indirectly to RAG-GAS nuclear installation. The measuring BHA bus bar voltage waveform by used power line monitor will be done at normal conditions (there's no lightning attacks). The measuring result shows that the voltage waveform is sinusoidal. The measuring devices as describe above will be installs for continuous measuring to get voltage waveform in the case of lightning attack occurs. The influence of lightning attack into power line can be read from that device recording which show that the voltage waveform have changed. In order to recovery the voltage waveform can be done by used the lightning arrester, and over voltage arrester that installed at bus bar BHA-02. That device will be hoped could overcome the damage of waveform to normal condition.

Keyword: power quality

## I. PENDAHULUAN

Mutu daya listrik pada dasarnya tergantung atas tiga hal utama yaitu kesinambungan pasokan arus, bentuk gelombang tegangan/arus, dan faktor daya ( $\cos \phi$ ). Dari ketiga faktor di atas, faktor bentuk gelombang tegangan/arus menjadi perhatian serius karena faktor ini dapat mempengaruhi karakteristik peralatan listrik secara signifikan. Distorsi bentuk gelombang disebabkan oleh proses pensakelaran (*switching*), dan tegangan induksi petir.

Petir merupakan kejadian alam yang selalu melepaskan muatan listriknya ke bumi tanpa dapat dikendalikan dan menyebabkan kerugian harta benda dan bahkan terkadang memakan korban manusia. Tidak ada yang dapat merubah situasi ini dan setiap tahun kerusakan karena petir semakin bertambah. Demikian juga halnya di instalasi listrik RSG-GAS. Kemungkinan akan timbulnya kerusakan sebagai akibat sambaran petir tetap terbuka.

Sambaran petir menyebabkan tegangan lebih, tegangan lebih ini akan menyebabkan amplitudo gelombang tegangan melebihi puncak tegangan bolak-balik yang normal. Amplitudo ini bisa mencapai 1 juta volt, dan arus yang mengalir kadang-kadang melebihi 100.000 Amper. Setiap sambaran selalu diikuti oleh merambatnya gelombang tegangan yang berjalan. Dimana amplitudonya dibatasi oleh isolasi kabel. Bila tegangan ini melebihi tegangan ketahanan sistem maka akan terjadi suatu kegagalan dari salah satu isolasinya.

Dengan menggunakan perlindungan yang sesuai, maka kerusakan yang terjadi akibat sambaran petir ini dapat dihindari atau dibatasi. Penggunaan penangkal petir sudah sangat umum dikenal sejak dulu kala untuk melindungi bangunan atau instalasi terhadap sambaran petir. Bagaimanapun alat pelindung tradisional ini tetap dapat digunakan sebagai perlindungan terhadap bahaya kebakaran atau kehancuran. Namun seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat hingga kini, maka pelepasan muatan petir dapat merusak jaringan listrik dan peralatan elektronika yang sensitif khususnya bidang elektronika komputer dengan produk-produk yang sangat peka terhadap perubahan medan elektromagnetik.

Sambaran petir pada tempat yang jauhnya 1 km (radius 1 km) sudah mampu merusak sistem elektronika dan peralatannya, seperti instalasi komputer, perangkat telekomunikasi, sistem kontrol dan instrumentasi, serta peralatan elektronika sensitif lainnya. Untuk mencegah terjadinya hal-hal disebutkan diatas, maka perlindungan yang sesuai harus diberikan dan dipasang pada peralatan atau instalasi terhadap bahaya sambaran petir langsung maupun induksinya.

### **Latar belakang masalah**

Sejak reaktor serbaguna dioperasikan pada tahun 1987 yang lalu, beberapa kejadian penting yang terjadi pada sistem listrik dianggap perlu mendapat perhatian. Kejadian-kejadian tersebut antara lain adalah:

- 1) Satu dari tiga trafo daya redundan, yaitu BHT03 terbakar;
- 2) Satu dari tiga busbar utama redundan, yaitu BHA terbakar;
- 3) Satu dari tiga motor listrik redundan penggerak pompa sekunder, yaitu AP03 terbakar;
- 4) Panel KWH Meter milik PLN, terbakar;
- 5) Satu dari tiga sistem dc, terbakar;
- 6) Panel telekomunikasi, terbakar;
- 7) Dan lain-lain.

mengingat peristiwa yang disebutkan di atas, ternyata sudah cukup banyak kasus yang menimpa sistem listrik (instalasi dan peralatan) yang mengalami gangguan serius. Faktor penyebab gangguan dimaksud belum diketahui pasti. Namun dampak yang diakibatkannya cukup besar, baik sisi teknis maupun dari segi ekonomi.

Dari sisi teknis, kejadian tersebut merupakan hal yang wajar, mengingat bahwa daerah Serpong merupakan salah satu daerah dengan sambaran petir yang cukup padat, sehingga keberadaan reaktor nuklir RSG-GAS di daerah ini memiliki peluang yang besar terkena gangguan sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung pada gedung. Sehingga dapat diasumsikan bahwa kebakaran yang terjadi pada instalasi maupun peralatan listrik tersebut di atas kemungkinan besar diakibatkan oleh sambaran petir. Bilamana faktor penyebabnya adalah sambaran petir, maka kemungkinan yang

terjadi adalah masuknya tegangan induksi petir dengan bentuk gelombang impuls ke jaringan.

Tegangan induksi ini akan merambat masuk ke sistem dan merusak bentuk gelombang tegangan sinusoidal dari tegangan maupun arus. Dengan kata lain, bentuk gelombang tegangan maupun arus listrik RSG-GAS mengalami distorsi atau cacat gelombang. Gangguan tegangan yang mungkin terjadi dapat berupa fluktuasi tegangan dengan bentuk gelombang tegangan yang tidak stabil. Ketidakstabilan bentuk gelombang tegangan tersebut, apabila digunakan sebagai masukan untuk sistem-sistem dc (misalnya UPS, Sistem DC, dan Catu daya pada sistem telekomunikasi, instrumentasi, dan lain-lain) akan mempengaruhi juga bentuk gelombang tegangan dc yang dihasilkan oleh converter sehingga anomali bentuk gelombang tersebut akan merusak sistem yang dilayaninya.

Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mencegah kejadian tersebut tersebut adalah dengan pemasangan *lightning arrester*, dan *over voltage arrester* pada sisi masuk jaringan.

### **Mengenali Gangguan**

#### **a) Induksi Tegangan Petir**

Bentuk gelombang tegangan petir secara umum digambarkan seperti pada Gambar 1 di bawah ini. Pada dasarnya gelombang petir yang berbentuk gelombang impuls terdiri atas dua bagian utama, yaitu *crest voltage*, dan *tail*. *Crest voltage* adalah kepala gelombang yang memiliki amplitudo yang sangat besar dan hingga kini belum dapat diukur secara pasti. Namun sebagai gambaran ditentukan bahwa amplitudo *crest voltage* dapat mencapai jutaan volt, namun memiliki waktu rambat yang sangat singkat (dalam skala mikro detik). *Tail* adalah ekor gelombang dengan amplitudo yang lebih kecil dari amplitudo *crest*, namun ia memiliki waktu rambat yang sangat panjang.

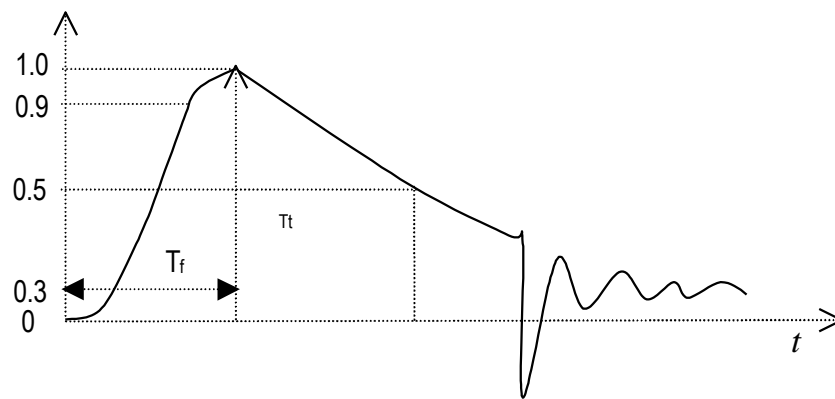
Kedua-duanya bagian gelombang petir tersebut sangat berbahaya bila merambat masuk pada jaringan, dan dapat merusak instalasi/sistem dengan skala dampak kerusakan yang berbeda-beda pula. Misalnya *crest voltage* dapat merusak isolasi kabel, sehingga mengakibatkan terjadinya kasus hubung singkat. Sementara ekor gelombang dapat mengakibatkan perubahan bentuk dasar gelombang sinusoidal dan

merambat masuk jaringan/sistem sehingga mempengaruhi operasional peralatan/sistem secara radikal. Berdasarkan literatur teknik listrik, petir yang menyambar bumi merupakan gelombang impuls dengan bentuk yang distandarisasi oleh IEC seperti berikut.

$$V = V_0 [e^{-at} - e^{-bt}] \text{ kVolt} \dots \dots \dots (1)$$

Dari persamaan gelombang petir di atas dapat dilihat bahwa gelombang ini adalah gelombang yang kenaikannya cepat dan penurunannya melandai.

Dalam standar IEC, gelombang ini dibagi menjadi bagian yang menaik atau bagian depan dan gelombang ekor yang waktunya ditentukan sampai tegangan 50% dari tegangan puncak gelombang. Dalam standar tersebut ditentukan bahwa waktu gelombang mencapai puncak  $T_f = 1,2 \mu\text{S} \pm 30\%$ , sedangkan waktu untuk mencapai gelombang ekor ditentukan  $T_t = 50 \mu\text{S} \pm 20\%$ . Cara menentukan waktu rambat tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



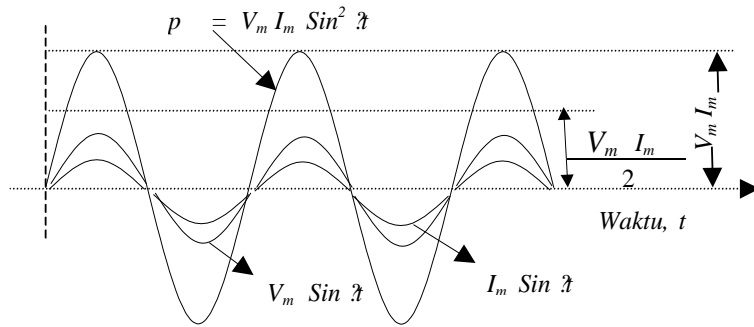
Gambar 1. Bentuk umum gelombang impuls petir

Sedangkan bentuk dasar gelombangh tegangan maupun gelombang arus adalah sinusoidal seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Dari gambaran tersebut diperoleh persamaan untuk gelombang tegangan, arus, daya sebagai berikut.

$$I = I_m \sin \omega t \dots \dots \dots (2)$$

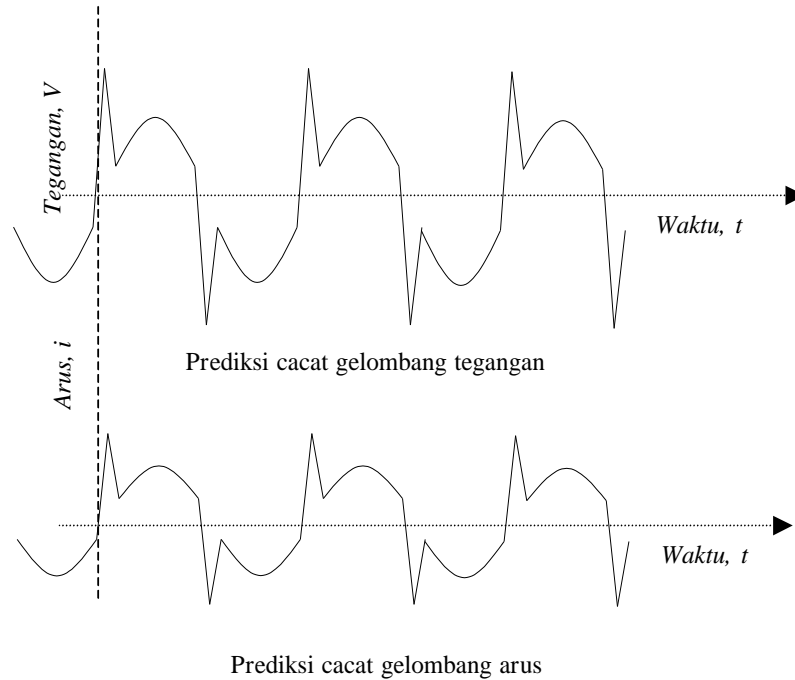
$$V = V_m \sin \omega t \dots \dots \dots (3)$$

$$P = V_m I_m \sin^2 \omega t \dots \dots \dots (4)$$



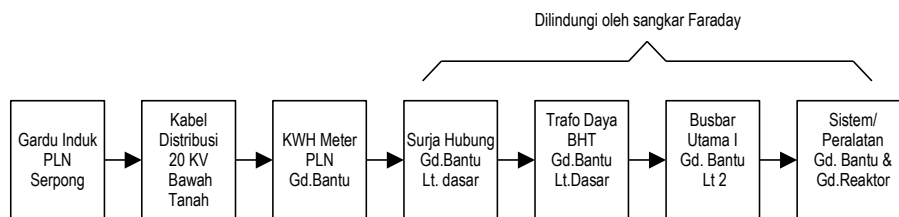
Gambar 2. Bentuk dasar gelombang tegangan dan arus

Bila bentuk dasar gelombang tegangan dan arus di atas dikenai distorsi oleh gelombang petir tersebut, maka gelombang dasar sinusoidal tersebut akan cacat dengan prediksi bentuk gelombang yang terganggu seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Prediksi distorsi bentuk gelombang tegangan/arus.

Proses perambatan tegangan petir pada dasarnya mengikuti aturan urutan aliran arus yang berlaku pada jaringan listrik. Proses aliran arus pada instalasi listrik RSG-GAS dapat dilihat seperti pada diagram balok Gambar 5.



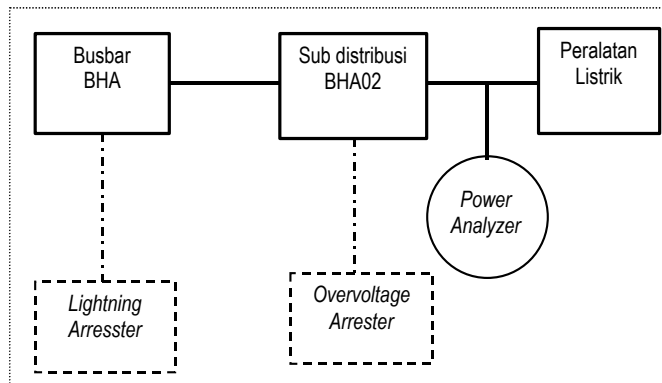
II. METODOLOGI Gambar 5. Diagram balok urutan aliran listrik ke RSG-GAS

Penelitian yang dimaksud dalam tulisan ini merupakan kajian yang memprediksi dampak sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung pada sistem, dan saran bagaimana mengeliminir dampak kerusakan yang ditimbulkannya. Tulisan ini hanya membahas masalah teknis, tanpa mengikutsertakan analisis biaya.

Secara teknis, pengamatan untuk memprediksi dampak sambaran petir dimaksud dapat dilakukan dengan tahapan pelaksanaan berikut, yaitu:

- 1) Pemilihan lokasi pengamatan;
- 2) Pemasangan power line monitor mengikuti skematik diagram pada Gambar 6.;
- 3) Pengumpulan data;
- 4) Analisis data;
- 5) Pengujian/pengamatan bentuk gelombang tegangan impuls yang timbul.

Memperbaiki mutu daya listrik RSG-GAS ditentukan dengan cara menetapkan bentuk gelombang standard minimal yang dapat dicapai pada saat terjadinya sambaran petir.



Gambar 6. Diagram balok pengamatan bentuk gelombang arus dan tegangan



## **II.1. Ruang Lingkup**

Pelaksanaan pengamatan bentuk gelombang dimaksud dapat dilakukan pada ruang lingkup berikut:

- 1) Diagram satu garis sistem listrik RSG-GAS;
- 2) Bentuk gelombang tegangan pada saat normal;
- 3) Bentuk gelombang tegangan pada saat terjadi gangguan;
- 4) Menentukan titik-titik pengamatan /pemasangan alat;
- 5) Pengamatan bentuk gelombang tegangan setelah pemasangan alat.

## **II.2. Rancangan dan Metode**

- 1) Mengukur bentuk gelombang tegangan jaringan dan sistem dc;
- 2) Mengumpulkan data pengukuran;
- 3) Mengumpulkan data pengujian yang dilakukan di laboratorium;
- 4) Mengumpulkan data alat pengujian;
- 5) Mengumpulkan data cara pengukuran;
- 6) Menganalisis data;
- 7) Mengevaluasi hasil pengujian dan perhitungan yang terkait dengan kegiatan pemasangan alat;
- 8) Mengevaluasi dan membandingkan bentuk tegangan sebelum dan sesudah pemasangan alat;
- 9) Membuat laporan/kajian.

## **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Diagram jaringan sistem listrik RSG-GAS yang digunakan untuk keperluan penelitian dapat dilihat seperti pada Gambar 8. Dari diagram jaringan dimaksud ditentukan secara random titik-titik pengukuran tegangan pada Train A di busbar BHA.

Pemasangan alat pemantau/pengukuran ditempatkan pada busbar BHA02. Alat proteksi yang disarankan adalah:

- a) Lightning Arrester;
- b) Lightning Counter, dan

c) Overvoltage Arrester.

Durasi pengamatan dapat dilakukan dalam selang waktu 7 (tujuh) hari secara terus menerus, dan diharapkan dalam jangka waktu tersebut terjadi sambaran petir. Bila tidak, waktu pengamatan dapat diperpanjang. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal, sehingga pengamatan bentuk gelombang tegangan yang terjadi pada jaringan sebagai akibat sambaran petir tersebut di atas diharapkan dapat diwujudkan.

Untuk bahan analisis, selanjutnya hasil pengamatan bentuk gelombang dapat ditampilkan seperti contoh pada Tabel 1 di bawah ini.

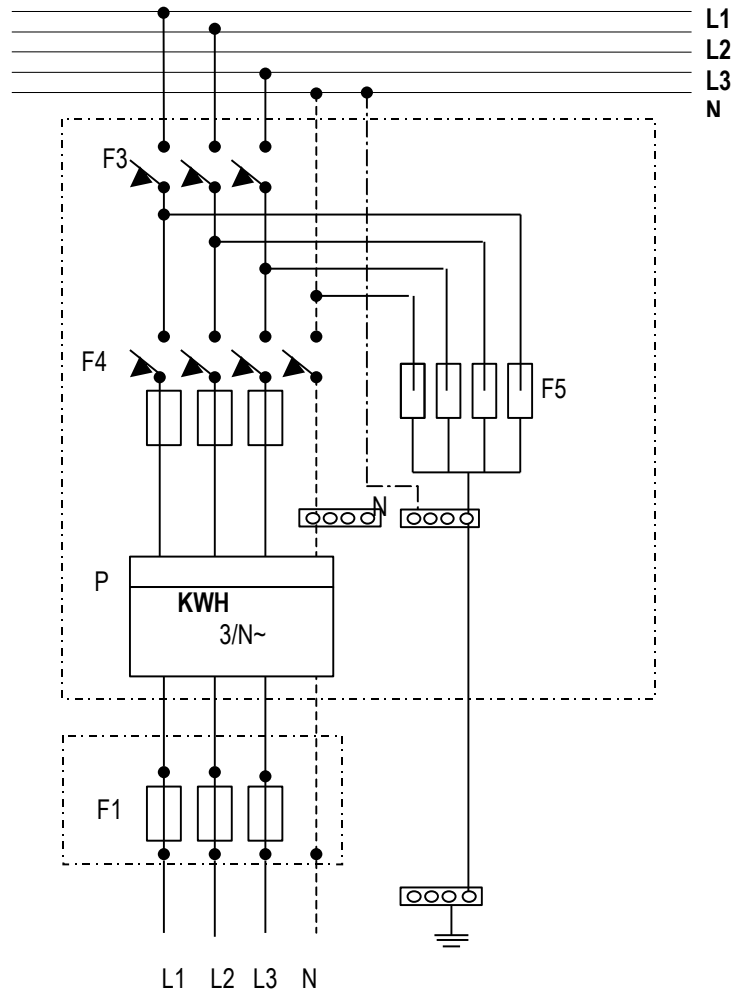
Tabel 1. Pengamatan bentuk gelombang tegangan dan arus.

No.	Lokasi Pengamatan	Titik Pengamatan	Waktu Pengamatan	Pengamatan bentuk gelombang		Keterangan
				Sinusoidal	Distorsi	
1	Panel Swichtgear	Sisi kirim ke trafo BHT01	07-01- 05	x		
2	Trafo daya BHT	Sisi kirim ke BHA	07-01- 05		x	
3	Busbar Utama I	Sisi kirim ke BHD	07-01- 05	x		
4	Busbar Utama II	Sisi kirim ke BNA	07-01- 05	x		
5	Busbar Darurat	Sisi kirim ke UPS	07-01- 05		x	
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	...dst...	...dst...	...dst...	...dst...	...dst...	...dst...

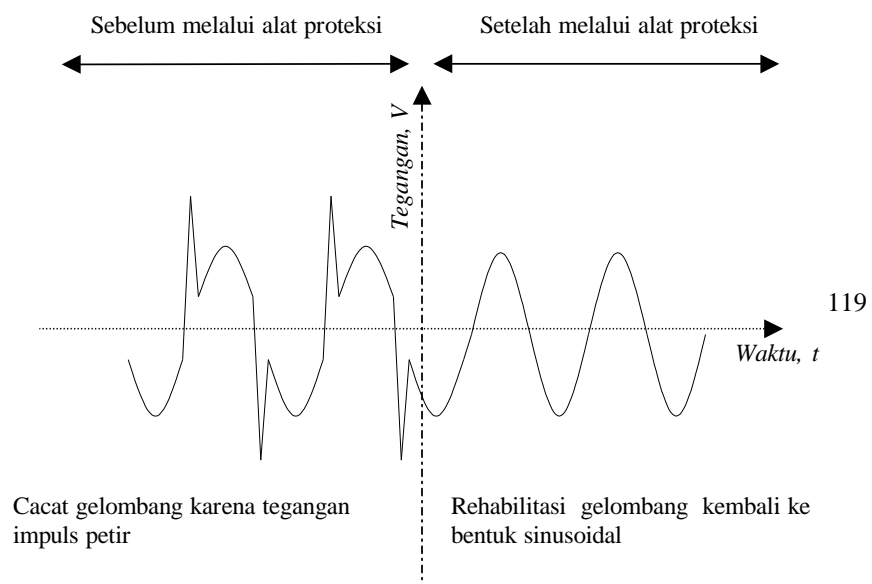
**Alat Proteksi**

Untuk mencegah hal-hal buruk yang mungkin terjadi akibat sambaran petir, dapat dihindari dengan pemasangan lightning arrester. Alat ini dalam keadaan normal bersifat sebagai isolator, dan pada saat gangguan dengan sangat cepat akan merespon dengan segera berubah sifat menjadi konduktor dan selanjutnya akan meneruskan gelombang tegangan petir yang masuk langsung ke bumi. Usulan pemasangan alat proteksi berupa *over voltage* seperti Gambar 7. Dan setelah pemasangan alat tersebut,

diharapkan bahwa gangguan berupa distorsi bentuk gelombang dapat direhabilitasi seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Diagram rangkain pemasangan instalasi *overvoltage arrester*



Gambar 8. Bentuk gelombang tegangan sebelum dan sesudah melewati alat proteksi

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang dilakukan, diasumsikan bahwa pemasangan alat proteksi gelombang telah dilaksanakan. Sehingga bentuk gelombang tegangan Busbar BHA pada saat terjadi sambaran petir mengalami perubahan amplitudo. Perubahan bentuk gelombang tegangan tersebut setelah melalui *overvoltage arrester* dan *lightning arrester* menunjukkan bentuk gelombang tegangan sinusoidal. Tegangan lebih yang muncul pada sistem akibat dari induksi tegangan petir, dapat diredam oleh peralatan dengan cara melalukannya ke bumi melalui sistem pentanahan. Dengan demikian perambatan tegangan lebih tersebut dapat dicegah memasuki peralatan listrik.

Untuk memperoleh hasil nyata disarankan untuk mengkaji lebih luas lagi, apabila pemasangan alat dimaksud di atas akan dilakukan. Diperlukan perhitungan besar amplitudo tegangan maksimal yang mungkin terjadi.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Yan Bony Marsahala, "Tinjauan Sistem Kelistrikan RSG-GAS", Laporan Teknis, TRR/BSR/012/1999, P2TRR-BATAN;
- 2) Syamsir Abduh, "Teknik Tegangan Tinggi", Penerbit Salemba Teknika, Jakarta 2001; dan

- 3) Yan Bony Marsahala, “Pengkajian Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan RSG-GAS”, Prosiding Seminar Hasil Penelitian PRSG Tahun 1998/1999, ISSN 0854-5278, BATAN, Serpong 4-5 Mei 1999.