



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RUGI DAYA AKIBAT PELUAHAN PARSIAL PADA  
BELITAN STATOR GENERATOR**

**SKRIPSI**

**TRIADI SUSETYO**

**04 05 03 0788**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RUGI DAYA AKIBAT PELUAHAN PARSIAL PADA  
BELITAN STATOR GENERATOR**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk melengkapi  
sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik  
(ST)**

**TRIADI SUSETYO  
04 05 03 0788**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Triadi Susetyo

NPM : 0405030788

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Triadi Susetyo  
NPM : 0405030788  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Rugi Daya Akibat Peluahan Parsial Pada Belitan Stator Generator

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. I Made Ardita MT. ( ..... )  
Penguji : Ir. Agus R. Utomo MT. ( ..... )  
Penguji : Dr-Ing. Eko Adhi Setiawan ST. MT ( ..... )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. I Made Ardita Y, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, dan diskusi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan bantuan doa, moril, maupun materiil;
3. Sahabat-sahabat dekat atas dukungan moril yang telah diberikan;
4. Rekan-rekan di Departemen Teknik Elektro angkatan 2005 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triadi Susetyo  
NPM : 0405030788  
Program Studi: Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Rugi Daya Akibat Peluahan Parsial Pada Belitan Stator Generator**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan

(Triadi Susetyo)

## ABSTRAK

Nama : Triadi Susetyo  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisis Rugi Daya Akibat Peluahan Parsial Pada Belitan Stator Generator

Generator merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pembangkit tenaga listrik. Oleh karena itu, kondisi generator harus selalu dalam keadaan terbaik. Kerusakan yang terjadi pada isolasi belitan stator generator merupakan hal yang paling dominan sebagai penyebab kerusakan pada generator. Adanya *void* pada belitan stator generator menyebabkan adanya aktifitas peluahan parsial. Aktifitas peluahan parsial dapat menyebabkan kegagalan operasi pada generator.

Aktifitas peluahan parsial pada belitan stator generator dapat menyebabkan rugi daya pada generator. Rugi daya terjadi karena adanya pelepasan muatan listrik dalam kurun waktu tertentu selama terjadinya aktifitas peluahan parsial. Dengan menggunakan perhitungan rumus maka nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial dapat diketahui dan dianalisis untuk mengetahui kondisi generator.

Pengukuran peluahan parsial dilakukan dengan menggunakan alat diagnostik *PD Tech Power Engineering AG* dan software *MICAMAXX@PDplus*. Objek studi adalah pada GT 1.2 PLTGU UBP Priok. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan, terjadi peluahan parsial di setiap fasa dengan jenis peluahan parsial yang terjadi adalah peluahan parsial pada bagian dalam isolasi akibat adanya *void* pada bagian dalam isolasi stator.

Kata kunci:

Peluahan parsial, *Void*, Belitan stator, Generator, Rugi daya

## ABSTRACT

Name : Triadi Susetyo  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Analysis of Power Loss Due to Partial Discharge in Stator  
Windings Generator

The Generator is one of the major components in power generation system. Therefore, the generator have to always be in the best circumstances. The damage to the generator stator winding insulation is the most dominant as a cause of damage to the generator. The existence of voids in the generator stator winding cause partial discharge activity. Partial discharge activity can cause failure in the generator operation.

Partial discharge activity in the generator stator winding can cause power losses in the generator. Power losses due to electrical discharge within a certain time during the occurrence of partial discharge activity. By using the calculation formula, the value of power losses that occur due to partial discharge and prediction of effective age of the generator can be known and analyzed.

Partial discharge measurement performed using diagnostic tools PD Tech Power Engineering AG and software MICAMAXX@PDplus. The object of study is on the GT 1.2 UBP Priok Combine Cycle Power Plant. Based on the results of measurements and observations, there was a partial discharge in each phase with the type of partial discharge is happening is internal solid insulation discharge due to the voids in the stator insulation.

Key words:

Partial discharge, Void, Stator winding, Generator, Power loss

## DAFTAR ISI

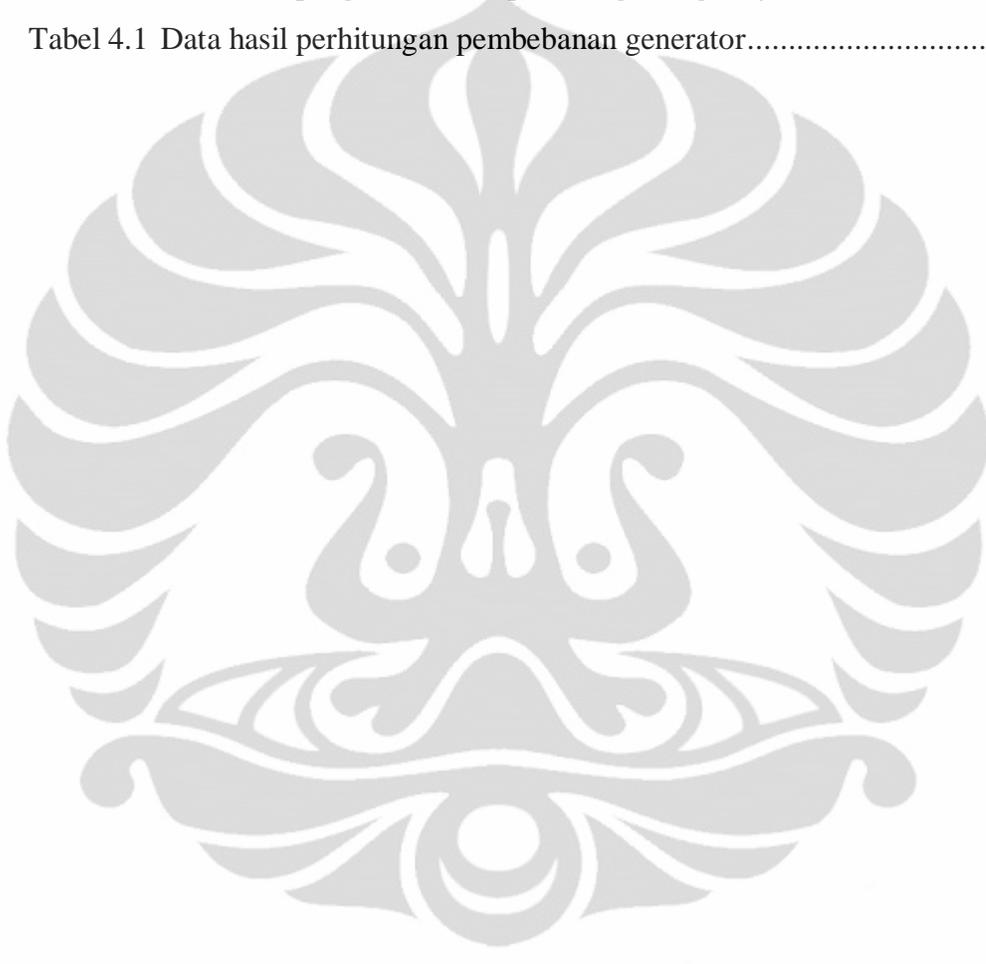
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TEORI PELUAHAN PARSIAL PADA STATOR GENERATOR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Stator Generator .....	4
2.2 Peluahan Parsial Pada Stator Generator .....	6
<b>BAB III PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN RUGI DAYA     AKIBAT PELUAHAN PARSIAL .....</b>	<b>10</b>
3.1 Sistem Pengukuran Aktual Pada Generator.....	10
3.2 Rangkaian Pengukuran Peluahan Parsial Secara Aktual.....	11
3.3 Interpretasi Grafik Pengukuran Peluahan Parsial .....	15
3.4 Data Kuantitatif Pengukuran Peluahan Parsial .....	16
3.5 Perhitungan Rugi Daya Akibat Peluahan Parsial.....	18
3.6 Objek Studi dan Hasil Perhitungan Rugi Daya Peluahan Parsial .....	18
<b>BAB IV ANALISIS PENGUKURAN PELUAHAN PARSIAL     DAN PENGARUH BEBAN TERHADAP RUGI DAYA.....</b>	<b>21</b>
4.1 Analisis Grafik Pola Peluahan Parsial.....	21
4.2 Analisis Distribusi Tinggi Pulsa Peluahan Parsial .....	23
4.3 Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Rugi Daya .....	24
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>28</b>
DAFTAR ACUAN .....	29
DAFTAR PUSTAKA .....	28
LAMPIRAN .....	31

## DAFTAR GAMBAR

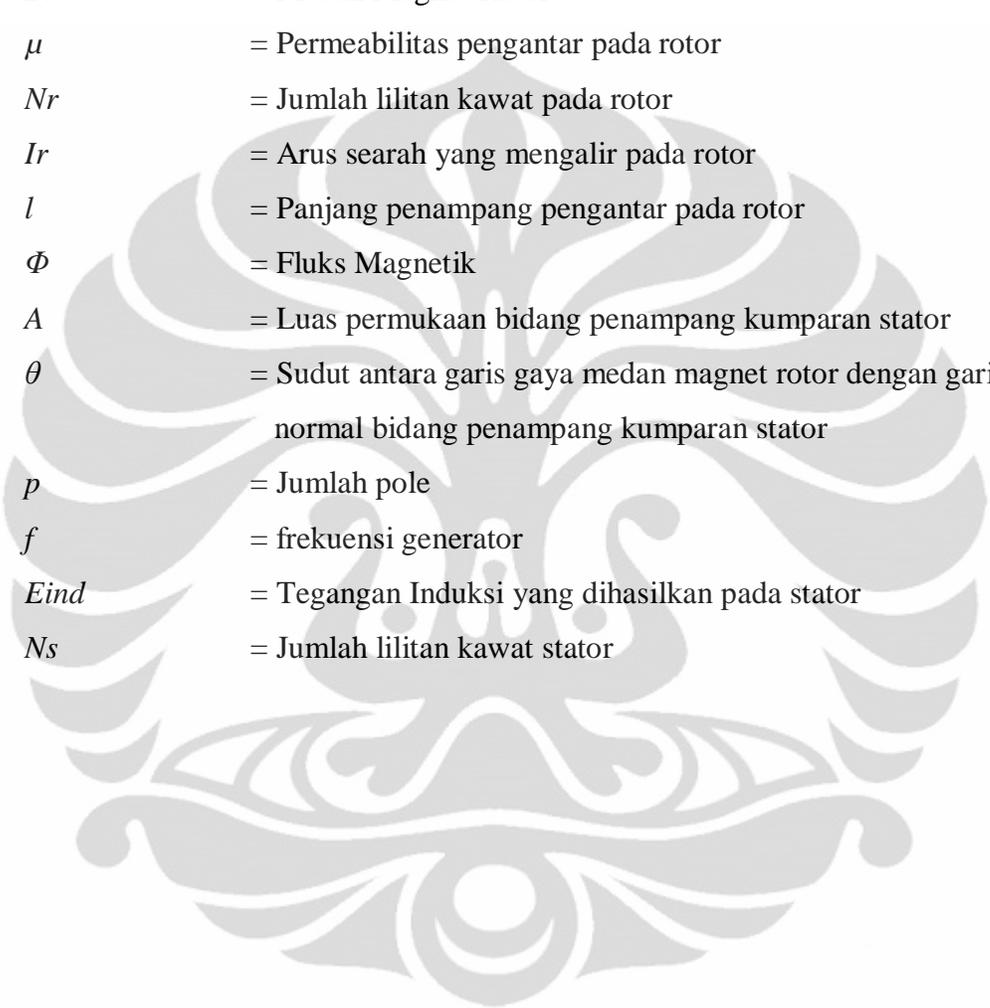
Gambar 2.1	Stator Generator .....	4
Gambar 2.2	Penampang melintang stator generator.....	6
Gambar 2.3	Void pada isolasi stator generator.....	7
Gambar 2.4	Gambaran peluahan parsial pada isolasi stator generator.....	8
Gambar 3.1	Konfigurasi instalasi diferensial.....	12
Gambar 3.2	Konfigurasi instalasi direksional.....	12
Gambar 3.3	Kapasitor Kopling .....	13
Gambar 3.4	<i>High Frequency Current Transformer</i> .....	14
Gambar 3.5	<i>PD Tech Power Engineering AG</i> .....	14
Gambar 3.6	Rangkaian pengukuran peluahan parsial di PT Indonesia Power .....	14
Gambar 3.7	Pengujian peluahan parsial di PT Indonesia Power UBP Priok.....	15
Gambar 3.8	Interpretasi grafik distribusi tinggi pulsa .....	17
Gambar 4.1	<i>Noise</i> dari sistem eksitasi pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 fasa W pada tanggal 9 Desember 2010 .....	21
Gambar 4.2	Grafik pola simetris pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 fasa W pada tanggal 9 Desember 2010.....	22
Gambar 4.3	Distribusi tinggi pulsa pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 Fasa W pada tanggal 9 Desember 2010.....	23

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Grafik pola peluahan parsial.....	16
Tabel 3.2 Data instalasi generator GT 1.2 .....	19
Tabel 3.3 Data hasil pengukuran dan perhitungan rugi daya .....	20
Tabel 4.1 Data hasil perhitungan pembebanan generator.....	25



## DAFTAR SIMBOL



$Br$	= Medan Magnet Rotor
$\mu$	= Permeabilitas pengantar pada rotor
$Nr$	= Jumlah lilitan kawat pada rotor
$Ir$	= Arus searah yang mengalir pada rotor
$l$	= Panjang penampang pengantar pada rotor
$\Phi$	= Fluks Magnetik
$A$	= Luas permukaan bidang penampang kumparan stator
$\theta$	= Sudut antara garis gaya medan magnet rotor dengan garis normal bidang penampang kumparan stator
$p$	= Jumlah pole
$f$	= frekuensi generator
$E_{ind}$	= Tegangan Induksi yang dihasilkan pada stator
$Ns$	= Jumlah lilitan kawat stator

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG MASALAH**

Generator merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pembangkit tenaga listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam prosesnya, generator mempunyai sasaran yaitu menghasilkan energi listrik yang sesuai dengan biaya operasi serta perawatan yang seminimal mungkin. Oleh karena itu harus diterapkan suatu perawatan dengan berdasarkan pada kondisi dan umur dari generator itu sendiri.

Kerusakan yang terjadi pada belitan stator merupakan hal yang paling dominan sebagai salah satu penyebab kerusakan pada generator [1]. Hal itu menunjukkan bahwa kondisi pada belitan stator generator harus selalu dalam keadaan baik. Namun dalam operasinya, banyak faktor yang menyebabkan menurunnya kualitas isolasi pada belitan stator, antara lain faktor tekanan yang bersifat elektris, mekanis, dan termal [2]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran dan analisis secara aktual agar masalah yang terjadi dapat diketahui.

### **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

Dalam tahapan proses manufaktur pada belitan stator generator, banyak ketidakhomogenitas yang terjadi sehingga menyebabkan adanya *void*. *Void* yang terjadi menyebabkan adanya aktifitas peluahan parsial pada belitan stator generator [3]. Kerusakan yang terjadi akibat peluahan parsial dipercepat dengan tekanan yang bersifat elektris, termal, dan mekanis yang terjadi pada belitan stator generator.

Aktifitas peluahan parsial dapat menyebabkan adanya rugi daya pada stator generator. Rugi daya ini timbul akibat adanya pelepasan muatan listrik dalam kurun waktu tertentu selama terjadi aktifitas peluahan parsial. Nilai rugi daya ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menghitung dan menentukan prediksi usia efektif dari generator. Dengan analisis mengenai peluahan parsial, maka dapat dilakukan tindakan pencegahan sebelum terjadi kesalahan fatal yang dapat menyebabkan kerugian secara finansial.

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penulisan dari tugas akhir ini antara lain :

1. Mengetahui dan menganalisis jenis peluahan parsial yang terjadi pada stator generator.
2. Menghitung besarnya rugi daya akibat peluahan parsial yang terjadi pada belitan stator generator.
3. Mengetahui pengaruh pembebanan terhadap rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial.
4. Menganalisis pengaruh pembebanan generator terhadap nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial

### 1.4 BATASAN MASALAH

Berdasarkan perumusan masalah, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan pada generator *gas turbine* (GT) di PLTGU UBP Priok dengan objek studi pada GT 1.2.
2. Pengukuran peluahan parsial menggunakan alat *PD Tech Power Engineering AG* dan *software MICAMAXX@PDplus* untuk mendapatkan data grafik dan kuantitatif.
3. Analisis grafik pola peluahan parsial dilakukan berdasarkan data empiris dari *PD Tech Power Engineering AG*.
4. Analisis distribusi tinggi pulsa dilakukan berdasarkan posisi grafik pulsa positif dan negatif.
5. Jenis peluahan parsial yang terjadi hanya ditetapkan berdasarkan fasa pada grafik pola serta posisi distribusi grafik pulsa positif dan negatif dari pengukuran.
6. Rugi daya yang ditentukan dari perhitungan berdasarkan nilai tegangan nominal pada saat pengukuran dan data kuantitatif.
7. Pengukuran peluahan parsial disesuaikan dengan nilai tegangan dan kondisi suhu lingkungan.

## 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan penulis untuk penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Metode kajian pustaka dan studi literatur, yaitu mencari informasi mengenai teori-teori dasar yang mendukung penulisan tugas akhir ini melalui buku-buku referensi dan internet.
2. Metode konsultasi, yaitu dengan mengadakan diskusi pembimbing dan dosen tentang hal-hal yang berkaitan dengan judul tugas akhir.
3. Metode lapangan, yaitu menganalisa dengan menggunakan data hasil pengukuran yang diambil dari PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Priok.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Pembahasan pada tugas akhir ini dilakukan dengan sistematika penulisan

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TEORI PELUAHAN PARSIAL PADA STATOR GENERATOR**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori dasar tentang generator dan peluahan parsial pada stator generator.

### **BAB III : PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN RUGI DAYA AKIBAT PELUAHAN PARSIAL**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang rangkaian pengukuran yang digunakan dan interpretasi hasil pengukuran peluahan parsial.

### **BAB IV : ANALISIS PENGUKURAN PELUAHAN PARSIAL DAN PENGARUH BEBAN TERHADAP RUGI DAYA**

Pada bab ini akan dibahas tentang analisis interpretasi hasil pengukuran peluahan parsial, dan analisis pengaruh perubahan beban terhadap nilai rugi daya akibat peluahan parsial.

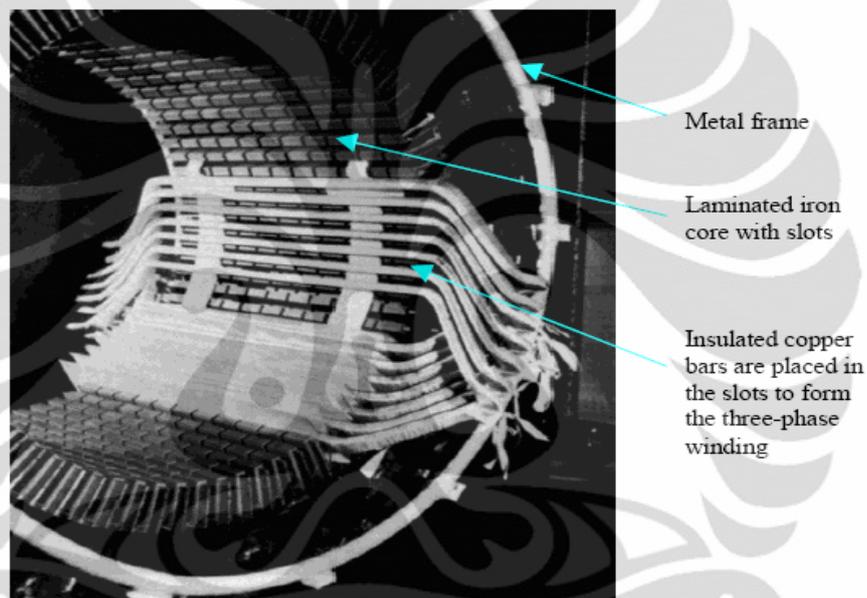
### **BAB V : KESIMPULAN**

## BAB II

### TEORI PELUAHAN PARSIAL PADA STATOR GENERATOR

#### 2.1 Stator Generator

Generator adalah sebuah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip elektromagnetik. Suatu generator sinkron terdiri dari dua bagian utama yaitu rotor dan stator.



Gambar 2.1 Stator generator

Rotor merupakan bagian yang berputar dan menghasilkan medan magnet. Sementara stator merupakan bagian yang tidak bergerak dan menerima induksi elektromagnetis dari rotor sehingga menghasilkan tegangan yang kemudian disalurkan oleh sistem transmisi pada jaringan tenaga listrik.

Pada dasarnya prinsip kerja generator adalah menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dimana rotor berlaku sebagai kumparan medan (yang menghasilkan medan magnet) kemudian menginduksi stator sebagai kumparan jangkar yang akan menghasilkan energi listrik.

Rotor pada generator serempak akan diberikan catu tegangan searah. Tegangan searah ini akan menghasilkan arus searah (DC) yang akan mengalir melewati kumparan. Berdasarkan hukum Oersted, ketika arus listrik mengalir pada kumparan, akan timbul medan magnet pada kumparan tersebut. Karena kumparan rotor merupakan kumparan yang menghasilkan medan magnet, maka kumparan rotor pada generator serempak disebut sebagai kumparan medan. Dengan demikian pada kumparan rotor akan timbul medan magnet sesuai dengan persamaan :

$$B_r = \mu \cdot N_r \cdot I_r / l \quad (2.1)$$

Garis gaya medan magnet yang dihasilkan rotor akan memotong permukaan kumparan pada stator dan menghasilkan fluks magnetis yang akan melingkupi kumparan stator. Karena kumparan stator merupakan kumparan yang menghasilkan fluks dari medan yang dihasilkan kumparan rotor, maka kumparan stator pada generator serempak disebut sebagai kumparan jangkar. Dengan demikian pada kumparan rotor akan timbul fluks magnetik sesuai dengan persamaan :

$$\Phi = B_r \cdot A \cdot \cos\theta \quad (2.2)$$

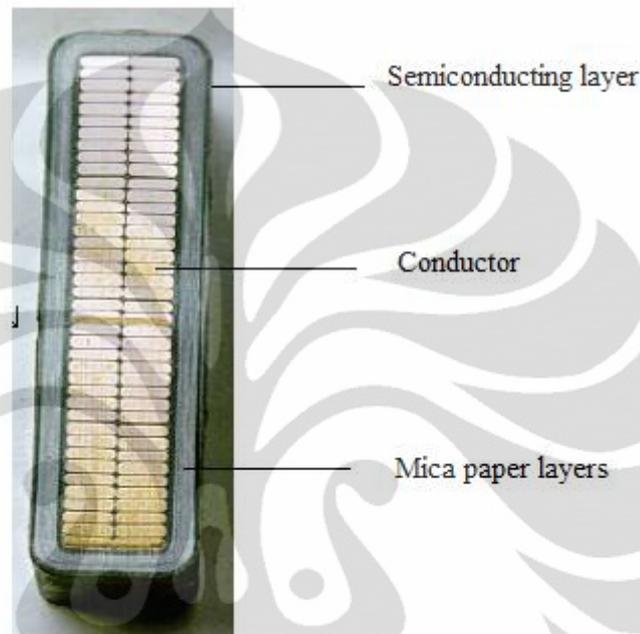
Karena pada kumparan rotor mendapatkan catu tegangan searah, maka medan magnet yang dihasilkan adalah konstan pada fungsi waktu sehingga nilai fluks magnetik yang timbul pada stator akan bernilai konstan juga. Untuk dapat menghasilkan perubahan nilai fluks magnetis pada kumparan stator maka digunakan penggerak utama (*prime mover*) yang dikopel bersama rotor sehingga rotor dapat berputar dengan persamaan :

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2.3)$$

Dengan perputaran pada rotor ini, maka akan terjadi perubahan pada sudut perpotongan antara garis gaya medan magnet rotor dengan bidang normal kumparan jangkar. Hal ini menyebabkan perubahan nilai fluks magnetik pada stator terhadap waktu dan menghasilkan tegangan induksi sesuai dengan persamaan :

$$E_{ind} = -N_s \cdot d\Phi/dt \quad (2.4)$$

Belitan stator generator terbuat dari batangan konduktor tembaga yang terisolasi. Batangan tersebut terdistribusi di sekeliling inti stator dengan jarak celah yang sama. Setiap celah terdiri dari dua batang konduktor tembaga, dimana satu konduktor berada diatas konduktor lainnya. Berikut adalah penampang melintang dari stator generator :



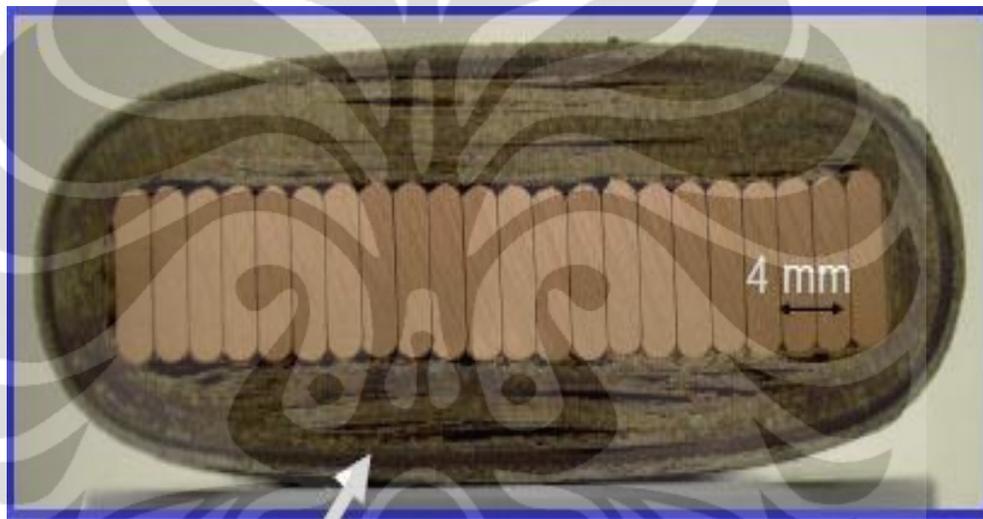
Gambar 2.2 Penampang melintang stator generator

## 2.2 Peluhan Parsial Pada Stator Generator

Sebagai gambaran, bahan isolasi kwarsa dengan ketebalan 1 milimeter digambarkan antara dua pelat konduksi. Bahan isolasi tersebut mengalami kerusakan bentuk yang menyebabkan terjadinya *void* dengan udara sebagai isinya. Jika diberi tegangan sebesar 1 kV, maka akan terdapat intensitas medan listrik sebesar 1 kV/mm yang melintasi bahan dielektrik. Namun, karena udara yang memiliki permitivitas relatif sebesar 1/5 kali dibandingkan dengan kwarsa akan menyebabkan intensitas medan listrik yang berbeda terjadi pada *void* dalam bahan isolasi sebesar 5 kV/mm. Kondisi ini menyebabkan distribusi muatan yang tidak seimbang pada bahan isolasi.

*Void* dapat terjadi didalam isolasi melalui proses-proses yang tidak sempurna [4], antara lain :

1. Proses fabrikasi, dimana *void* terbentuk karena adanya udara bocor saat proses *cross linking* dari *polyethylen*. Proses ini terjadi pada temperatur 200°C - 220°C.
2. Proses instalasi.
3. Pada operasi kabel, seperti terjadi pada saat terjadi hubung singkat yang menghasilkan perubahan termis yang besar pada kabel. Jika tekanan yang dialami melebihi batas, ikatan isolasi polimer dapat lepas sehingga menghasilkan *void*.



Gambar 2.3 *Void* pada isolasi stator generator

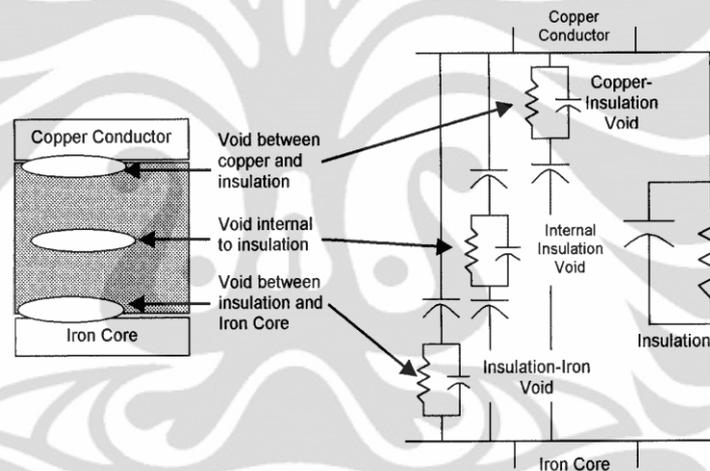
Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas isolasi pada stator generator antara lain :

1. Tekanan mekanis.  
Merupakan parameter yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap kerusakan dan usia stator generator [5]. Vibrasi mekanis dapat menyebabkan perubahan nilai peluahan parsial pada bagian celah stator dan pola hasil pengukuran peluahan parsial.
2. Tekanan termal.  
Menyebabkan dekomposisi molekuler dan oksidasi material organik [6]. Sebagai hasilnya, kekuatan rekat antara *epoxy* dengan mika berkurang. Hal ini menyebabkan semakin cepatnya erosi sistem isolasi jika dikombinasikan dengan tekanan mekanis dan peluahan parsial.

### 3. Tekanan elektrik.

Menyebabkan timbulnya peluahan parsial pada isolasi dan mempercepat kerusakan pada isolasi stator apabila ditambah dengan tekanan mekanis dan termal.

Gambaran sederhana peluahan parsial pada belitan stator generator dapat direpresentasikan oleh sebuah kapasitor dan resistor yang tergabung paralel. Konsep ini digunakan dalam pengukuran faktor daya dari sistem isolasi, yakni nilai cosinus dari susut antara total arus bocor dengan arus bocor komponen resistif. Sedangkan kekosongan dalam bahan isolasi, hanya direpresentasikan dengan sebuah kapasitor.



Gambar 2.4 Gambaran peluahan parsial pada isolasi stator generator

Jenis peluahan parsial dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu :

#### 1. Peluahan parsial pada celah isolasi stator.

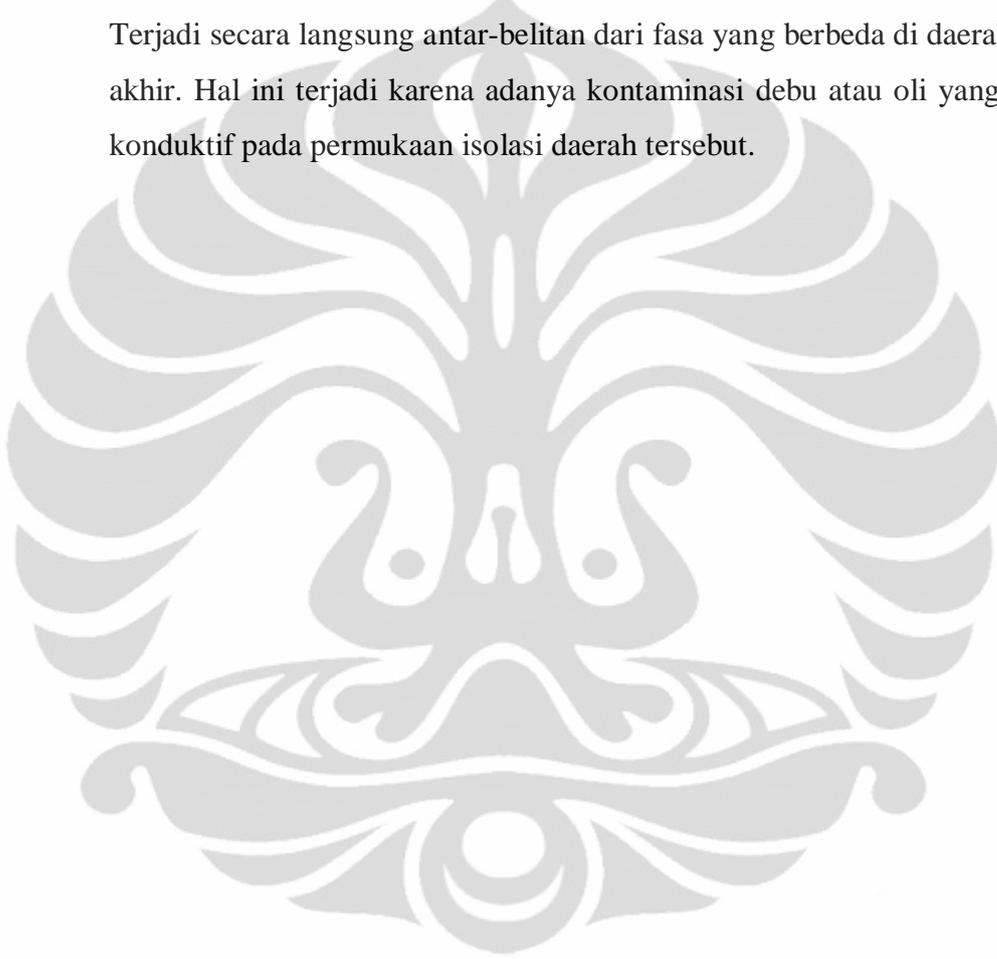
Terjadi jika terdapat kerusakan proteksi korona dan adanya ketidaksempurnaan proses injeksi resin di antara isolasi belitan dengan celah stator generator. Umumnya pada generator dengan tegangan diatas 6 kV terdapat slot discharge dengan nilai tertentu akibat adanya *void* kecil pada isolasi dan adanya kerusakan kecil pada proteksi korona. Kerusakan pada proteksi korona dapat diakibatkan adanya vibrasi pada belitan stator .

2. Peluahan parsial pada bagian dalam isolasi stator

Terjadi jika terdapat *void* di dalam isolasi. *Void* ini timbul karena proses yang tidak sempurna pada proses manufaktur. Peluahan akan terjadi pada *void* tersebut dan secara perlahan menimbulkan pohon listrik yang pada akhirnya menyebabkan kegagalan.

3. Peluahan parsial pada belitan akhir isolasi stator.

Terjadi secara langsung antar-belitan dari fasa yang berbeda di daerah belitan akhir. Hal ini terjadi karena adanya kontaminasi debu atau oli yang bersifat konduktif pada permukaan isolasi daerah tersebut.



**BAB III**  
**PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN RUGI DAYA AKIBAT**  
**PELUAHAN PARSIAL**

**3.1 Sistem Pengukuran Aktual Pada Generator**

Sistem pengukuran secara aktual (*online*) pada generator adalah sistem pengukuran efek-efek yang terjadi pada generator saat beroperasi normal. Artinya, pengukuran dilakukan pada saat sistem dalam keadaan hidup dan melakukan kerja serta menghasilkan gaya putar, arus, dan energi [7].

Pengukuran secara aktual dapat digunakan untuk mencegah kesalahan fatal serta mencegah timbulnya biaya perbaikan kerusakan yang besar pada generator beserta peralatan pendukungnya [8]. Metode ini juga dapat digunakan untuk memprediksi umur generator dengan cara mendeteksi tanda-tanda masalah secara dini sehingga dapat membuat perencanaan perawatan lebih awal sebelum terjadi kerusakan pada generator. Sistem pengukuran secara aktual juga menjadi standar pembangkit listrik di seluruh dunia, karena tidak merusak (*non-destructive*), handal, dan cepat.

Salah satu jenis pengukuran aktual untuk pengujian integritas dari generator adalah pengukuran peluahan parsial. Selain secara aktual, pengukuran peluahan parsial pada generator juga dapat dilakukan dengan metode lain [9], antara lain:

1. Metode pengukuran dengan metode *offline*.
2. Metode pengukuran dengan metode TVA (*corona*).
3. Metode pengukuran dengan metode *Ultrasonic*.
4. Metode pengukuran dengan metode *Blackout* atau *Ultraviolet*.

Pengukuran peluahan parsial secara aktual pada generator juga dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Metode pengukuran peluahan parsial yang digunakan dapat dilihat dari aspek atau efek yang ingin kita deteksi, seperti sifat makroskopik, efek fisika, reaksi kimia, dan sifat gelombang yang dihasilkan. Perbedaan utama metode yang digunakan adalah peralatan dan instrumen yang digunakan. Peralatan dan instrumen yang digunakan untuk pengukuran ditentukan sesuai dengan efek yang akan kita ukur. Metode-metode pengukuran peluahan parsial secara aktual, antara lain :

1. Pengukuran dengan metode konvensional.
2. Pengukuran dengan metode *Electric High Frequency*.  
Dijelaskan pada Sub Bab III.2.
3. Pengukuran dengan metode *acoustic*.
4. Pengukuran dengan metode *chemical*.
5. Pengukuran dengan metode *optical*.

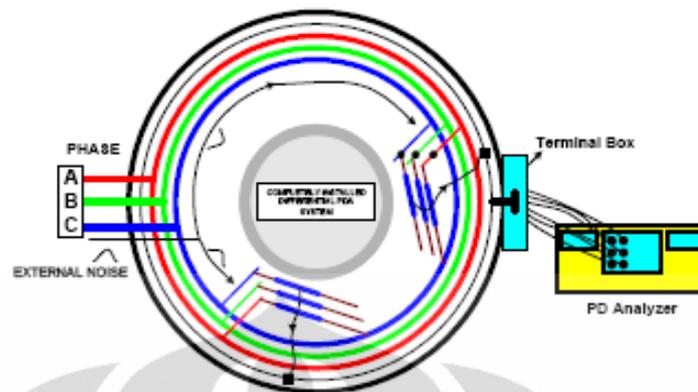
### 3.2 Rangkaian Pengukuran Peluahan Parsial Secara Aktual

Salah satu metode pengukuran peluahan parsial secara aktual adalah pengukuran dengan metode *Electric High Frequency*. Metode ini menggunakan domain frekuensi untuk bagian *output*. Metode ini dibagi menjadi 2 macam berdasarkan batasan frekuensi yang digunakan, yaitu metode *High Frequency* (HF) dan metode *Ultra High Frequency* (UHF). Pada metode HF, aktifitas peluahan parsial yang dideteksi adalah peluahan parsial yang mempunyai pulsa dengan frekuensi antara 10 kHz sampai 300 MHz. Sensor yang digunakan adalah kapasitor kopling (CC) atau *Current Transformer* (CT). Sedangkan pada metode UHF, aktifitas partial discharge yang dideteksi adalah yang mempunyai pulsa dengan frekuensi antara 300 MHz sampai 3 GHz. Sensor yang digunakan adalah serupa antena khusus yang terhubung dengan *filter* untuk dapat membatasi frekuensi. Metode pengukuran yang dilakukan oleh penulis di PT. Indonesia Power UBP Priok adalah dengan metode HF.

Pada metode HF, ada 2 tipe sistem instalasi yang digunakan untuk pengukuran peluahan parsial di sebuah generator, antara lain :

#### 1. Instalasi Diferensial

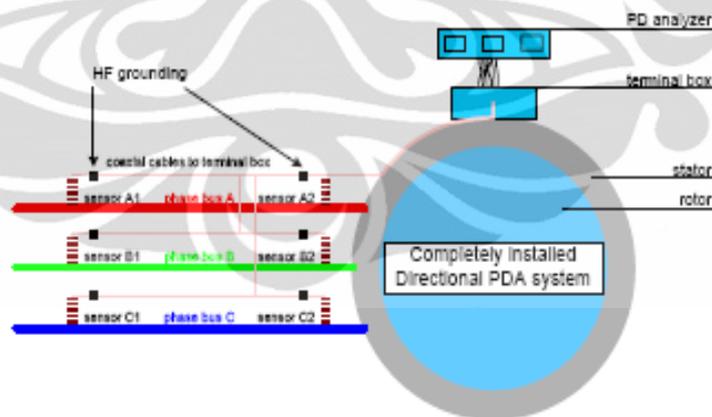
Pada instalasi diferensial, sensor dipasang pada bagian belitan yang dihubungkan secara langsung di dalam generator. Kabel koaksial digunakan untuk menghubungkan sensor ke boks-terminal yang ditempatkan pada cangkang luar generator.



Gambar 3.1 Konfigurasi instalasi diferensial

## 2. Instalasi Direksional

Instalasi tipe ini umumnya digunakan pada generator turbo dimana pemasangan sensor di dalam bagian stator generator tidak memungkinkan. Sensor dipasang pada terminal fasa, di luar bagian generator. Sensor juga dipasang pada setiap fasa generator sehingga pulsa peluahan parsial dapat terdeteksi pada seluruh fasa generator.



Gambar 3.2 Konfigurasi instalasi direksional

Pulsa peluahan parsial yang dideteksi oleh sensor dari dalam isolasi generator akan ditransmisikan melalui kabel koaksial dan direkam oleh alat pendeteksi peluahan parsial untuk analisis selanjutnya. Boks-terminal dipasang secara permanen pada bagian luar generator, yang berfungsi untuk mentransmisikan

pulsa peluahan parsial dari sensor ke alat pendeteksi peluahan parsial. Pulsa yang dideteksi oleh sensor, ditransmisikan melalui kabel koaksial ke dalam alat pendeteksi peluahan parsial. Dengan menggunakan alat pendeteksi peluahan parsial, maka seorang teknisi akan dengan mudah dapat mengakses semua generator yang ada pada pembangkit. Sensor peluahan parsial dipasang pada bagian luar generator. Sensor ini dipasang pada setiap fasa lalu dihubungkan ke boks-terminal.

Instrumen pengukuran peluahan parsial secara aktual yang digunakan antara lain :

1. Kapasitor kopling (CC)

Kapasitor kopling merupakan sensor pendeteksi pulsa peluahan parsial yang digunakan sebagai divais kopel untuk melewatkan pulsa arus yang mempunyai frekuensi tinggi dari titik deteksi pengukuran. Pada pengukuran secara online, kapasitor kopling yang digunakan adalah tipe yang disesuaikan dengan operasi kerja generator.



Gambar 3.3 Kapasitor kopling

Pada PLTGU UBP Priok, digunakan kapasitor surge sebagai pengganti kapasitor kopling agar lebih ekonomis. Nilai kapasitansi yang digunakan adalah 130 nF.

2. *High Frequency Current Transformer* (HFCT)

HFCT adalah jenis *Current Transformer* (CT) yang mempunyai pulsa *wide-band* sehingga dapat mengukur pulsa peluahan parsial yang mempunyai frekuensi tinggi. Dengan menggunakan HFCT, pulsa peluahan parsial yang dihasilkan pada bagian keluaran lebih jelas dan mudah terbaca.



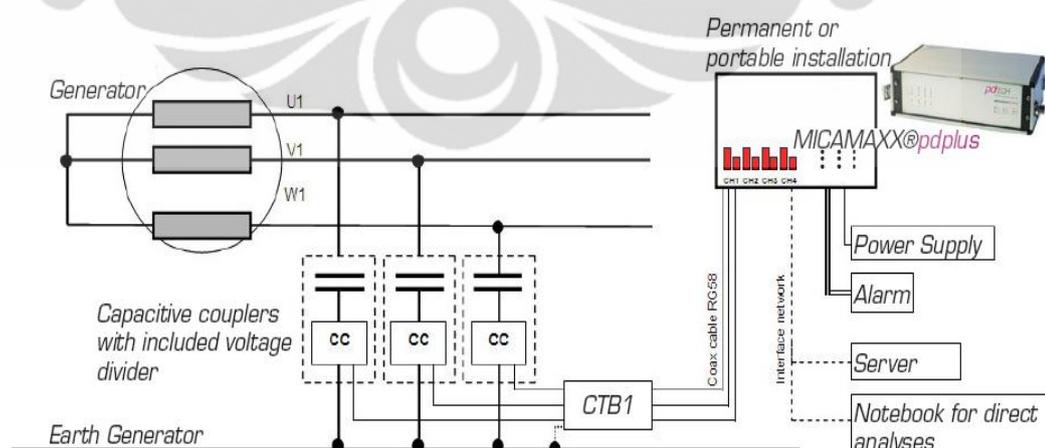
Gambar 3.4 High Frequency Current Transformer

3. Alat pendeteksi peluahan parsial, yaitu *PD Tech Power Engineering AG* Digunakan untuk mendeteksi aktifitas peluahan parsial yang selanjutnya diproses oleh *software MICAMAXX@PDplus*.



Gambar 3.5 PD Tech Power Engineering AG

Rangkaian pengukuran peluahan parsial secara aktual pada generator GT PLTGU UBP Priok dengan menggunakan acuan IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) Std 1434-2000 adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Rangkaian pengukuran peluahan parsial di PT Indonesia Power UBP Priok

Setiap generator GT pada sistem PLTGU UBP Priok telah dilengkapi kapasitor surge dengan nilai kapasitansi sebesar 130 nF. Nilai ini mempengaruhi nilai frekuensi yang dipotong oleh rangkaian *low pass filter*. Berdasarkan data dari UBP Priok nilai frekuensi yang dipotong adalah nilai frekuensi dibawah 24,5 kHz. Pulsa peluahan parsial dengan frekuensi tinggi akan dideteksi dan dilewatkan oleh rangkaian filter tersebut. Kapasitor surge lalu terhubung dengan boks-terminal melalui kabel koaksial. Setelah itu, dihubungkan ke PD *Tech Power Engineering AG* yang kemudian terhubung langsung dengan laptop. Dengan menggunakan software *MICAMAXX@PDplus* kita dapat mendapatkan data grafik dan data kuantitatif pengukuran yang diinginkan.



Gambar 3.7 Pengujian peluahan parsial di PT Indonesia Power UBP Priok

### 3.3 Interpretasi Grafik Pengukuran Peluahan Parsial

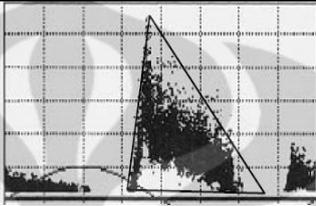
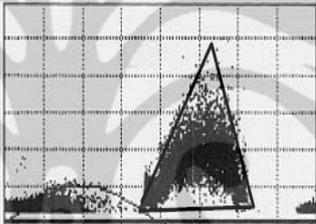
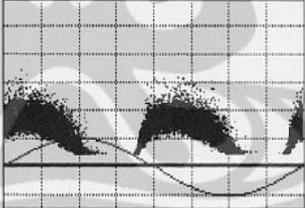
Setelah dilakukan pengukuran seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka didapatkan data lengkap mengenai peluahan parsial pada stator generator berupa peluahan parsial *patern*. Data yang kita dapatkan berupa data grafik dan data kuantitatif. Gambaran grafik yang dapat kita lihat pada peluahan parsial *patern* ini, antara lain:

1. Grafik pola peluahan parsial.

Grafik pola peluahan parsial menggambarkan perbandingan antara jumlah muatan yang terlepas (*discharge*) dengan posisi sudut fasanya (*phase angle*).

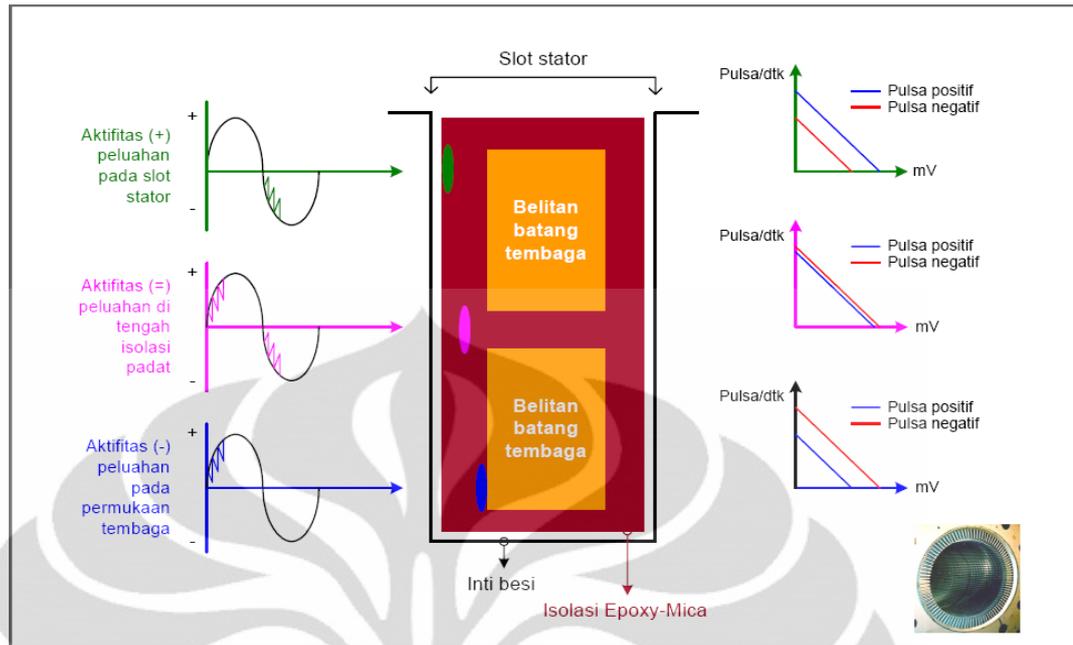
Bentuk pola peluahan parsial dapat menentukan jenis peluahan parsial yang terjadi. Berikut gambaran grafik pola peluahan parsial disertai ciri khasnya dan jenis peluahan parsial-nya [10] :

Tabel 3.1 Grafik pola peluahan parsial

Jenis Peluahan Parsial	Pola Peluahan parsial	Ciri khas
Peluahan parsial pada celah isolasi		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berbentuk asimetrik.</li> <li>- Terjadi di fasa negatif.</li> <li>- Berbentuk pola segitiga.</li> <li>- Naik tajam di awal.</li> <li>- Turun landai di akhir.</li> </ul>
Peluahan parsial pada belitan akhir		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berbentuk asimetrik.</li> <li>- Terjadi di fasa positif.</li> <li>- Berbentuk pola segitiga.</li> <li>- Naik landai di awal.</li> <li>- Turun tajam di akhir.</li> </ul>
Peluahan parsial pada bagian dalam isolasi		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berbentuk asimetrik.</li> <li>- Terjadi di semua fasa.</li> <li>- Berbentuk pola segitiga.</li> <li>- Bentuknya sama dan simetris pada setiap fasa</li> </ul>

## 2. Grafik distribusi pulsa peluahan parsial.

Grafik distribusi pulsa menggambarkan perbandingan jumlah muatan yang terlepas dengan jumlah terjadinya pulsa perdetik. Grafik ini juga digunakan untuk mendeteksi jenis peluahan parsial yang terjadi pada stator generator. Berikut gambaran grafik pulsa distribusi peluahan parsial dan jenis peluahan parsial-nya :



Gambar 3.8 Interpretasi grafik distribusi tinggi pulsa

### 3.4 Data Kuantitatif Pengukuran Peluahan Parsial

Data kuantitatif yang didapatkan pada pengukuran peluahan parsial antara lain:

#### 1. *Apparent charge* ( $Q$ ).

Suatu besaran atau nilai yang menunjukkan nilai kumulatif atau jumlah muatan yang terlepas (*discharge*) dalam satu kondisi tertentu yang terjadi selama proses pengukuran. *Apparent charge* ini digambarkan dalam satuan coulomb.

#### 2. *Average discharge current* ( $I_{avg}$ ).

Suatu besaran atau nilai yang menunjukkan jumlah dari muatan yang terlepas atau *apparent charge* dalam jangka waktu atau periode tertentu. Satuan dari *average discharge current* ini digambarkan dalam satuan ampere.

#### 3. *Quadratic rate*.

Nilai yang menunjukkan nilai kuadrat kumulatif muatan yang terlepas selama aktifitas peluahan parsial dibagi dengan waktu pengukuran. Satuan dari *quadratic rate* adalah coulomb kuadrat per detik.

Selain data kuantitatif diatas, juga terdapat nilai *repetition rate* yang mempunyai satuan Hz. Nilai ini menunjukkan besarnya frekuensi peluahan parsial yang terjadi saat dilakukan pengukuran.

### 3.5 Perhitungan Rugi Daya Akibat Peluahan Parsial

Setelah mendapatkan data kuantitatif dari hasil pengukuran, kita dapat melakukan perhitungan rugi daya pada belitan stator generator akibat peluahan parsial dengan menggunakan persamaan :

$$P = (1/T) \sum_{i=1}^{i=m} Q_i V_i \quad (3.1)$$

dimana :

$P$  : Rugi daya akibat peluahan parsial (W)

$T$  : Periode peluahan parsial (s)

$m$  : Jumlah pulsa peluahan parsial dalam selang waktu  $T$

$Q_i$  : Jumlah muatan yang terlepas dalam jumlah pulsa  $m$  (C)

$V_i$  : Besar tegangan nominal pada saat pengukuran peluahan parsial (Volt)

Berdasarkan rumus diatas, nilai  $1/T$  dapat kita ganti menjadi nilai frekuensi atau *repetition rate* yang didapatkan pada peluahan parsial *pattern* dari hasil pengukuran. Jumlah muatan yang terlepas juga terdapat pada peluahan parsial *pattern* berupa keterangan *apparent charge*. Secara umum, jumlah nilai muatan yang terlepas dengan jumlah pulsa dan dalam periode waktu tertentu sama dengan nilai arus. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *average discharge current* yang terdapat pada peluahan parsial *pattern*.

### 3.6 Objek Studi dan Hasil Perhitungan Rugi Daya Peluahan Parsial

PT. Indonesia Power UBP Priok merupakan PLTGU yang mempunyai 20 unit pembangkit terdiri dari 4 unit PLTG, 4 unit PLTD, 2 blok PLTGU yang setiap bloknya terdiri dari 3 unit PLTG dengan sebuah unit PLTU serta 2 unit PLTU konvensional. Daya listrik yang dikeluarkan adalah 15,75 kV dan dari penghantar listrik PLTU bertegangan 18 kV. Generator pada setiap blok memiliki jenis dan spesifikasi yang sama. Objek studi pengukuran adalah pada GT 1.2 yang akan dianalisa peluahan parsial-nya dan pengaruh pembebanannya. Untuk mendapatkan spesifikasi lengkap, maka penulis mencantumkan data tabel instalasi GT 1.2. Berikut adalah tabel data instalasi GT 1.2 :

Tabel 3.2 Data instalasi generator GT 1.2

Generator GT 1.2	
Manufaktur	ABB
Type	13
Tahun Pembuatan	1993
Kecepatan sinkron	3000 rpm
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	15,75 kV
Daya Aktif	130 MW
Sistem Isolasi	Micadur
Sistem Pendingin	Udara

Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada tanggal 6 Juli 2010 dan 9 Desember 2010. Waktu pengukuran tersebut dilakukan pada saat nilai tegangan generator dan temperatur lingkungan identik satu sama lain agar pengukuran lebih akurat. Pengukuran juga dilakukan tanpa ada pengaturan pembebanan generator. Data aktual generator yang ditentukan antara lain adalah tegangan generator, daya aktif, daya reaktif, dan temperatur lingkungan serta perhitungan rugi daya. Penulis juga menggunakan data pengukuran GT 1.2 pada tanggal 29 Januari 2010 dan 17 Maret 2010 dengan nilai tegangan dan temperatur lingkungan yang identik untuk mendapatkan tren rugi daya yang terjadi serta data pengukuran serta GT 2.3 pada fasa U tanggal 01 Januari 2008 saat kondisi rusak sebagai data acuan karena mempunyai spesifikasi yang sama dengan GT 1.2.

Setelah melakukan pengukuran dan mendapatkan gambaran grafik serta parameter kuantitatif, penulis melakukan analisis peluahan parsial dan melakukan perhitungan untuk memprediksi usia efektif generator. Analisis peluahan parsial dilakukan berdasarkan data grafik dan data kuantitatif sedangkan pengaruh pembebanan ditentukan berdasarkan beban rata-rata harian untuk menghitung persentase kenaikannya. Berikut data hasil pengukuran dan perhitungan rugi daya akibat peluahan parsial pada stator generator dimana nilai rugi daya didapatkan melalui persamaan (3.1).

Tabel 3.3 Data hasil pengukuran dan perhitungan rugi daya

Date	Time	V	P	Q	T	Fasa	P losses
		(kV)	(MW)	(MVAR)	(°C)		(mW)
29/01/2010	10:42	15,38	115	92	37	U	204,55
						V	241,46
						W	247,62
17/03/2010	15:54	15,39	113	90	37	U	230,85
						V	264,71
						W	253,94
06/07/2010	9:43	15,38	120	86	38	U	256,88
						V	283,02
						W	290,71
09/12/2010	14:51	15,36	116	85	38	U	277,04
						V	291,16
						W	293,62

Pada data tabel diatas, dapat kita lihat hasil perhitungan rugi daya akibat peluahan parsial pada stator generator. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai tegangan nominal pada saat pengukuran serta data kuantitatif. Jenis data kuantitatif yang digunakan adalah nilai *average discharge current* yang terdapat pada partial discharge pattern. Contoh perhitungan pada pengukuran tanggal 29 Januari 2010 untuk fasa U, dimana nilai *apparent charge* sebesar  $2,99 \times 10^{-10}$  Coulomb dengan nilai *repetition rate* sebesar 44605 Hz. Maka nilai rugi daya yang terjadi adalah  $(15,38 \text{ kV})(2,99 \times 10^{-10} \text{ C})(44605 \text{ Hz}) = 204,55 \text{ mW}$ .

Dapat kita lihat pada tabel diatas, nilai rugi daya yang paling besar terjadi pada fasa W, dengan nilai rugi daya yang paling besar terjadi pada pengukuran tanggal 9 Desember 2010 sebesar 293,62 mW. Secara jelas terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai rugi daya pada setiap perhitungan. Ini menunjukkan bahwa nilai rugi daya akan terus meningkat hingga pada saat nilai tertentu yang akan membuat kerusakan fatal pada generator.

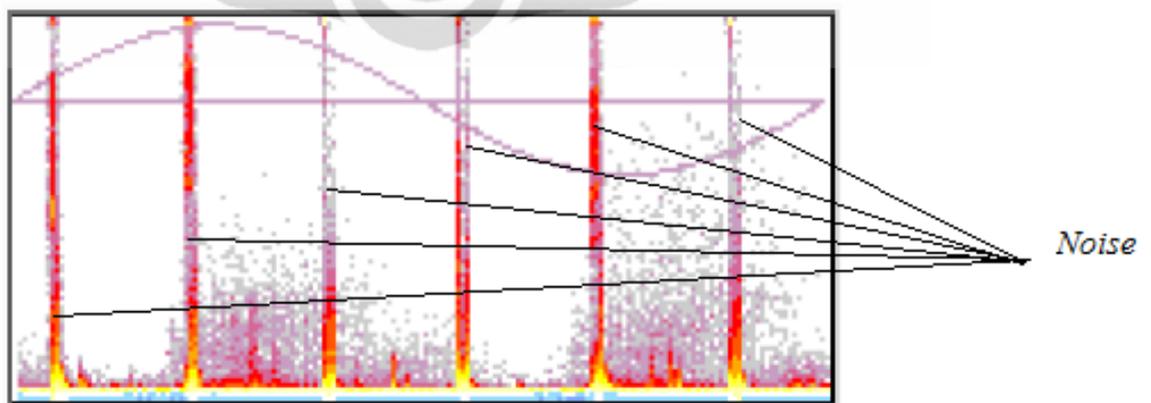
## BAB IV

### ANALISIS PENGUKURAN PELUAHAN PARSIAL DAN PENGARUH BEBAN TERHADAP RUGI DAYA

#### 4.1 Analisis Grafik Pola Peluahan Parsial

Dari pengukuran aktifitas peluahan parsial pada GT 1.2, dihasilkan tiga grafik pola peluahan parsial. Masing-masing grafik menggambarkan pola aktifitas peluahan parsial pada setiap fasa. Grafik keluaran yang terbentuk terdiri dari sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Sumbu vertikal menggambarkan nilai muatan yang terlepas akibat proses peluahan parsial, yang dinyatakan dengan satuan nanocoulomb. Sedangkan untuk sumbu horizontal, menggambarkan sudut fasa yang berkisar antara  $0^\circ$  hingga  $360^\circ$ . Siklus fasa positif terletak antara sudut fasa  $0^\circ$  hingga  $180^\circ$ , sedangkan siklus fasa positif terletak antara sudut fasa  $180^\circ$  hingga  $360^\circ$ . Dapat terlihat juga degradasi warna yang ditampilkan pada grafik pola peluahan parsial. Perbedaan warna yang ditampilkan menggambarkan besar intensitas muatan yang terlepas.

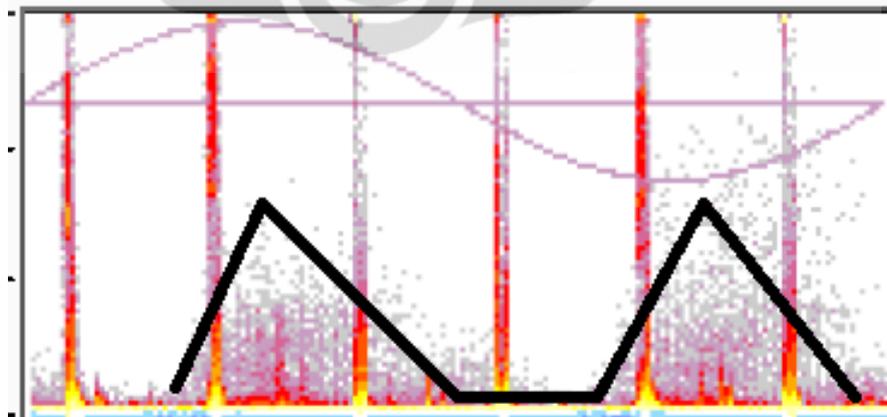
Dalam setiap proses pengukuran peluahan parsial selalu dipengaruhi oleh *noise*. Sumber utama *noise* yang terdeteksi pada pengukuran peluahan parsial yang dilakukan pada generator GT 1.2 adalah akibat sistem eksitasi. Untuk mendapatkan grafik tanpa *noise*, bisa dilakukan dengan menggunakan sistem *brushless exciter*.



Gambar 4.1 *Noise* dari sistem eksitasi pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 fasa W pada tanggal 9 Desember 2010.

Analisis grafik pola peluahan parsial dilakukan dengan membandingkan pola peluahan parsial yang didapatkan dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan data pengukuran yang telah didapatkan sebelumnya. Dari analisis, tidak ditemukan perubahan perkembangan pola yang signifikan antara data pengukuran yang dilakukan dengan data pengukuran yang telah didapatkan sebelumnya. Perbedaan yang paling jelas terlihat adalah pada data pengukuran pertama pada tanggal 6 Juli 2007, dimana pola peluahan parsial dan *noise* yang terjadi tidak begitu nampak. Hal ini disebabkan perbedaan gain yang digunakan pada saat pengukuran. Hal ini jelas terlihat dari perbedaan nilai maksimum pada grafik pola peluahan parsial yang menunjukkan nilai 30 nC sedangkan data yang lainnya adalah 15 nC.

Secara umum, bentuk grafik pola peluahan parsial memiliki bentuk yang sama pada setiap fasa yakni memiliki pola segitiga yang sama dan simetris pada siklus tegangan positif dan negatif. Karena memiliki pola segitiga yang sama dan simetris pada kedua siklus, maka secara umum jenis peluahan parsial yang terjadi adalah jenis peluahan parsial bagian dalam isolasi. Jenis ini terjadi karena adanya *void* didalam isolasi belitan stator generator. Intensitas muatan yang terlepas yang terjadi juga relatif sama pada setiap fasa. Dapat kita lihat pada salah satu contoh gambar dibawah. Nilai magnitudo dari peluahan parsial yang terjadi terletak pada fasa puncak. Hal ini menandakan, intensitas muatan yang terlepas paling besar terjadi pada saat nilai tegangan maksimum terjadi pada generator.

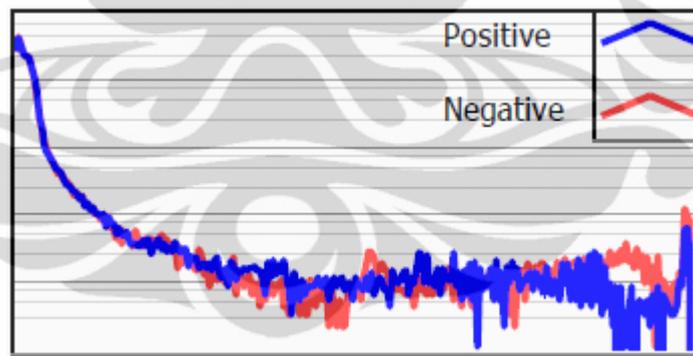


Gambar 4.2 Grafik pola simetris pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 fasa W pada tanggal 9 Desember 2010.

#### 4.2 Analisis Distribusi Tinggi Pulsa Peluahan Parsial

Dari pengukuran aktifitas peluahan parsial pada GT 1.2, dihasilkan tiga grafik distribusi tinggi pulsa. Masing-masing grafik menggambarkan distribusi tinggi pulsa pada setiap fasa. Pada prinsipnya, grafik ini menggambarkan tampilan samping dari grafik pola peluahan parsial. Grafik keluaran yang terbentuk terdiri dari sumbu vertikal dan horizontal. Sumbu vertikal menggambarkan jumlah pulsa peluahan parsial yang terjadi, sedangkan sumbu horizontal menggambarkan jumlah muatan yang terlepas akibat peluahan parsial. Garis berwarna biru menggambarkan grafik pulsa positif, sedangkan garis berwarna merah menggambarkan grafik pulsa negatif.

Jenis peluahan parsial yang terjadi ditentukan berdasarkan posisi grafik pulsa positif terhadap grafik pulsa negatif. Pada jenis peluahan pada celah isolasi, pulsa positif berada di bawah pulsa negatif yang menggambarkan bahwa jenis ini cenderung terjadi di fasa negatif. Sedangkan pada jenis peluahan belitan akhir, pulsa positif berada di atas pulsa negatif yang menggambarkan bahwa jenis ini cenderung terjadi di fasa positif.



Gambar 4.3 Distribusi tinggi pulsa pada pengukuran peluahan parsial GT 1.2 fasa W pada tanggal 9 Desember 2010.

Secara umum, grafik distribusi tinggi pulsa yang terjadi adalah grafik pulsa positif seimbang dengan grafik pulsa negatif. Meskipun terdapat beberapa ketidakseimbangan posisi, hal ini disebabkan adanya *noise* yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa jenis peluahan parsial yang terjadi adalah jenis peluahan parsial pada bagian dalam isolasi.

### 4.3 Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Nilai Rugi Daya

Salah satu faktor yang menyebabkan adanya rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial adalah tekanan yang bersifat mekanis, termal, dan elektris. Hal ini disebabkan adanya operasi kerja yang dilakukan oleh generator. Operasi kerja didasarkan pada proses pembebanan yang terjadi pada generator. Sehingga dengan melakukan perhitungan pembebanan, maka dapat dilakukan analisis pengaruhnya terhadap nilai rugi daya yang terjadi.

Pengukuran pembebanan di PT. Indonesia Power UBP Priok dilakukan secara berkesinambungan yaitu dilakukan setiap 30 menit selama 24 jam. Dari data pembebanan didapatkan antara lain nilai beban harian rata-rata dan beban puncak rata-rata. Untuk melakukan analisis, penulis melakukan perhitungan berdasarkan nilai pembebanan harian rata-rata. Nilai pembebanan yang dipakai adalah nilai pembebanan dalam rentang waktu pengukuran, yaitu pembebanan harian dari tanggal 29 Januari 2010 hingga tanggal 9 Desember 2010.

Setelah didapatkan data pembebanan selama rentang waktu tersebut, lalu dilakukan perhitungan nilai pembebanan harian rata-rata antarwaktu pengukuran. Dengan mendapatkan nilai pembebanan harian rata-rata antarwaktu pengukuran, maka didapatkan persentasi perubahan nilai pembebanan harian yang terjadi. Sebelumnya juga dihitung persentasi perubahan nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial. Dengan kedua nilai tersebut, maka dapat dilakukan analisis tentang pengaruh pembebanan terhadap nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial.

Analisis tersebut dapat digunakan untuk mengetahui pengaturan pembebanan pada generator GT 1.2 yang harus dilakukan agar nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial tidak akan semakin besar atau semakin kecil. Pengaturan pembebanan dapat diseleksi berdasarkan nilai pembebanan harian rata-rata ataupun nilai beban puncak pada generator.

Dengan membandingkan kedua data tersebut, maka dapat dilihat juga pengaruh pembebanan terhadap peluahan parsial yang terjadi pada isolasi belitan stator generator. Hal ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi kerusakan pada bagian isolasi. Berikut adalah tabel hasil pengukuran pembebanan pada generator GT 1.2 :

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan pembebanan

Waktu	Beban harian rata-rata (MW)	Beban puncak rata-rata (MW)
29/01/2010 - 16/03/2010	97,2	115,6
17/03/2010 - 05/07/2010	103,4	120,8
06/07/2010 - 09/12/2010	106,8	122,3

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa nilai beban harian dan beban puncak rata-rata meningkat dalam setiap rentang pengukuran. Data ini menunjukkan bahwa operasi kerja generator semakin meningkat dalam kurun waktu tersebut. Hal ini tentu saja memberikan efek pada generator itu sendiri sehingga apabila hal ini dibiarkan akan menyebabkan kemungkinan kerusakan generator semakin cepat akibat peluahan parsial pada isolasi stator generator.

Berdasarkan persentase kenaikan dari beban harian dalam rentang waktu tersebut, dapat kita lihat bahwa mengalami penurunan. Antara rentang waktu tanggal 29 Januari 2010 hingga 16 Maret 2010 dengan rentang waktu tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010, nilai persentase kenaikannya adalah 6,38%. Sedangkan antara rentang waktu tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010 dengan rentang waktu tanggal 6 Juli 2010 hingga 9 Desember 2010, nilai persentase kenaikannya adalah 3,29%. Persentase penurunan yang terjadi adalah 3,09%. Hal ini menandakan bahwa walaupun pembebanan semakin meningkat, tetapi peningkatan pembebanan cenderung menurun.

Sedangkan untuk beban puncak juga mengalami penurunan. Antara rentang waktu tanggal 29 Januari 2010 hingga 16 Maret 2010 dengan rentang waktu tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010, nilai persentase kenaikannya adalah 4,5%. Sedangkan antara rentang waktu tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010 dengan rentang waktu tanggal 6 Juli 2010 hingga 9 Desember 2010, nilai persentase kenaikannya adalah 1,24%. Persentase penurunan yang terjadi adalah 3,26%. Hal ini menandakan bahwa walaupun pembebanan semakin meningkat, tetapi peningkatan pembebanan cenderung menurun. Kedua perhitungan persentase tersebut akan dibandingkan dengan persentase perubahan nilai rugi daya akibat peluahan parsial yang telah dihitung pada untuk melihat pengaruh antara nilai rugi daya akibat peluahan parsial dengan nilai pembebanan yang terjadi baik beban harian maupun beban puncak.

## BAB V

### KESIMPULAN

1. Jenis peluahan parsial yang terjadi pada generator GT 1.2 PLTGU UBP Priok adalah jenis peluahan pada bagian dalam isolasi berdasarkan dari hasil analisis grafik pola peluahan parsial yang berbentuk sama pada setiap fasa dan grafik distribusi pulsa peluahan parsial dimana pulsa positif sebanding dengan pulsa negatif. Peluahan parsial yang terjadi disebabkan adanya *void* pada bagian dalam isolasi stator generator.
2. Nilai rugi daya akibat peluahan parsial yang signifikan terjadi pada generator GT 1.2 PLTGU UBP Priok adalah pada fasa W terhadap seluruh fasa yang terjadi dan terjadi pada tanggal 9 Desember 2010 dengan nilai rugi daya sebesar 293,62 mW.
3. Semakin besar nilai pembebanan pada generator, semakin besar pula nilai rugi daya yang terjadi akibat peluahan parsial yang menunjukkan bahwa rugi daya akibat peluahan parsial adalah berbanding lurus dengan nilai pembebanan pada generator.
4. Berdasarkan perbandingan nilai rugi daya akibat peluahan parsial dengan nilai pembebanan pada generator, didapatkan bahwa nilai pembebanan tidak mempengaruhi nilai rugi daya akibat peluahan parsial disebabkan perbedaan nilai yang terlampau jauh dimana nilai beban berkisaran  $10^6$  Watt, sedangkan untuk nilai rugi daya berkisaran  $10^{-3}$  Watt.

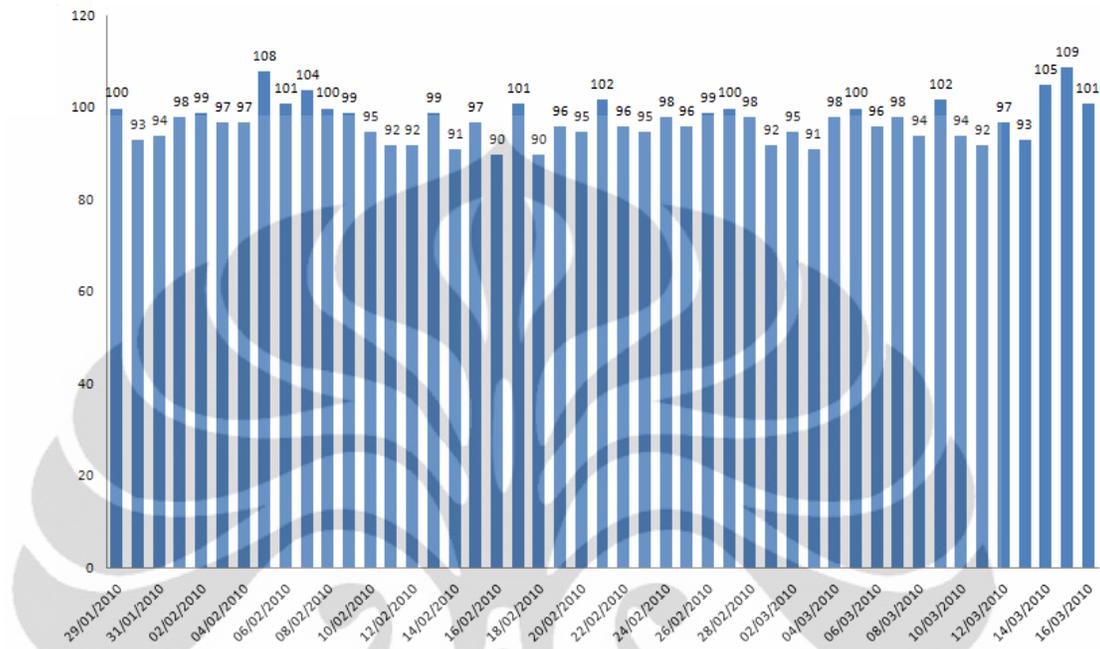
## DAFTAR ACUAN

- [1] Stone, Greg C. Dan Howard G. Sedding, "Application of Partial Discharge Testing to Motor and Generator Stator Winding Maintenance" IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 32, No. 2, March/April 2006.
- [2] Pemen, August J.M., "Detection of Partial Discharge in Stator Windings of Turbine Generators" Tesis, Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2000.
- [3] Mallikarjunappa, K. Dan S.N Moorching, "Partial Discharge Magnitude Distribution Analysis in Characterizing Ageing Phenomena in High Voltage Rotating Machine Insulation System" IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Arlington, Virginia, USA, June 7-10.
- [4] Agung, Haryo, dan Saiful Adib, "Partial Discharge and Diagnosis" Paper, Bandung : ITB, 2000.
- [5] Kimura, Ken, "Progress of Insulation Ageing and Diagnostic of High Voltage Rotating Machines Windings in Japan" IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 9, No. 3, May/June 1993.
- [6] Kim, Hee Dong, Tae Wan Kim, "Thermal Aging Properties of Mica/Epoxy Stator Windings Insulations" IEEE Annual Report, Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Minneapolis, October 19-22, 1997.
- [7] Hudarojat, Andry, "Studi Penentuan Umur Belitan Stator Generator dengan Pendekatan Analisis Efek Internal Partial Discharge" Paper, Bandung : ITB, 2006.
- [8] \_\_\_\_\_, "Alat Monitoring Kondisi Isolasi" KES International Ltd, 1997
- [9] Schwarz, M. Muhr, "Partial Discharge Measurement as a Diagnostic Tool for HV Equipments" Tesis, Graz : Institute of High Voltage Engineering and System Management : Graz, 2007.
- [10] Fruth, Bernd "General Interpretation Scheme for Partial Discharge Pattern Monitoring" PD Power Engineering AG, 1999.

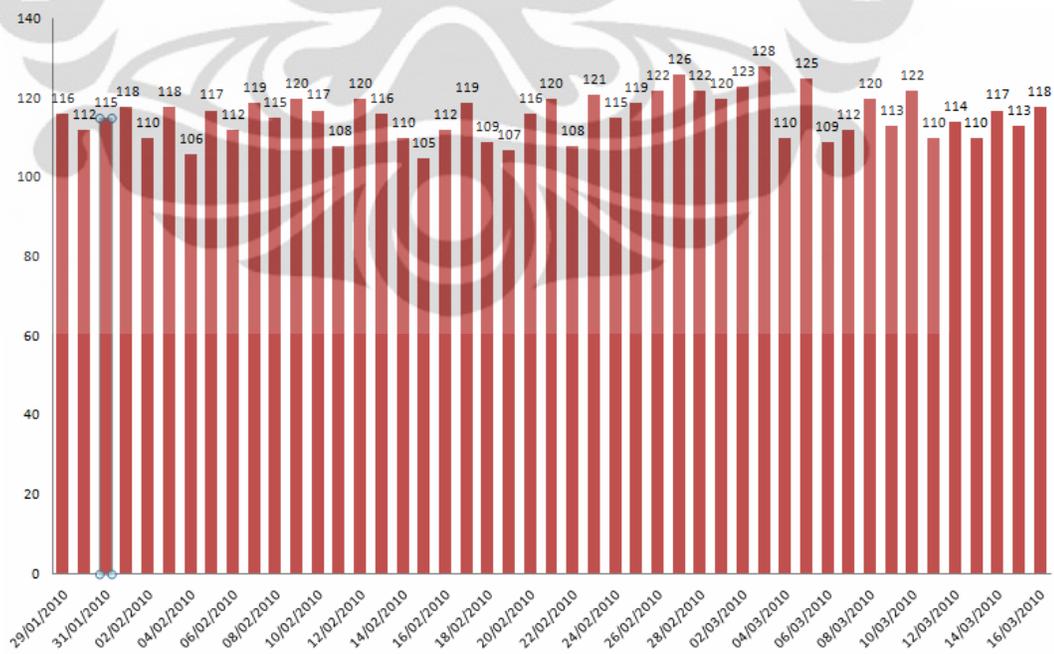
## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_, *MICAMAXX Plus Step by Step Procedure*. Switzerland : PD Tech Power Engineering AG, January 2003.
- \_\_\_, *MICAMAXX Plus User Manual*. Switzerland : PD Tech Power Engineering AG, September 2002.
- \_\_\_, *Partial Discharge Basic Monitoring*. Switzerland : PD Tech Power Engineering AG, January 2003.
- \_\_\_, *Partial Discharge Online Monitoring of Rotating Machines*. Switzerland : PD Tech Power Engineering AG, September 2002.
- Chapman, Stephen J., "Electric Machinery and Power System Fundamentals" McGraw-Hill, New York, 2002.
- Wendel, Christoph, Thomas Laird, dan Tom Bertheau "Continuous Partial Discharge Monitoring with Assessed Condition Trending System (ACTS)" CIGRE : Mexico, 2001.
- Paoletti, Gabriel., Alexander Golubev"Partial Discharge Theory and Technologies Related to Medium-Voltage Electrical Equipment" IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 37, No. 1, January/February 2001.

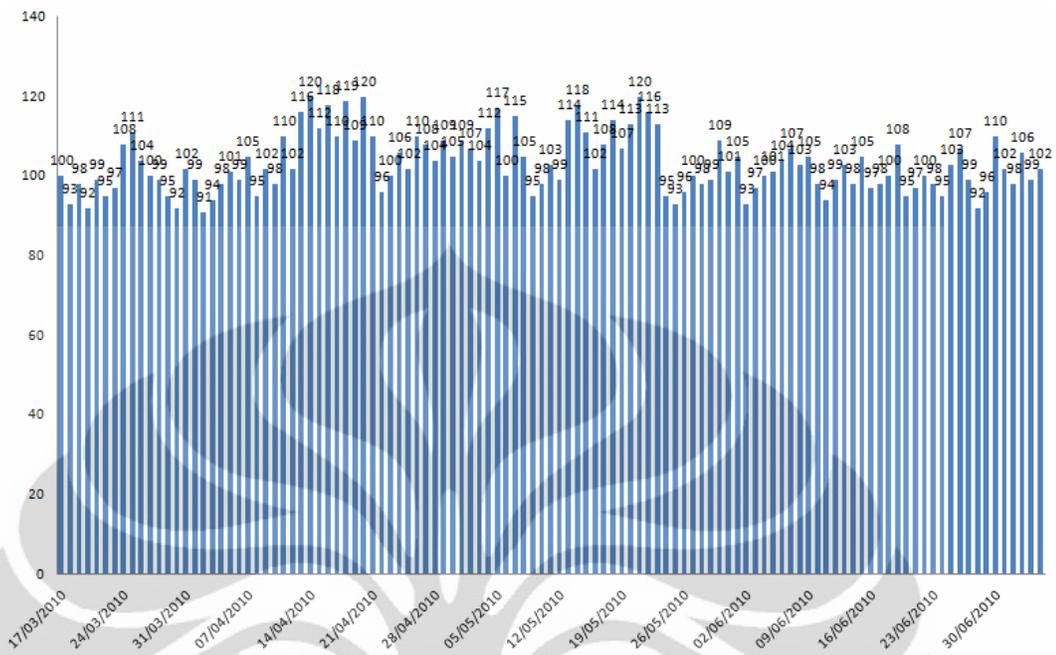
## LAMPIRAN



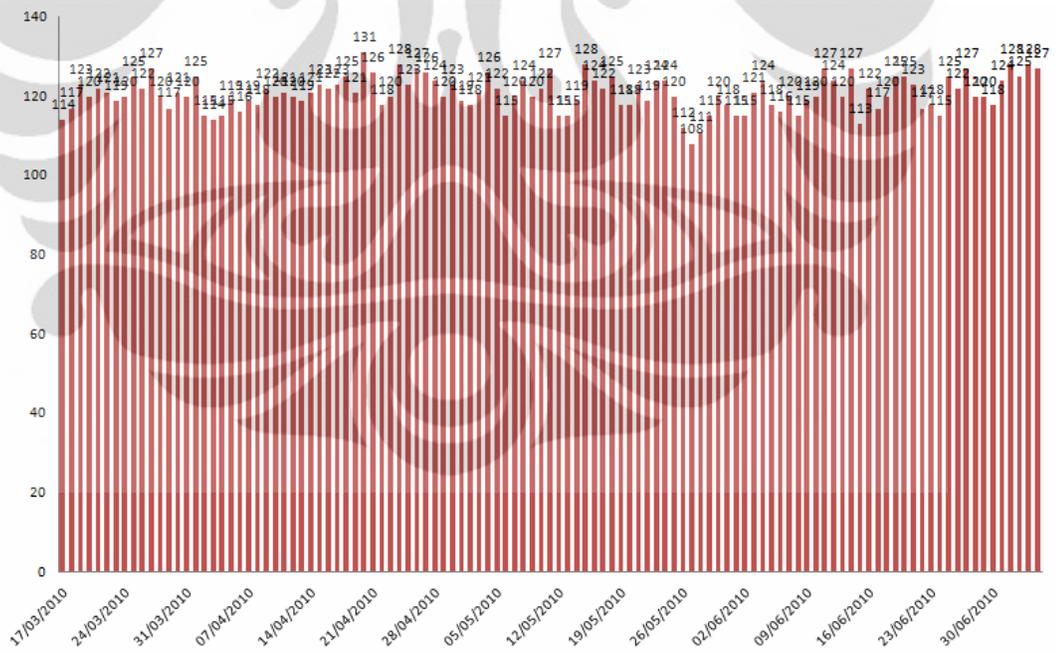
Grafik beban harian dari tanggal 29 Januari 2010 hingga 16 Maret 2010 (MW)



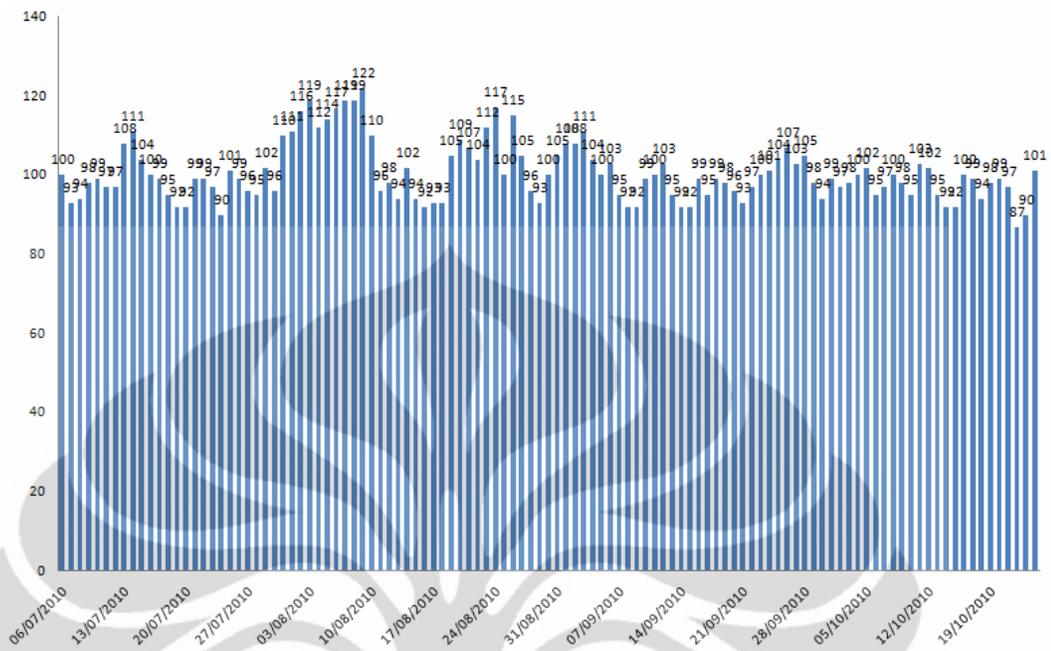
Grafik beban puncak dari tanggal 29 Januari 2010 hingga 16 Maret 2010 (MW)



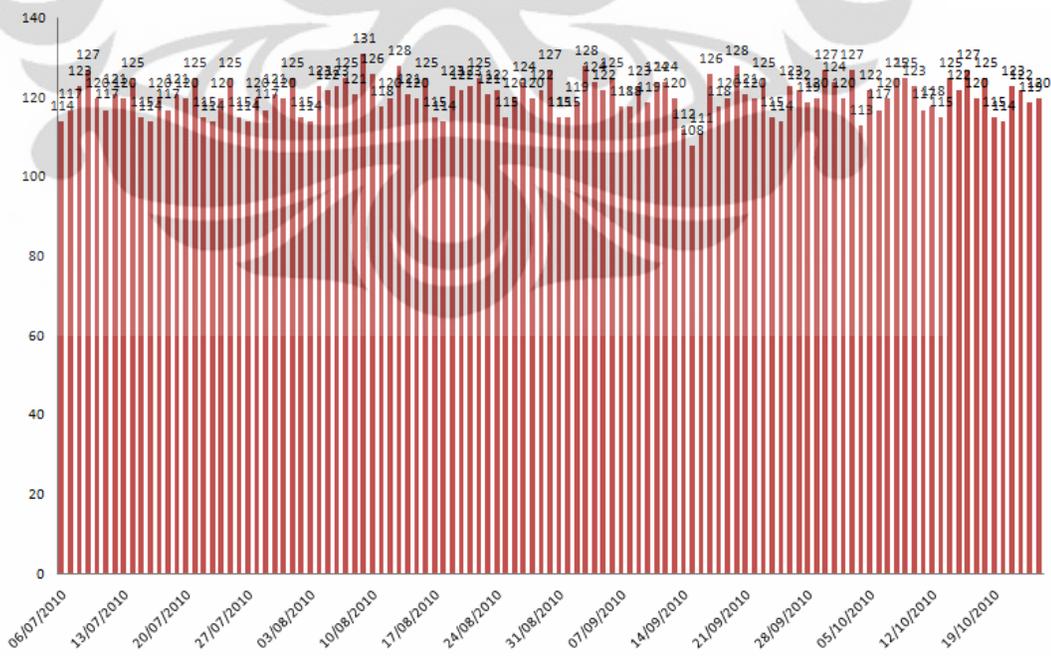
Grafik beban harian dari tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010 (MW)



Grafik beban puncak dari tanggal 17 Maret 2010 hingga 5 Juli 2010 (MW)



Grafik beban harian dari tanggal 6 Juli 2010 hingga 9 Desember 2010



Grafik beban puncak dari tanggal 6 Juli 2010 hingga 9 Desember 2010

