

# ANALISIS BREAKDOWN PADA PEMUTUS TENAGA AKIBAT SURJA PETIR PADA GARDU INDUK 150 KV CIKARANG

Doni Septian Mahendana, Ramadhoni Syahpuutra, Anna Nur Azilah Chamim  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Kasihan,  
Bantul, Yogyakarta 55183  
Email: donitbon@gmail.com

---

## Intisari

Sebuah sistem tenaga listrikan dapat dikatakan andal apabila sistem itu mampu mengatasi gangguan listrik yang timbul baik berasal dari dalam peralatan (gangguan permanen) maupun faktor dari luar peralatan (gangguan temporer) dengan cepat, aman dan selektif tanpa harus melakukan pemadaman total. Tujuan dan penelitian yaitu menganalisis *breakdown* pada Pemutus Tenaga (PMT) Akibat Surja Petir Pada Gardu Induk 150 kV Cikarang. Metode penelitian ini menggunakan analisa dengan cara membandingkan arus gangguan yang diterima PMT dengan kapasitas pemutusan PMT. Penelitian ini berhasil mengetahui titik kerusakan pada PMT saat memutus arus gangguan lebih akibat surja petir yang mengakibatkan bagian *safety plate* pada PMT terbakar, sehingga mengalami kebocoran GAS SF6 sebagai media pemadaman busur api.

**Kata Kunci : PMT (*breaking capacity*), Kebocoran pada GAS SF6**

---

## 1. PENDAHULUAN

Sebuah sistem tenaga listrikan dapat dikatakan andal apabila sistem itu mampu mengatasi gangguan listrik yang timbul baik yang berasal dari dalam peralatan (gangguan permanen) maupun faktor dari luar peralatan (gangguan temporer) dengan cepat, aman dan selektif tanpa harus melakukan pemadaman total. Untuk menjaga kehandalan tersebut sebuah sistem tenaga listrikan, maka peran peralatan proteksi yang di pasang di sebuah sistem tenaga listrikan itu sangat penting

Peralatan proteksi utama yang di pasang yaitu PMT (Pemutus Tenaga) yang di gunakan untuk menangani setiap gangguan yang muncul serta menjaga keandalan sistem yang ada. PMT dijadikan sebagai proteksi utama karena memiliki kemampuan penutupan kembali (*recloser*)

secara otomatis saat terjadi gangguan arus listrik. Sehingga diharapkan gangguan cepat hilang dengan tetap memperhatikan faktor keamanan dan tanpa harus melakukan pemutusan pelayanan energi listrik ke konsumen.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Gardu Induk

Sistem tenaga listrik sering terjadi hubungan singkat pada kondisi *abnormal*, arus yang besar diakibatkan hubungan singkat yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan. Jika hubungan singkat terjadi dalam waktu yang lama maka dapat menyebabkan kerusakan pada bagian-bagian yang penting pada sistem. Proses penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen) melalui jalur transmisi dan jalur distribusi, sistem tenaga listrik terdiri

dari sub sistem yang di hubungkan dan diputuskan dengan suatu alat yang disebut pemutus tenaga (PMT). Sebuah sub sistem diamankan oleh relai, relai akan mendeteksi gangguan yang berada pada CT (*Current Transformer*) kemudian akan memerintahkan PMT untuk open atau close. Maka dari itu relai dan PMT sangatlah penting pada sistem tenaga listrik.

## 2.2 Gardu Induk

Gardu induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari peralatan-peralatan listrik yang merupakan pusat beban dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik. Fungsi utama dari gardu induk adalah mentransformasikan tegangan tinggi ke tegangan tinggi, tegangan tinggi ke tegangan menengah, tegangan tinggi ke tegangan rendah. Untuk melakukan pengukuran dalam pengawasan operasi serta pengamanan pada sistem tenaga listrik, beban yang diperoleh dari gardu induk melalui tegangan tinggi ke tegangan rendah untuk distribusi, setelah melakukan penurunan pada tegangan melalui penyulang-penyulang yang ada di gardu induk

## 2.3 Jenis-Jenis Gardu Induk

### 1. Berdasarkan Besaran Tegangannya

Gardu Induk berdasarkan besaran tegangannya di bedakan menjadi beberapa gardu induk diantaranya adalah:

- a. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275kV dan 500kV
  - b. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150kV dan 70kV
- ### 2. Berdasarkan Peralatan

Pada Gardu Induk berdasarkan peralatan dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

- a. Gardu Induk Pasang Luar (*Out Door Substation*)
- b. Gardu Induk Sebagai Pasangan Luar (*Combined Out Door Substation*)

- c. Gardu Induk Pasang Dalam (*In Door Substation*)
- d. Gardu Induk Pasang Bawah Tanah (*Under Ground Substation*)
- e. Gardu Induk Mobil (*Mobile Substation*)

### 3. Berdasarkan Isolasi yang digunakan

Pada peralatan Gardu Induk menggunakan isolasi untuk mengamankan peralatan jika terjadi gangguan kecil maupun besar dan menjaga peralatan yang ada di Gardu Induk bekerja dengan optimal. Dari hal tersebut isolasi yang digunakan dalam gardu induk yaitu :

- a. Gardu Induk Isolasi Gas (*Gas Insulated Switchgear*)
- b. Gardu Induk Udara (*Konvensional*)

## 2.4 Komponen Gardu Induk

1. Transformator Daya. / Busbar
- 2 **Circuit Breaker (CB) / PMT**
- 3 *Current Transformer (CT) / CT*
- 4 *Disconnecting Switch (DS) / PMS*
- 5 *Capasitor Voltage Transformator (CVT) / CVT*
- 6 *Lightning Arrester (LA) / LA*

### 2.2.4 Pengertian Dari Pemutus Tenaga

Pengertian Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan berupa saklar atau *switching* yang mekanis, berfungsi untuk mengalirkan, memutus, dan menutup arus yang memiliki beban dalam kondisi normal serta dapat menutup dan mengalirkan arus listrik dalam periode waktu yang ditentukan dan dapat memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau sedang dalam gangguan seperti saat sedang mengalami kondisi arus hubung singkat (*short circuit*). Sedangkan definisi dari PMT adalah peralatan berupa saklar atau *switching* mekanis, yang dapat mengalirkan, memutus, dan menutup beban

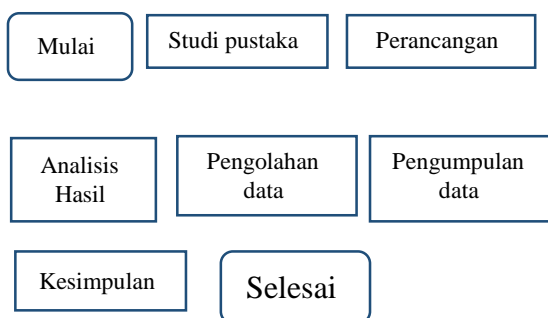
arus dalam kondisi normal sesuai dengan spesifikasi alatnya masing-masing dalam periode waktu tertentu dan memutuskan arus beban dalam kondisi abnormal atau dalam keadaan sedang mengalami gangguan. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pemutus tenaga listrik yang bekerja sebagai pembuka atau penutup aliran listrik dalam suatu rangkaian listrik dalam kondisi memiliki beban, serta dapat menjalankan tugasnya untuk bekerja dengan cepat saat terjadi arus hubung singkat.

### 3. Metode Penelitian

Metode penelitian tentang *breakdown* pada pemutus tenaga (PMT) akibat surja petir pada peralatan Gardu Induk Cikarang ini menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui faktor-faktor penyebab gangguan yang dialami oleh PMT.

Penelitian dilakukan dengan mengobservasi kegiatan lapangan pada pengecekan alat PMT. Selanjutnya, pengambilan data dilakukan melihat visualisasi peralatan PMT, men *download* data gangguan pada relay yang terdapat di CT, melihat manual *book* PMT, melakukan pengukuran pada *Lightning Arrester*, Pengecekan tekanan GAS SF6 pada PMT.

diagram alir pada gambar 1



Gambar Diagram Alir

## 4.1 HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui titik kerusakan pada PMT saat

memutus arus gangguan lebih akibat surja petir yang menyebabkan *breakdown* dan menimbulkan kebocoran pada GAS SF6 yang menimbulkan munculnya api pada bagian *safety plate* PMT. Setelah diketahui pokok permasalahan pada PMT dilakukan pengecekan pada relay yang terdapat pada CVT untuk melihat *record* dari arus gangguan yang diterima PMT akibat arus lebih surja petir.

Dari hasil arus hubung singkat akibat surja petir yang diterima PMT adalah sebesar 33,683 kA. Sedangkan kekuatan PMT untuk dapat menahan arus gangguan itu sebesar 40 kA. Karena tekanan yang masih dibawah standar dari kapasitas pemutusan, mungkin ada beberapa faktor lain sebagai penyebab terjadinya *breakdown capacity*. Sehingga PMT mengalami kerusakan dan tidak dapat digunakan kembali, karena *safety plate* yang digunakan sebagai penutup untuk keluarnya GAS SF6 sebagai media pemadaman busur api mengalami kerusakan dan terbakar, maka dari itu dilakukan lah pergantian pada PMT digantikan dengan PMT yang sudah tidak terpakai dengan merek dana tipe yang sama

Kondisi PMT setelah mengalami *breakdown* ditunjukkan pada gambar 2.



Bagian *safety plate* mengalami kerusakan yang menyebabkan kebocoran pada GAS SF6 sebagai media pemadam busur api, sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.

### 4.2 Pembahasan

Dari data yang didapatkan, maka dilakukan analisa pada PMT. Analisis yang dilakukan berdasarkan perbandingan antara

spesifikasi kekuatan PMT dan arus gangguan yang diterima oleh PMT.

	Measuring Signal	Instantaneous	R.M.S
Cursor 1;	iL1	60.675 kA	33.683 kA
Cursor 2;	iL2	-54.288 kA	33.375 kA
C2-C1	iL1-iL2	114.963 kA	0.308 kA

Terdapat dua PMT yang mengalami arus gangguan yaitu pada fasa S dan T. pada fasa T mengalami arus gangguan iL1 sebesar 33.683 kA, dan pada fasa S mengalami arus gangguan iL2 sebesar 33,375 kA.

*instantaneous* merupakan arus instan tanpa delay total nilai *instantaneous* adalah total dari nilai arus gangguan sesaat yaitu iL1-iL2 60.675 kA + -54.288 kA = 114.963 kA. Yang diterima PMT pada fasa S dan fasa T, arus gangguan yang terjadi selama 5 second.

R.M.S merupakan arus hubung singkat yang diterima saat mengalami gangguan. Nilai total dari arus hubung singkat nya yaitu iL1-iL2 33.683 kA - 33.375 kA adalah 0.308 kA.

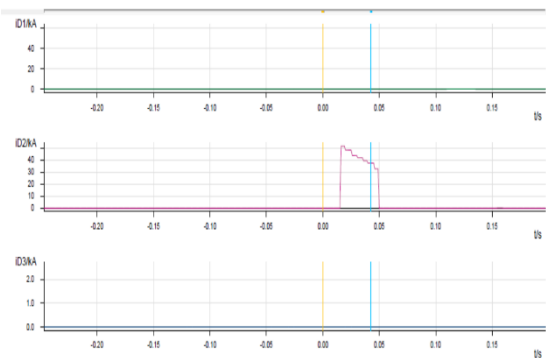
Gangguan per fasa (iL) yang diterima pada saat terjadinya *breakdown* ditampilkan pada gambar 3

Arus gangguan yang diterima per fasa. iL1 merupakan PMT pada fasa T, gelombang diatas mengalami arus gangguan sebesar 60.675 kA selama 5 detik.

iL2 merupakan PMT pada fasa S, gelombang diatas mengalami arus gangguan sebesar -54.288 kA selama 5 detik.

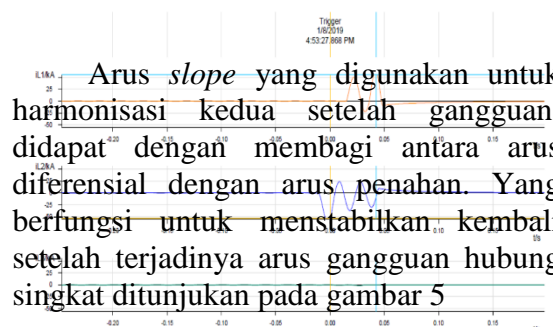
iL3 tidak ada arus hubung singkat dan arus kejut yang diterima makas PMT pada fasa R dinyatakan aman tidak ada gangguan sama sekali.

Arus *distance* yang disebut sebagai arus pengaman utama (*main protection*), relai jarak bekerja dengan cara mengukur besaran *impedansi*. Ditunjukkan pada gambar 4

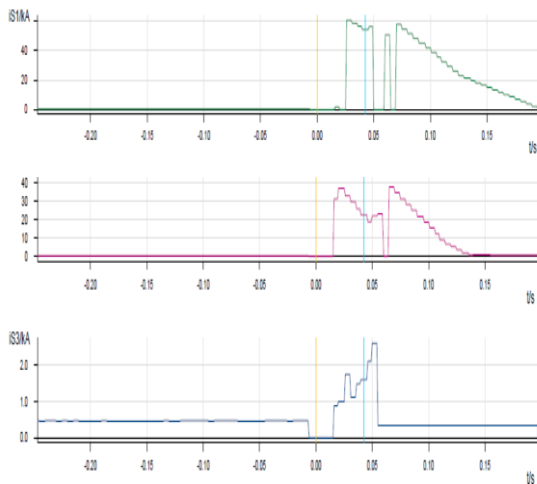


Pada iD2 fasa S mendapat arus pengaman, sedangkan pada iD1 PMT fasa T tidak mendapatkan arus *distance*, sehingga pada fasa T ini mengalami *breakdown* karena tidak adanya arus pengaman pada PMT.

PMT fasa R sama sekali tidak mengalami gangguan yang diakibatkan surja petir, sehingga fasa R aman tidak ada masalah



Arus *slope* yang digunakan untuk harmonisasi kedua setelah gangguan, didapat dengan membagi antara arus diferensial dengan arus penahan. Yang berfungsi untuk menstabilkan kembali setelah terjadinya arus gangguan hubung singkat ditunjukkan pada gambar 5



Aarus *slope* yang digunakan untuk harmonisasi kedua setelah gangguan, didapat dengan membagi antara arus diferensial dengan arus penahan. Yang berfungsi untuk menstabilkan kembali setelah terjadinya arus gangguan hubung singkat.

Pada iS1 atau fasa S arus *slope* kurang lebih sebesar 60 kA mengalami naik turun arus selama lebih dari 15 detik untuk menstabilkan kembali arus yang diterima oleh PMT.

Pada iS2 fasa T arus *slope* kurang lebih sebesar 38 kA mengalami naik turun arus selama 15 detik.

Pada iS3 fasa R arus *slope* yang diterima dikisaran angka 27 kA, fasa R tidak mengalami gangguan perfasa (iL) dan gangguan arus *distance* (iD) tetapi ikut mengaharmonisa setelah terjadi arus gangguan selama 5 detik.

Saat terjadinya *trip* pada PMT alarm pada ruang kontrol Gardu Induk berbunyi. Ditunjukkan pada gambar 6

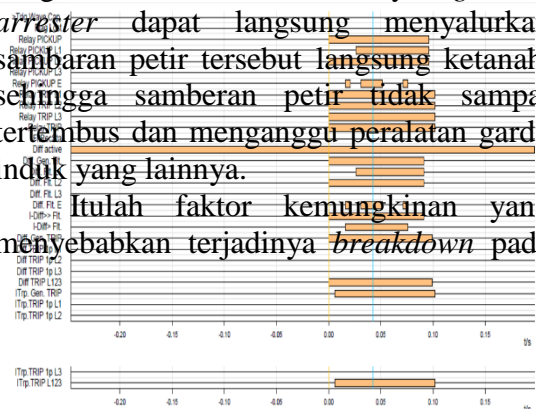
Indikasi peringatan yang aktif saat PMT mengalami arus gangguan yang menyebabkan terjadi *breakdown*, pada saat mengalami gangguan *Diff aktif* sudah memberi peringatan saat arus gangguan melewati *Current Transformator* (CT) sehingga alarm peringatan berbunyi memberitahukan bahwa PMT mengalami gangguan atau *trip*.

### 4.3 Analisis Breakdown Pada PMT

Hasil dari analisis *breakdown* pada PMT akibat surja petir ini disebabkan dari arus gangguan yang diterima dari R.M.S (arus hubung singkat) sebesar 33.683 kA dan nilai dari *Instantaneous* (arus instan tanpa delay) 60.675 kA. Dari nilai yang diterima PMT pada phasa T sebenarnya masih dibawah kapasitas kekuatan PMT dalam memutus arus gangguan, pada PMT NOUVA MAGRINI GALILEO sebenarnya mampu memutus arus gangguan sebesar 40 kA.

Karena disebabkan oleh faktor usia PMT yang sudah digunakan selama 27 tahun beroperasi untuk memutus tenaga listrik, faktor lain yang mungkin mengakibatkan terjadinya *breakdown* adalah tahanan isolasi yang sudah kurang baik, karna pengecekan tahunan pada PMT dilakukan setiap 2 (dua) tahun sekali. Maka produktifitas dari kekuatan PMT sudah mulai melemah karna setiap hari bekerja tanpa henti untuk mengamankan arus. Hasil pengujian *lightning arrester* (LA) pun dibawah standar menyebabka tidak bekerja dengan baik, karena seharusnya *lightning arrester* dapat langsung menyalurkan sambaran petir tersebut langsung ketanah, sehingga sambaran petir tidak sampai tertembus dan mengganggu peralatan gardu induk yang lainnya.

Itulah faktor kemungkinan yang menyebabkan terjadinya *breakdown* pada



PMT sehingga mengakibatkan bagian *safety plate* terbakar yang mengakibatkan kebocoran pada GAS SF6. Langkah yang di ambil selanjutnya adalah melakukan pergantian PMT yang baru dengan merk dan tipe yang sama, karena PMT yang lama sudah tidak dapat digunakan kembali.

### 5.1 Kesimpulan

Analisi *breakdown* pada PMT akibat arus lebih surja petir di Gardu Induk Cikarang dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari kesimpulan diatas *breakdown* pada PMT akibat surja petir hanya dialami oleh fasa T karena mengalami arus gangguan sebesar 33.683 kA.
2. Arus *distance* (iD) hanya didapatkan oleh fasa S setelah terjadinya arus hubung singkat, sehingga pada fasa S ini PMT bekerja memutus arus dengan normal kembali setelah gangguan.
3. Arus *slope* (iS) merupakan arus harmonisasi setelah terjadinya gangguan, pada fasa S (60) kA selama 15 detik, pada fasa T (38 kA) selama 15 detik, dan pada fasa R (27) kA selama 6 detik.
4. *Breakdown* pada PMT akibat surja petir hanya dialami oleh fasa T, karena tidak adanya arus pengamanan yang didapat.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Gardu Induk 150 kV Cikarang, maka disarankan:

1. Perlu dilakukan inspeksi *visual* lebih lanjut terhadap peralatan utama Gardu Induk agar dapat mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan Gardu Induk.
2. Perlu pergantian peralatan utama Gardu Induk apabila usia peralatan sudah cukup lama.
3. Perlu dilakukan pengujian sebelum dilakukannya perawatan dan pemeliharaan Gardu Induk.

1. Houfuron, Imam. 2018. "Analisis Koordinasi Kerja PMT Pada Penyulang Kalibakal-09" Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto .
2. Kadir Abdul, 1996, *Transmisi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas Indonesia.
3. Muhlasin, Habibi, Ajiatmo (2014) "Analisis Perlindungan Efektif Terhadap Sambaran Petir Pada Tegangan 500/20 kV Gardu Induk" Terapan 5 (1), 18-33, 2014.
4. Perusahaan Umum Listrik Negara, 1984. "Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, SE No.032/PST/1984"
5. Putra, M. Ahrar Adi. 2017. "Analisi Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jeranjang" Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
7. Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). "Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach", Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
8. Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources", Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
9. Syakur, Abdul. (2014). "Kinerja Arrester Akibat Induksi Sambaran Petir" Transmisi 11(1), 9-15.

## DAFTAR PUSTAKA

