
ANALISIS PENGARUH INDUKSI PETIR PADA KOMUNIKASI DATA AUTOMATIC MESSAGE SWITCHING CENTER DI PERUM LPPNPI PANGKALPINANG

Jauhari¹, Fardhan Arkan¹, Wahri Sunanda¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung
Desa Balunijuk, Kec. Merawang, Kab. Bangka 33172

email: jauharipki@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu yang menjadi permasalahan teknik di PERUM LPPNPI Cabang Pangkalpinang atau yang biasa disebut AirNav Indonesia Cabang Pangkalpinang adalah sering rusaknya *converter RS232-RS485* ketika terjadinya petir disekitar bandara Depati Amir, meskipun *lightning arrester* telah dipasang. Hal ini disebabkan oleh jalur kabel komunikasi data yang melintasi area *landasan* di bandara tersebut sepanjang 800 meter dan berada di area yang terbuka. Setelah dilakukan analisis, maka didapatkan bahwa petir yang menyebabkan kerusakan pada *converter RS232-RS485* adalah petir induksi yang diperkirakan mengenai saluran kabel tegangan menengah 20 kV yang digandengkan bersamaan dengan kabel komunikasi data pada PERUM LPPNPI Cabang Pangkalpinang. *Lightning arrester* tidak bekerja disebabkan oleh tingkat *breakdown voltage* pada *lightning arrester* tersebut hanya senilai 4 kV, sedangkan petir di pulau Bangka sendiri masih tergolong cukup besar jika dibandingkan dengan *breakdown voltage lightning arrester* yang hanya senilai 4 kV saja.

Kata kunci : Konverter RS232-RS485, induksi, petir, penangkal petir, kerusakan.

PENDAHULUAN

Pada Perum LPPNPI cabang Pangkalpinang, media komunikasi antara server AMSC dan client Teleprinter pada awalnya adalah secara standar RS232. Karena kebutuhan operasional dan telah dibangunnya gedung operasional baru untuk ruangan Aeronautical Reporting Officer yang berjarak 700 meter, dipandang perlu penggunaan standar RS485 sepanjang kabel bawah tanah, dengan menggunakan RS232-RS485 *Converter pada sisi server AMSC dan pada sisi client Teleprinter*, karena pada RS232 hanya mampu mentransmisikan data sejauh ± 50 meter. Sedangkan pada RS485 mampu mentransmisikan data sejauh ± 1200 meter. Sedangkan jarak antara *client* dan *server* pada Perum LPPNPI terpisah sejauh 800 meter, maka digunakanlah RS232-RS485 *Converter* agar data dapat ditransmisikan dengan jarak tersebut.

Peralatan Teleprinter workstation yang terletak diruangan *Aeronautical Report office* ini selama 2 tahun terakhir ini, saat memasuki musim penghujan dan banyak kejadian petir, sering mengalami kerusakan saat bersamaan dengan kejadian petir, sehingga penerimaan dan pengiriman berita penerbangan terganggu. Mengingat pentingnya kegunaan *Teleprinter workstation* tersebut dalam menunjang kelancaran operasional penerbangan dan belum adanya analisa tentang gangguan induksi petir tidak langsung pada peralatan tersebut, maka diangkat permasalahan tentang analisis pengaruh petir pada *arrester* terhadap pengaman komunikasi data AMSC pada perum LPPNPI Cabang Pangkalpinang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh petir terhadap *teleprinter workstation* unit ARO pada perum LPPNPI Cabang Pangkalpinang, sehingga diharapkan dapat bermanfaat untuk mempermudah analisa gangguan dan perbaikan dalam pengiriman dan penerimaan data AFTN.

LANDASAN TEORI

1. AFTN

Pengertian AFTN

AFTN adalah suatu sistem jaringan yang digunakan untuk komunikasi data penerbangan antara satu bandara dengan bandara lainnya baik di Indonesia maupun di negara lain didunia. Komunikasi data penerbangan ini sangat penting karena berguna untuk mengirimkan jadwal penerbangan, berita cuaca, berita lain yang berhubungan dengan penerbangan *Teleprinter* adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan printer yang berfungsi untuk mengirim berita, menerima berita dan menyimpan berita. Dalam sistem AFTN di Bandara menggunakan peralatan yang dinamakan AMSC (*Automatic Message Switching Center*) yaitu Sistem Komunikasi Data penerbangan yang berbasis komputer. Jaringan AFTN di Indonesia dibedakan menjadi:

- 1) *Communication Centre*
- 2) *Sub Centre Station*
- 3) *Tributary*

2. SLP10K1F Subscriber Line Protector

Adalah jenis lightning arrester DC yang digunakan pada sistem komunikasi data. Spesifikasi perangkat ini adalah sebagai berikut :

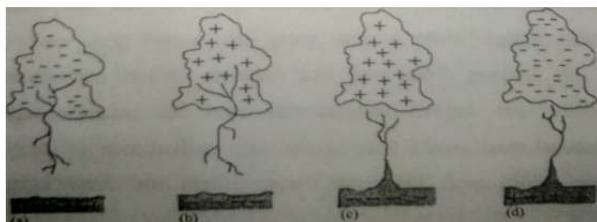
Tabel 2.1 Spesifikasi SLP10K1F (sumber :erico.com)

Part Number	SLP10K1F
Article Number	701540
Max Continuous Operating Voltage (Uc)	190 VDC
Max Discharge Current (Imax)	20 kA 8/20 μs
Rated Load Current (IL)	1,000 Ma
Frequency	12 Hz Max
Transmission Rate	8 MB/s
Protection Module	L-L
Technology	Single-Stage
Connection Type	Krone®LSA-PLUS
Impedance Balance	48 dB Max
Insertion Loss	75 Db Max
Return Loss	22 dB Max
Loop Resistance	0,2 Ω
Temperature	-20 to 60 °C
Enclosure Material	UL®94V-0 Thermoplastic
Depth (D)	21 mm
High (H)	35 mm
Width (W)	125 mm
Unit Weigh	0,02 kg
Certification Details	UL®497
Certification	A-Tick (Asutralia) CE C-Tick cULus Qualifoundre
Standard Packaging Quantity	1 pc
UPC	78285647508
EAN-13	9321098000460

Perangkat ini memiliki discharge current atau arus pelepasan sebesar 20 kA dengan resistansi loop senilai 0,2 Ohm. Maka dapat dihitung tegangan residu (residual voltage) perangkat ini sebesar 4 kV.

3. Petir

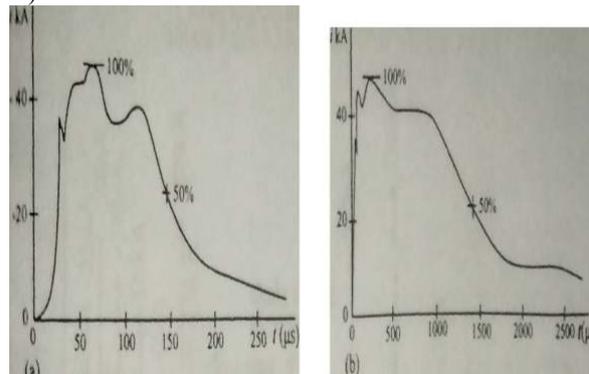
Secara umum jenis petir adalah petir yang melibatkan awan-bumi juga petir yang melibatkan awan-awan menyebabkan keseimbangan antara muatan awan positif dan negatif pada pusat awan. Sedangkan petir yang melibatkan awan-bumi adalah netralisasi muatan awan dengan muatan yang terefek pada permukaan bumi. Petir yang melibatkan awan-bumi ini dapat dibagi menjadi empat jenis yakni petir negatif awan-bumi, petir positif awan-bumi petir negatif bumi-awan dan petir positif bumi-awan. Gambaran tentang keempat jenis petir ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



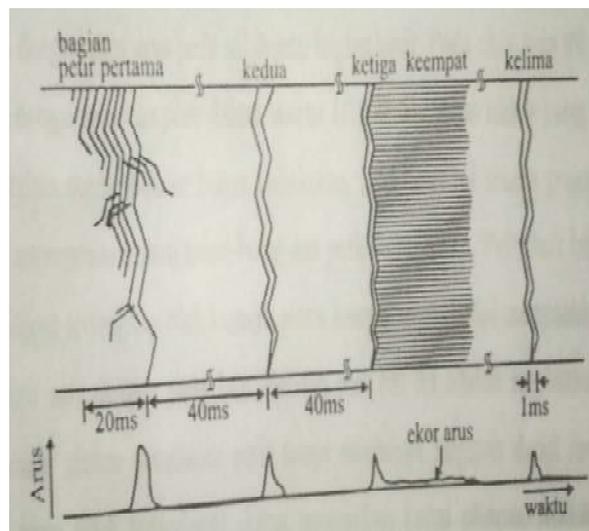
Gambar 2.5 Jenis-jenis petir yang melibatkan awan dan bumi. (a) Petir negatif awan bumi; (b) Petir positif

awan bumi; (c) Petir negatif bumi awan; (d) Petir positif bumi awan (Negara, 2013)

a.) Petir Awan Bumi



Gambar 2.6 Bentuk tipikal arus impuls (a) Negatif (b) Positif (Negara, 2013)



Gambar 2.7 Petir awan bumi negatif berantai (Negara, 2013)

4. Penangkal petir

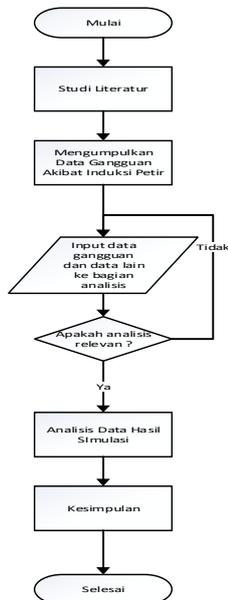
Ada 3 bagian utama penangkal petir :

1. Terminal penangkal / Unit terminal udara (Air terminal unit)
2. Penghantar (Conductor)
3. Sistem pembumian (Grounding system)

Arrester adalah alat pelindung bagi sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (switch surge). Alat ini digunakan sebagai jalan pintas (by-pass) sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya system (50 Hz atau pada tegangan DC)

Fungsi arrester adalah untuk meneruskan arus listrik petir ke ground yang masuk melalui jalur yang dilindunginya, apabila tegangan petir lebih dari kapasitas maksimumnya maka arrester tersebut akan meneruskan arus tersebut ke tanah. Tujuannya agar tegangan di system tidak naik melampaui batas yang diijinkan sehingga peralatan listrik pelanggan maupun generator ataupun trafo tidak rusak.

METODE PENELITIAN



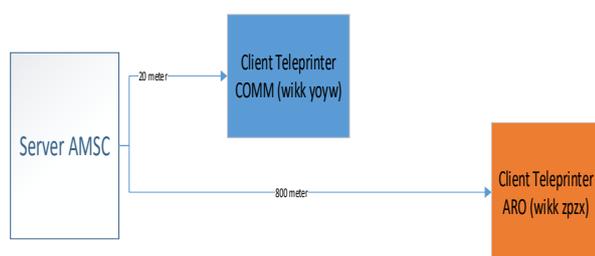
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem jaringan komunikasi data AFTN terdiri dari beberapa perangkat, diantaranya *client*, *server*, AC-DC Converter, RS232-RS458 Converter, RS458-RS232 Converter, serta kabel telepon dengan ukuran 0,6 mm. Dari data yang didapatkan, setiap terjadi petir yang berjarak tidak jauh dari sistem, maka yang akan mengalami *breakdown* terlebih dahulu adalah RS232-RS458 Converter. Dengan keadaan perangkat lain yang masih beroperasi normal.

Analisis Data Gangguan

Gangguan yang akan dianalisis hanyalah gangguan pada *client Teleprinter ARO* (wikkzpx) yang berjarak 800 meter dari *server AMSC*. Sedangkan untuk *client teleprinter COMM* (wikkyoyw) yang berjarak 20 meter dari *server AMSC* tidak akan ikut di analisis, karena pada saat gangguan terjadi, *client teleprinter COMM* (wikkyoyw) tidak mengalami kerusakan atau gangguan. Hal ini sudah di verifikasi kebenarannya dengan adanya surat pernyataan dari AirNav Indonesia, yang akan dilampirkan pada bagian lampiran I. Untuk lebih jelasnya mengenai konektivitas *server AMSC*, *Client Teleprinter ARO* serta *Client Teleprinter COMM*, *single line diagram*nya dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Single line diagram server di Perum LPPNPI cabang Pangkalpinang

Data gangguan yang akan di analisis berjumlah 4 data, dengan rincian lokasi dan waktu sebagai berikut :

Petir Ke-	Waktu/Tanggal	Jarak dari client	Keterangan Icon
1	2 Maret 2018/ 14:00	1,4 km	Icon petir merah
2	15 Mei 2018/ 08:50	0,3 km	Icon petir kuning
3	1 Juli 2018/ 18:00	0,2 km	Icon petir jingga
4	16 Mei 2019/ 13:25	0,6 km	Icon petir biru

Pada gambar 4.2 dapat dilihat lokasi terjadinya petir, dengan ditandai oleh *icon* petir berwarna. Petir tersebut terjadi pada tanggal 2 Maret 2018 (warna merah), 15 Mei 2018 (warna kuning), 1 Juli 2018 (warna jingga) dan 16 Mei 2019 (warna biru).



Gambar 4.2 Lokasi terjadinya petir di sekitar bandara Depati Amir

Analisis Gangguan Pada 2 Maret 2018

Didapatkan data frekuensi petir yang terjadi pada suatu wilayah dalam satu hari. Data yang didapatkan terukur dari jam 07:00 hingga jam 07:00 keesokan harinya. Dengan simbol petir kuning adalah lokasi terjadinya petir. Berdasarkan jalur komunikasi data yang digunakan, maka akan sangatlah mungkin untuk terjadinya *breakdown* sistem komunikasi akibat induksi petir. Mengingat kedalaman kabel yang ditanam hanya sekitar 40 cm dari permukaan tanah, dan petir di Bangka Belitung yang bisa dikatakan diatas rata-rata petir normalnya yang melepaskan arus sekitar 20 kiloampere.

Kabel yang digunakan dalam sistem ini adalah kabel telepon, yang telah di pasang dari sekitar tahun 1991. Mulai sejak awal pemasangan hingga saat ini belum pernah mengalami pergantian kabel. Sehingga dapat diasumsikan bahwa *breakdown voltage* kabel komunikasi yang digunakan adalah sangat besar, lebih besar dari *residual voltage* dari *lightning arrester* yang digunakan, yaitu

$$V_r = I_{max} \cdot R$$

$$V_r = 20000 \cdot 0,2$$

$$V_r = 4000 \text{ Volt}$$

Asumsikan seperti diatas, maka satu-satunya kemungkinan yang akan mengalami *breakdown* setelah kabel komunikasi adalah RS232-RS485 Converter yang dipasang setelah kabel komunikasi, sehingga tidak sempat untuk merusak AC-DC Converter (Power supply adaptor) yang dipasang setelah RS232-RS485 Converter. Jalur kabel komunikasi yang digunakan dan kabel SKTM 20 kV serta lokasi petir dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Lokasi kabel komunikasi (garis merah) dan kabel SKTM 20 kV (garis jingga)

Kabel komunikasi yang digunakan pada suatu titik digandengkan dengan SKTM didalam *pipa kabel* yang melintasi *landasan*.



LAPORAN KERUSAKAN DAN PERBAIKAN

NO	URAIAN	DATA
1.	Tanggal / Bulan / Tahun	2 1 0 3 2 0 1 8
2.	Lokasi	KC PANGKALPINANG
3.	Fasilitas	KOMUNIKASI PENERBANGAN
4.	Peralatan	AMSC
5.	Bagian Peralatan	CPU TELEX DAN KONVERTER
6.	Kategori Kerusakan	2
7.	Uraian Kerusakan	KERUSAKAN PADA MODUL ATS CARD DAN KONVERTER RS 232 KE RS 485
8.	Tindakan Perbaikan	Penggantian CPU dengan CPU Telex milik spare part, serta dilakukan penggantian konverter baru
9.	Penyebab Kerusakan	TERSAMBAR PETIR
10.	Tanggal Kerusakan	0 2 0 3 1 8
11.	Jam Kerusakan	3 5 0 0
11.	Tgl Selesai Perbaikan	2 1 0 3 1 8
11.	Jam Selesai Perbaikan	0 7 0 0
12.	Jumlah Jam Operasi terputus	0 2 6 8
13.	Kode Hambatan	S C

Mengetahui,
PH. MANAGER TEKNIK
[Signature]
M. RIDHO JULIANSAH

Pangkalpinang, 21 Maret 2018
TEKNIKI TELEKOMUNIKASI
[Signature]
DWINDA MAFERIANA

Gambar 4.5 Laporan Kerusakan dan Perbaikan 2 Maret 2018

Pada sekitar pukul 14:55 dengan radius kurang lebih 1,4 km dari posisi teleprinter client ARO, telah terjadi petir yang cukup besar berdasarkan data dari BMKG dengan posisi yang ditandai dengan petir merah seperti pada gambar 4.6. Petir ini yang di indikasikan menjadi penyebab utama kerusakan yang terjadi pada sistem komunikasi data akibat induksi petir pada 2 Maret 2018.

Dari gambar 4.6 lokasi petir pada pukul 14:55 dan dari laporan kerusakan dan perbaikan pada gambar 4.5 memang terdapat kecocokan waktu antara kejadian petir dan gangguan. Pada tanggal 2 Maret 2018 pukul 15:00, telah terjadi kerusakan pada sisi *client AMSC*, tepatnya pada modul ATS Card dan *converter RS232-RS485*. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengganti *spare part CPU* dan *converter RS232-RS485* yang baru. Berdasarkan laporan diatas, dapat disimpulkan bawah induksi petir merusak modul *ATS Card* dan *converter RS232-RS485*. *Lightning arrester* yang di indikasikan tidak bekerja karena *breakdown voltage melebihi residual voltage* pada *lightning arrester* itu sendiri.

Analisis Gangguan Pada 15 Mei 2018

Didapatkan data frekuensi petir yang terjadi pada suatu wilayah dalam satu hari. Data yang didapatkan terukur dari jam 07:00 hingga jam 07:00 keesokan harinya. Dengan simbol petir kuning adalah lokasi terjadinya petir. Jalur komunikasi data yang digunakan, maka akan sangatlah mungkin untuk terjadinya *breakdown* sistem komunikasi akibat induksi petir. Mengingat kedalaman kabel yang ditanam hanya sekitar 40 cm dari permukaan tanah, dan petir di Bangka Belitung yang bisa dikatakan diatas rata-rata petir normalnya yang melepaskan arus sekitar 20 kA.

Kabel yang digunakan dalam sistem ini adalah kabel telepon, yang telah di pasang dari sekitar tahun 1991. Mulai dari sejak awal pemasangan hingga saat ini belum pernah mengalami pergantian kabel. Sehingga dapat diasumsikan bahwa *breakdown voltage* kabel komunikasi yang digunakan adalah sangat besar, lebih besar dari *residual voltage* dari *lightning arrester* yang digunakan, yaitu

$$V_r = I_{max} \cdot R$$

$$V_r = 20000 \cdot 0,2$$

$$V_r = 4000 \text{ Volt}$$

Asumsi seperti diatas, maka satu-satunya kemungkinan yang akan mengalami *breakdown* setelah kabel komunikasi adalah *RS232-RS485 Converter* yang dipasang setelah kabel komunikasi, sehingga tidak sempat untuk merusak *AC-DC Converter* yang dipasang setelah *RS232-RS485 Converter*. Untuk jalur kabel komunikasi yang digunakan dan lokasi petir dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini :



Gambar 4.7 Letak kabel komunikasi dan persebaran petir pada 15 Mei 2018

Analisis yang hampir sama dengan analisis sebelumnya, maka akan menjadi sangat relevan jika akibat induksi petir tersebut akan merusak *RS232-RS485 Converter*. *Breakdown voltage* dari kabel yang dapat dikatakan sangat besar, dan bahkan lebih besar dari *residual voltage lightning arrester* yang digunakan yaitu hanya 4 kV.

Fakta yang menguatkan bahwa kerusakan *converter RS232-RS485* memang disebabkan oleh induksi petir, adalah faktor jarak dan lapangan terbuka. *Client teleprinter COMM* yang berada digedung yang sama dengan *server AMSC*, yang hanya berjarak 20 meter itu, sama sekali tidak mengalami gangguan saat adanya petir tersebut. Kerusakan hanya terjadi pada *client teleprinter ARO* yang terhubung sejauh 800 meter dari *server AMSC* lewat kabel tanah yang dibenamkan bersamaan dengan SKTM 20 kV milik PT.AP 2. Dibuktikan dengan adanya laporan keterangan pada lampiran I.

LAPORAN KERUSAKAN DAN PERBAIKAN

NO: _____ DATA: _____

1. Tanggal / Bulan / Tahun: 2 5 / 0 5 / 2 0 1 8

2. Lokasi: CABANG PANGKALPINANG

3. Fasilitas: KOMUNIKASI PENERBANGAN

4. Peralatan: TELEPRINTER AFTN UNIT ARO

5. Bagian Peralatan: CPU DAN CONVERTER

6. Kategori Kerusakan: 1

7. Uraian Kerusakan: Kerusakan ATS Card pada CPU Telex dan kerusakan converter RS 232 to RS 485 pada media transmisi yang menghubungkan tower dengan AMSC

8. Tindakan Perbaikan: Ganti CPU dengan CPU Comm serta penggantian converter RS 232 to RS 485 terhadap hasil penggantian dilakukan uji coba dengan hasil normal

9. Penyebab Kerusakan: Over voltage dari Petir

10. Tanggal Kerusakan: 1 5 0 5 / 2 0 1 8

11. Tgl Selesai Perbaikan: 2 5 0 5 / 2 0 1 8

12. Jumlah Jam Operasi terputus: 1 3 8

13. Kode Hambatan: S C

Kode Hambatan:
 AU - Tidak ada alat ukur
 PU - Memanggil Penerbangan
 Kallibrasi
 TT - Tidak ada Tekniksi
 SC - Memanggil suku cadang
 TR - Tidak ada Transportasi
 ST - Peralatan belum serah terima
 PC - Pengaruh cuaca

Mengetahui, Pangkalpinang, 25 Mei 2018
 MANAGER TEKNIK
 AGUNG H. AWANTO
 STAMBAKUSUBI

Gambar 4.8 Laporan Kerusakan dan Perbaikan 15 Mei 2018



Gambar 4.9 Letak petir pukul 08:50 pada tanggal 15 Mei 2018

Dari gambar 4.9 lokasi petir pada pukul 08:50 dan dari laporan kerusakan dan perbaikan pada gambar 4.8 memang terdapat kecocokan waktu antara kejadian petir dan gangguan. Serta dari laporan kerusakan dan perbaikan pada gambar 4.8, dapat dilihat bahwa pada tanggal 15 Mei 2018 pukul 08:30, telah terjadi kerusakan pada bagian AMSC, tepatnya kerusakan pada *Telex unit Aro*, kerusakan pada *signal selector Channel 6 Channel 7, Channel 8*, serta kerusakan Modul *ATS Card* pada *CPU Telex ARO*, dan *converter RS232-RS485*. Dan perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengganti *converter RS232-RS485* yang baru. Dari laporan diatas, dapat disimpulkan bahwa induksi petir *converter RS232-RS485*, lalu merambat ke komponen lainnya. Serta *lightning arrester* yang di indikasikan tidak bekerja karena *breakdown voltage* melebihi *residual voltage* pada *lightning arrester* itu sendiri

Analisis Gangguan Pada 1 Juli 2018



Gambar 4.10 Lokasi kabel komunikasi dan persebaran petir 1 Juli 2018

Analisis hampir sama dengan analisis pada tanggal 15 mei 2018,yakni terjadi kecocokan waktu antara kejadian petir dan gangguan pada Teleprinter client ARO.

Analisis Gangguan Pada 16 Mei 2019



Gambar 4.12 Lokasi kabel komunikasi dan persebaran petir 16 Mei 2019

Analisis hampir sama dengan analisis pada tanggal 15 mei 2018, yakni terjadi kecocokan waktu antara kejadian petir dan gangguan pada Teleprinter client ARO.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengaruh petir terhadap lightning arrester pada sistem AMSC pada perum LPPNPI cabang Pangkalpinang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gangguan yang dialami oleh sistem komunikasi data pada sistem AMSC pada Perum LPPNPI Cabang Pangkalpinang disebabkan oleh petir induksi yang berada di sekitar daerah bandara
2. Rata-rata arus petir yang terjadi di daerah bandara di Perum LPPNPI Cabang Pangkalpinang yang menyebabkan kerusakan konverter RS232/485 adalah diperkirakan diatas 20 kiloAmper
3. Ruang terbuka antara Server AMSC dan client yang berjarak 800 meter sangat berpotensi mengalami petir induksi pada jalur komunikasi data penerbangan
4. Tergabungnya kabel telepon komunikasi data dengan kabel SKTM 20 KV milik AP2 dalam 1 pipa kabel yang melintasi landasan sangat berpotensi mengalami petir induksi pada jalur komunikasi data penerbangan

Dari analisis pengaruh petir terhadap lightning arrester pada sistem AMSC pada perum LPPNPI cabang Pangkalpinang, disarankan untuk dilakukan analisis lebih lanjut, dengan melibatkan faktor kekuatan petir dalam kA ataupun kV, serta data lain seperti temperatur udara dan tanah, kelembaban udara dan tanah,faktor medan elektromagnetik dari SKTM 20 Kv dan faktor lainnya

DAFTAR PUSTAKA

Hutauruk, T.S. 1985. Transmisi Daya Listrik. Erlangga.Jakarta.
 Djiteng, 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Graha Ilmu. Yogyakarta.

- Mauliawan, Muhammad Ikhsan. 2017. Evaluasi System Proteksi Petir Di PT. AngkasaPura II (Persero) Bandara Depati Amir Pangkalpinang, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung.
- Negara, I Made. Y., 2013. Teknik Tegangan Tinggi. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Siswanto, Tri, dkk. 2016. Analisis Pengaruh Tegangan Induksi Petir Terhadap Kualitas Komunikasi Data, Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- Stevenson, William D.1983. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Erlangga. Jakarta.
- Sukaridhoto, Stitrustra. 2016. Komunikasi Data Dan Komputer Dasar Dasar Komunikasi Data. PENS. Surabaya.
- Widyastuti, Diah Suwarti,dan Sugiarto. 2015, Dampak Pemberian Impuls Arus Terhadap Tingkat Perlindungan Arrester Tegangan Rendah. TeknikElektro, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Zoro, Reynaldo.2009. Induksi dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik akibat sambaran petir pada jaringan rendah, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- Laporan Kerusakan dan Perbaikan 2 Maret 2018.AirNav Indonesia Cabang Pangkalpinang 2018.Pangkalpinang.
- Laporan Kerusakan dan Perbaikan 15 Mei 2018.AirNav Indonesia Cabang Pangkalpinang 2018.Pangkalpinang.
- Laporan Kerusakan dan Perbaikan 1 Juli 2018.AirNav Indonesia Cabang Pangkalpinang2018.Pangkalpinang.
- Laporan Kerusakan dan Perbaikan 16 Mei 2019.AirNav Indonesia Cabang Pangkalpinang 2018.Pangkalpinang.
- Data Persebaran Petir Bandara Depati Amir 2 Maret 2018.BMKG Depati Amir 2018.Pangkalpinang.
- Data Persebaran Petir Bandara Depati Amir 15 Mei 2018.BMKG Depati Amir 2018.Pangkalpinang.
- Data Persebaran Petir Bandara Depati Amir 1 Juli 2018.BMKG Depati Amir 2018.Pangkalpinang.
- Data Persebaran Petir Bandara Depati Amir 16 Mei 2019.BMKG Depati Amir 2019.Pangkalpinang.
- *Subscriber Line Protector, Single Stage* dalam m.ericom.com/part.html?part=SLP10K1F&country=us&language=en diakses pada 15 Mei 2019.
- *User Guide Hardware ELSA AMSC Aromes 1005Qi*.PT. Elektrindodaya Pakarnusa. Bandung