

PENGARUH ENDAPAN POLUTAN GARAM PADA ISOLATOR PIRING TERHADAP ARUS BOCOR

Raja Harahap¹⁾, Armansyah²⁾, Yusmartato³⁾, M. Iqbal⁴⁾

^{1,2,3)} Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU

⁴⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU

harahapri@yahoo.com

Abstrak

Isolator yang bersih mempunyai tahanan yang sangat besar. Namun bila permukaannya menjadi kotor nilai tahanannya menjadi jauh berkurang. Pengotoran tersebut dapat terjadi karena isolator banyak terpasang di alam terbuka, sehingga bahan-bahan pengotor (polutan) akan mudah menempel pada permukaannya. Bahan-bahan polutan ini berangsur-angsur membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Untuk isolator-isolator yang terpasang dekat dengan pantai, unsur polutan yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja isolator adalah garam yang terbawa oleh angin. Polutan ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, berkabut atau pada hujan gerimis. Jika cuaca seperti ini terjadi, maka akan terjadi arus bocor melalui polutan tersebut. Adanya arus bocor ini akan memicu terjadinya peluahan parsial pada permukaan isolator.

Kata Kunci: Isolator, Polutan, Garam, Arus Bocor

I. PENDAHULUAN

Isolator merupakan salah satu komponen utama dari jaringan transmisi dan distribusi. Isolator berfungsi untuk memegang dan mengisolir kawat-kawat penghantar yang bertegangan terhadap tiang atau menara penyangga sehingga tidak terjadi hubungan fasa ke tanah yang dapat menyebabkan aliran daya listrik terganggu.

Dalam pengoperasiannya, isolator yang dipasang dekat dengan pantai mempunyai resiko gangguan yang relatif besar. Isolator ini dicemari oleh polutan yang terbawa oleh angin laut. Polutan tersebut melekat pada permukaan isolator dan umumnya terdiri dari garam yang disertai dengan butiran-butiran air yang berasal dari penguapan air laut. Di samping garam, biasanya terdapat unsur polutan lain yang bersifat konduktif, seperti debu-debu dari semen atau tanah serta penjamuran (*fungous*) sehingga menjadi jalur yang dapat dilalui arus bocor. Besarnya arus bocor pada isolator ditentukan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- ❖ Kepadatan endapan garam pada permukaan isolator
- ❖ Jenis isolator
- ❖ Tingkat kelembaban lingkungan
- ❖ Besarnya tegangan yang diterapkan pada isolator

Terjadinya pengotoran pada isolator dapat mempengaruhi ketahanan dielektrik dan kinerja suatu isolator. Pengaruh tersebut dapat bersifat sementara maupun permanen. Adapun tujuan penulisan ini adalah mengetahui pengaruh endapan polutan garam dan cara menanggulangi pengotoran isolator tersebut.

Di sini peneliti hanya membahas tentang pengaruh endapan polutan garam pada isolator. Dalam hal ini isolator yang akan dibahas dibatasi hanya pada isolator rantai. Jenis bahan isolator

yang akan dibahas adalah isolator dengan bahan jenis keramik. Serta solusi untuk mengurangi dan menanggulangi pengotoran tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isolator

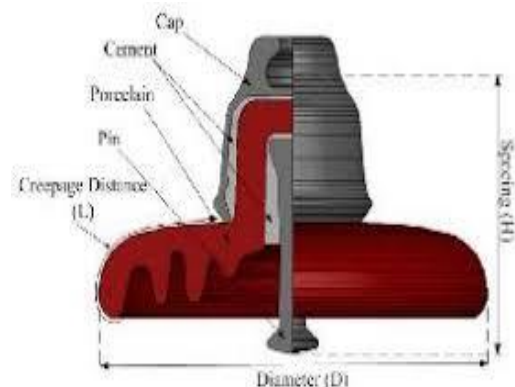
Isolator adalah suatu bahan yang mempunyai sifat mengisolir atau menahan arus listrik pada tempat yang dikehendaki. Sifat isolator yang paling pokok adalah mempunyai tahanan yang tinggi. Tegangan isolator adalah tegangan yang dipikul isolator dalam waktu yang tidak terbatas yang disebut tegangan nominal isolator. Apabila tegangan tersebut melebihi tegangan nominal yang diijinkan, maka isolator hanya dapat menahan dalam waktu yang terbatas. Bila tegangan dikenakan pada isolator tersebut akan mengalami pelepasan muatan (lewat denyar) atau dengan perkataan lain isolator tersebut mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya.

Penggunaan isolator pada saluran udara tegangan tinggi berbeda dengan isolator yang digunakan pada jaringan tegangan menengah. Hal ini disebabkan karena pada saluran tegangan tinggi di samping harus menahan tegangan kerja sistem dan kemungkinan tegangan lebih, juga harus dapat menahan beban mekanis kawat penghantar maupun isolator itu sendiri.

2.2 Bahan isolator

Gelas dan porselin adalah tergolong bahan mineral, tetapi penggunaannya tidak pada bentuk atau keadaan alaminya melainkan harus diproses terlebih dahulu dengan pemanasan (pembakaran), pengerasan dan pelumeran. Itulah sebabnya maka pembasahannya dipisahkan dengan pembasahan bahan mineral. Karakteristik elektrik dan mekanik dari suatu isolator tergantung pada konstruksi dan

bahan yang digunakan. Isolator terdiri dari dielektrik, jepitan logam dan bahan perekat yang mengikat jepitan dengan dielektrik.



Gambar 1. Konstruksi isolator

2.3 Tegangan Tembus Pada Isolator

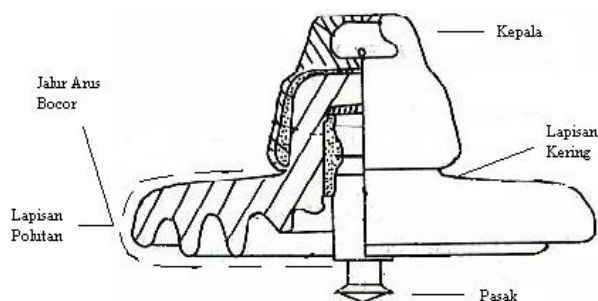
Udara ideal adalah gas yang hanya terdiri dari molekul-molekul netral sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik. Namun pada kenyataannya udara yang ada di dalam alam ini tidak hanya terdiri dari molekul-molekul netral saja tetapi ada sebagian dari padanya berupa ion-ion dan elektron-elektron bebas yang dapat mengakibatkan udara atau gas dapat mengalirkan arus walaupun sangat kecil.

Peristiwa kegagalan isolator melaksanakan fungsinya yang terjadi di udara atau gas pertama-pertama tergantung dari banyaknya elektron bebas yang ada di udara atau gas tersebut. Konsentrasi elektron ini dalam keadaan normal sangat kecil dan ditentukan oleh pengaruh luar, seperti radiasi ultra violet sinar matahari. Akan tetapi konsentrasi elektron bebas ini akan bertambah besar apabila berada pada suatu medan listrik yang mampu menghasilkan proses ionisasi akibat benturan elektron.

Bilamana konsentrasi elektron bebas yang dihasilkan pada proses ionisasi akibat benturan elektron yang cukup besar mampu mengalirkan arus, maka udara atau gas tersebut sudah mengalami tegangan tembus.

2.4 Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja Isolator

Polutan yang terkandung di udara dapat menempel pada permukaan isolator dan berangsur-angsur membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Unsur polutan yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja isolator adalah garam yang terbawa oleh angin laut. Lapisan garam ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, berkabut atau pada saat hujan gerimis. Jika cuaca seperti ini terjadi, maka akan mengalir arus bocor dari kawat fasa jaringan ketanah melalui lapisan konduktif yang menempel di permukaan isolator dan tiang penyangga.



Gambar 2. Isolator Terpolusi

Lapisan konduktif yang lembab menyebabkan tahanan permukaan secara tajam, sehingga arus bocor akan mengalir melalui lapisan tersebut. Arus bocor ini menimbulkan panas, dan mengakibatkan kandungan air di lapisan polutan mengalami proses penguapan. Proses tersebut terus berlangsung sehingga menimbulkan daerah kering di permukaan isolator. Lapisan kering ini biasanya terbentuk lebih dahulu di sekitar kepala (cap) dan pasak (pin) dimana arus paling terkonsentrasi seperti diperlihatkan pada Gambar 2.

Karena lapisan kering ini memiliki tahanan yang lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang basah, maka tegangan jauh terpusat padanya yang mengakibatkan terjadinya pelepasan muatan sebagian yang menjembatani lapisan kering dalam bentuk busur nyala. Peristiwa ini akan berlangsung terus sampai arus bocor mencapai nilai tertentu yang menyebabkan pengeringan berlanjut ke lapisan basah sekitarnya. Pada saat arus bocor cukup besar, pelepasan muatan sebagian akan menimbulkan bunga api yang lebih besar dan apabila dapat menjembatani keseluruhan isolator maka peristiwa lewat denyar akan terjadi.

2.5 Sifat-Sifat Lapisan Polutan

Lapisan pengotor yang menempel pada permukaan isolator secara umum terdiri dari dua komponen, yaitu komponen yang bersifat konduktif dan komponen lembab. Komponen yang bersifat konduktif yang paling umum terdiri dari garam-garam yang dapat terurai menjadi ion-ion (garam ionik) seperti natrium klorida, magnesium klorida, natrium sulfat, dan lain-lain. Larutan garam ini akan mempengaruhi unjuk kerja isolator apabila menempel pada permukaan isolator dalam bentuk lapisan tipis konduktif. Beberapa komponen konduktif lainnya terutama yang terdapat di daerah industri adalah gas-gas yang dapat larut seperti SO₂, yang membentuk larutan konduktif asam. Bahan-bahan ini sulit dideteksi, karena apabila permukaan isolator menjadi kering, maka gas SO₂ akan menguap.

Komponen yang bersifat lembab dari bahan pencemar adalah bahan yang padat dan tidak dapat larut menjadi ion-ion, Bahan-bahan tersebut membentuk ikatan mekanis yang akan mempersulit proses pencucian permukaan secara alamiah.

2.6 Intensitas Polutan Isolator

Tingkat intensitas polusi isolator di suatu daerah dapat ditentukan dengan menggunakan empat tingkat intensitas polusi secara kualitatif, mulai dari tingkat terpolusi ringan sampai tingkat terpolusi sangat berat. Penentuan tingkat polusi ini didasarkan pada keadaan lingkungan isolator dimana ia terpasang

2.7 Proses Pencemaran Isolator

Sebagian besar zat pengotor baik yang bersifat konduktif maupun yang bersifat lembab (non-konduktif), dibawa oleh angin ke permukaan isolator. Peranan angin sangat mempengaruhi pola pembentukan endapan pada permukaan isolator. Hal ini dapat dilihat di kebanyakan lokasi dengan mengamati sisi bawah permukaan isolator. Endapan zat pengotor biasanya lebih banyak terdapat pada bagian tepi yang menghadap arah angin terutama pada permukaan isolator yang berlekuk-lekuk. Pengaruh ini terutama dapat diperhatikan di lokasi di mana angin memiliki arah tetap. Medan elektrostatis memiliki pengaruh penting pada pengumpulan partikel-partikel polutan yang dibawa oleh angin terutama pada bagian-bagian intensitas yang medan listriknya tinggi, seperti pada bagian pasak (pin). Pengaruh ini paling jelas untuk isolator tegangan tinggi DC dimana polaritasnya tetap terhadap waktu. Medan elektrostatis juga memegang partikel-partikel melalui proses polarisasi dielektrik ketika partikel menyentuh permukaan isolator.

Selain arah angin dan medan elektrostatis, ada faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap akumulasi partikel-partikel polutan di permukaan isolator, yaitu umur isolator, jarak isolator dari pantai, keadaan cuaca dan lingkungan, kecepatan angin dan jenis isolator itu sendiri. Faktor jenis sangat terkait dengan profil atau geometrisnya. Ada dua parameter geometris yang mempengaruhi pola pengendapan dan pencucian alamiah polutan dipermukaan isolator, yaitu perbandingan jarak antara sirip dengan rentangan sirip dan kemiringan sirip. Setiap isolator mempunyai profilnya masing-masing, sehingga pola pengendapan polutan pun menjadi berbeda-beda.

Pada isolator terdapat bagian-bagian yang tersembunyi dari terpaan angin secara langsung. Biasanya pada bagian-bagian tersebut akumulasi polutan berjalan sangat lambat, akan tetapi karena bagian-bagian tersebut tersembunyi maka kesempatan untuk pencucian alamiah pun sangat kecil sehingga polutan secara lambat laun akan terus menumpuk. Untuk mengatasi hal ini mungkin diperlukan tindakan khusus, misalnya pencucian secara berkala.

2.8 Pembasahan Lapisan Isolator

Pembasahan lapisan polutan pada permukaan isolator dapat terjadi karena peristiwa-peristiwa berikut ini :

- a. Pengembunan

- b. Tumbukan butir-butir air dengan permukaan isolator
- c. Penyerapan air oleh lapisan pengotor pada permukaan isolator
- d. Pembasahan secara difusi kimia

2.8.1 Pengembunan

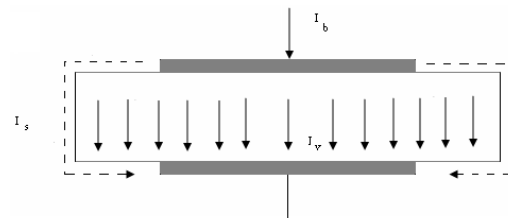
Pengembunan terjadi jika suhu permukaan isolator turun di bawah suhu titik embun. Pada malam yang cerah, permukaan isolator terutama bagian atas akan kehilangan panas melalui proses radiasi. Jika suhu permukaan terus sampai dibawah titik pengembunan ini menjadi penyebab utama terjadinya lewat denyar pada isolator yang terpasang. Beberapa pengamatan menunjukkan bahwa hal ini terjadi pada pagi hari.

2.8.2 Tumbukan Butir-Butir Air Dengan Permukaan Isolator

Pembasahan karena tumbukan butir-butir air dengan permukaan isolator tercemar biasanya terjadi pada cuaca berkabut atau hujan gerimis. Mekanisme pembasahan ini dapat membasahi permukaan bawah isolator lebih efektif dibandingkan pembasahan dengan pengembunan.

2.9 Tahanan Isolator

Jika suatu isolator ditempatkan diantara dua elektroda yang diberi tegangan, maka arus mengalir melalui permukaan isolator dan bahan isolator. Arus permukaan isolator disebut arus permukaan. Arus permukaan mengalami hambatan yang disebut tahanan permukaan (R_s). Arus volume juga mengalami hambatan yang disebut tahanan volume (R_v), kedua arus ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arus Permukaan Dan Arus Volume Serta Arus Bocor Pada Isolator

Menurut hukum Ohm :

$$I_v = \frac{V}{R_v}$$

$$I_s = \frac{V}{R_s}$$

R_s dan R_v terhubung parallel sehingga diperoleh :

$$I_b = I_s + I_v$$

$$R = \frac{R_s \cdot R_v}{R_s + R_v}$$

Dimana :

- I_s = Arus permukaan (Amper)
- I_v = Arus volume (Amper)
- I_b = Arus bocor (Amper)
- V = Beda tegangan elektroda (Volt)
- R_s = Tahanan permukaan (Ohm)
- R_v = Tahanan volume (Ohm)
- R = Tahanan total (Volt)

Tahanan permukaan isolator dapat berubah-ubah tergantung pada berat ringannya polutan yang menempel pada permukaannya. Untuk isolator yang bersih, tahanan permukaannya berkisar antara $10^6 M\Omega$ sampai $10^{10} M\Omega$. Jika polutan yang tingkat polusinya ringan menempel di permukaannya, maka tahanan permukaannya akan turun secara drastis di bawah $10^6 M\Omega$. Untuk isolator terpolusi sangat berat tahanan permukaannya turun sampai $10^3 M\Omega$. Besarnya tahanan permukaan isolator juga tergantung dari material pembuatnya.

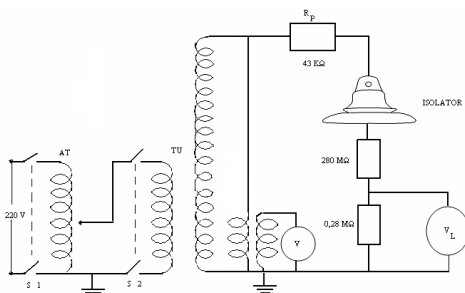
III. PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1 Peralatan Pengujian

Dalam melakukan pengujian yang telah dilakukan, alat yang dipergunakan sebagai berikut:

1. High Voltage Test Set Model ET-1010, 220V/100KV
2. Multimeter
3. Tahanan 43 K Ω
4. Tahanan 280 M Ω
5. Tahanan 0.28 M Ω
6. Isolator 20 KV
7. Termometer
8. Kipas Angin
9. Garam
10. Aquadest
11. Oven
12. Neraca

3.2 Rangkaian Pengujian



Gambar 4. Rangkaian Pengujian Endapan Polutan Garam Pada Isolator

Keterangan :

- AT = Autotransformator
- TU = Transformator Uji
- R_p = Tahanan Peredam
- V, V_L = Voltmeter
- S1, S2 = Sakelar

3.3 Prosedur Pengujian

- a. Masukkan 1 gram garam dapur ke dalam bejana yang berisi 20 liter air aquadest
- b. Isolator yang akan di uji dibersihkan
- c. Isolator yang telah dibersihkan dicelupkan ke dalam larutan garam selama 10 menit untuk memastikan larutan garam mencemari isolator secara merata
- d. Isolator dikeringkan ke dalam ruangan pengering (oven) selama 45 menit, kemudian isolator didinginkan hingga mencapai suhu 20°
- e. Isolator sampel dihubungkan ke terminal keluaran transformator uji, kemudian diukur besar tegangan (V_L) pada tegangan 10 KV, 11 KV, 12 KV, 13 KV dan 14 KV

3.4 Data Hasil Pengujian

Jenis Isolator : Isolator Piring (KGK 1975)

Volume Polutan Garam (gr)	Lama Perendaman (menit)	KV	V_L (Volt)
1	10	10	0,75
		11	0,81
		12	0,81
		13	0,81
		14	0,82
2	10	10	1,71
		11	1,86
		12	2,05
		13	2,69
		14	2,95
3	10	10	3,62
		11	3,80
		12	4,15
		13	4,50
		14	4,80
4	10	10	4,20
		11	4,71
		12	5,82
		13	5,82
		14	6,30
5	10	10	5,50
		11	5,80
		12	6,30
		13	7,20
		14	7,50

Untuk menghitung nilai arus bocor maka diperlukan pengkonversian dari data yang diperoleh dalam pengujian:

$$KV_{rata-rata} = \frac{10 + 11 + 12 + 13 + 14}{5} = 12 \text{ volt}$$

Tegangan rata-rata (V_L) untuk tiap-tiap kandungan polutan:

- Untuk volume polutan 1 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{0,75 + 0,81 + 0,81 + 0,81 + 0,82}{5} = 0,80 \text{ volt}$$

- Untuk volume polutan 2 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{1,71+1,86+2,20+2,69+2,95}{5} = 2,25 \text{ volt}$$
- Untuk volume polutan 3 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{3,62+3,80+4,15+4,50+4,80}{5} = 4,17 \text{ volt}$$
- Untuk volume polutan 4 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{4,20+4,71+5,82+5,82+6,30}{5} = 5,37 \text{ volt}$$
- Untuk volume polutan 5 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{5,50+5,80+6,30+7,20+7,50}{5} = 6,46 \text{ volt}$$

Maka arus bocor yang diperoleh pada tiap-tiap kandungan polutan sebagai berikut:

- Untuk volume polutan 1 gr garam

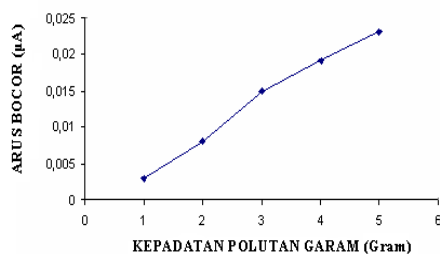
$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{0,8 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,00285 \text{ }\mu\text{A}$$
- Untuk volume polutan 2 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{2,252 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,00804 \text{ }\mu\text{A}$$
- Untuk volume polutan 3 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{4,74 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,01490 \text{ }\mu\text{A}$$
- Untuk volume polutan 4 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{5,37 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,01917 \text{ }\mu\text{A}$$
- Untuk volume polutan 5 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{6,46 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,02307 \text{ }\mu\text{A}$$



Gambar 5. Kurva Karakteristik Hubungan Arus Bocor

3.5 Analisa Data

Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa volume polutan garam yang dilarutkan pada bahan uji akan memberikan dampak terhadap arus bocornya. Fenomena ini terjadi karena kenaikan volume polutan yang dilarutkan mengakibatkan konduktifitas permukaan bahan meningkat. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar kapasitas volume polutan yang dilarutkan pada bahan uji maka nilai arus bocornya semakin besar pula. Karena polutan merupakan faktor utama yang mempengaruhi nilai arus bocornya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari uraian-uraian pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemakaian isolator gantung tergantung dari tegangan yang dipakai pada jaringan tersebut.
2. Untuk mengatasi pengaruh-pengaruh pengotoran pada isolator tidak terlepas dari isolasi isolator tersebut serta adanya pemeliharaan tahunan.
3. Kerusakan-kerusakan pada isolator banyak terjadi akibat adanya pengotoran, pemburukan, sambaran petir dan juga faktor kelembaban udara.
4. Pengaruh-pengaruh pengotoran tersebut akan berakibat fatal bagi isolator, karena isolator mempunyai batas kemampuan tegangan dan jika tegangan yang dihasilkan dari lompatan api melebihi batas tegangan isolator akan mengalami kegagalan.
5. Isolator yang bersih mempunyai tahanan yang besar, apabila terjadi pengotoran maka tahanan isolator berkurang.
6. Semakin besar kepadatan endapan polutan garam pada permukaan isolator, maka semakin besar pula arus bocornya.
7. Semakin besar tegangan yang diterapkan, maka semakin besar pula arus bocornya.

4.2 Saran

1. Peralatan-peralatan yang telah rusak sebaiknya diganti dengan yang baru guna mendukung kelancaran kerja bagi para peneliti yang sedang mengadakan pengujian mengingat bahwa laboratorium tegangan tinggi USU merupakan salah satu laboratorium yang terbesar di Sumatera Utara.
2. Agar pelaksanaan penelitian/pengujian tersebut sebaiknya didampingi oleh tenaga ahli yang dapat mengarahkan pelaksanaan pengujian dan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar A, 1984, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2]. Arismunandar A, Kuwahara S, 1993, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3]. Hutauruk TS, 1998, *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*, Erlangga, Jakarta.
- [4]. Hutauruk TS, 1998, *Transmisi Daya Listrik*, Cetakan Pertama, Erlangga, Jakarta.
- [5]. Muhaimin, 1987, *Bahan-Bahan Listrik Untuk Politeknik*, Cetakan Kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

- [6]. Perusahaan Umum Listrik Negara, 1993, *Tingkat Intensitas Polusi Sehubungan Dengan Pedoman Pemilihan Isolator*, SPLN 10-3b:1993
- [7]. Tobing L Bonggas, 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [8]. Tobing L Bonggas, 2003, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [9]. Standar Nasional Indonesia (SNI), 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*,