
Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI PENGARUH POLUTAN TAK LARUT TERHADAP
ISOLATOR KERAMIK PADA Gardu Induk PT.SEMEN
TONASA II PANGKEP**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar diploma tiga
Pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

Disusun oleh :

Alprianus Pasodung

06 35 052

JURUSAN MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2009

HALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini menyatakan bahwa Proyek Akhir (P.A) :

Judul proyek akhir : **Evaluasi Polutan Tak Larut Terhadap Isolator Keramik
Pada Gardu Induk PT.Semen Tonasa II Pangkep.**

Nama / stambuk : **Alprianus Pasodung (06 35 052)**

Jurusan : Teknik Mesin

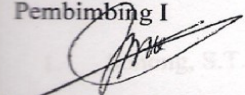
Program studi : Teknik Konversi Energi

Telah disetujui dan diterima oleh pembimbing untuk diajukan sebagai ujian sidang pada program studi Teknik Konversi Energi Jurusan Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

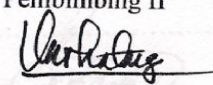
Makassar, November 2009

Mengesahkan :

Pembimbing I

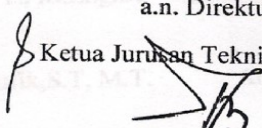

Ir. Herman Nauwir, MT.
Nip. 131 846 393

Pembimbing II


Marhatang, S.ST
Nip.132 299 467

Mengetahui :

a.n. Direktur,


Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Muh. Tekad, S.T., M.T

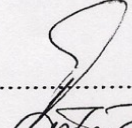
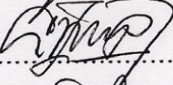
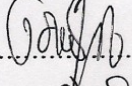
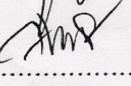
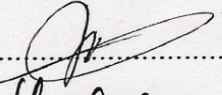
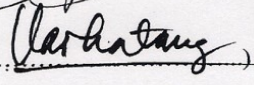
Nip. 131 884 322

HALAMAN PENERIMAAN

Pada November 2009, panitia ujian sidang telah menerima tugas akhir yang berjudul
“EVALUASI PENGARUH POLUTAN TAK LARUT TERHADAP ISOLATOR
KERAMIK PADA GARDU INDUK PT.SEMEN TONASA II
PANGKEP” diajukan untuk memenuhi salasatu syarat menyelesaikan studi pada
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar November 2009

Panitia Ujian Akhir

- | | | |
|------------------------------|----------------|---|
| 1. Sonong, S.T., M.T | Ketua | (..... ) |
| 2. Ir. Lewi, M.T | Sekretaris | (..... ) |
| 3. Ir. Remigius T., M.Eng.Sc | Anggota | (..... ) |
| 4. Akhmad Taufik, S.T, M.T. | Anggota | (..... ) |
| 5. Ir. Herman Nauwir, MT | Pembimbing I | (..... ) |
| 6. Marhatang, S.ST. | Permbimbing II | (..... ) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa,berkat rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan,kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“EVALUASI PENGARUH POLUTAN TAK LARUT TERHADAP ISOLATOR KERAMIK PADA GARDU INDUK P.T SEMEN TONASA II PANGKEP”** Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada orang tua dan keluarga atas “ doa dan jeripayahnya “ selama penulis menuntut ilmu di bangku kuliah.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini ,penulis banyak mendapatkan hambatan dalam penyajian materi,baik isi maupun dalam penyajiannya. Dengan adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak,hambatan itu dapat teratasi. Untuk itu penulis banyak mengucapkan terima kasih banyak pada :

1. Bapak DR. Pirman, Msi selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
 2. Bapak Muh. Tekad ,ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang
 3. Bapak jamal, S.T, M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
 4. Bapak Ir. Herman Nauwir, M.T. selaku pembimbing I dan bapak Marhatang, S.ST . selaku pembimbing II,yang telah memberikan bimbingan yang baik,nasehat, arahan dan dorongan selama penyelesaian proposal ini.
-
-

-
-
5. Segenap dosen beserta segenap seluru staf karyawan Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi.
 6. Orang tua kami yang tercinta yang selalu memberikan motifikasi bagi kami baik berupa moril dan berupa materi.
 7. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin,khususnya teman-teman angkatan “06” yang telah banyak membantu.
 8. Semua pihak yang telah banyak membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Akhir penulis sangat menyadari dalam penulisan proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu,penulis sangat mengharapkan saran dan sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan laporan ini.

Mudah-mudahan Tuhan memberikan yang terbaik buat kita semua. Amin.

Makassar, November 2009

penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PENGESAHAN	II
HALAMAN PENERIMAAN	III
KATA PENGANTAR	IV
DAFTAR ISI	X
ABSTRAK	VI
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	2
1.4. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Isolator	4
2.2 Karakteristik Isolator	4
2.2.1 karakteristik Listrik	4
2.2.2 Karakteristik Mekanik	6
2.3 Pengotoran Isolator	6

2.4 Polusi Pada Isolator	7
2.5 Polutan Larut dan Tak Larut	8
2.6 Pemburukan Isolator	9
2.7 Dampak Polutan Terhadap Isolator	10
2.8 Klasifikasi Isolator Saluran Udara	10
2.9 Bahan – Bahan Isolator	13

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (flow Chart)	17
3.2 Eksperimen pengambilan Data	18
3.2.1 Eksperimen Sifat Fisika	19
3.2.2 Eksperimen Sifat Listrik	20
3.3 Teknik Analisa Data	24
3.4 Waktu	24
3.5 Tempat	24

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Sifat Fisikadan Listrik.....	25
4.1.1 Analisa Pengukuran Konduktiftas	25
4.1.2 Analisa Konduktifitas Permukaan Isolator	26
4.1.3 Analisa Lewat Denyar	29

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 30

5.2 Saran-saran 32

DAFTAR PUSTAKA 33

LAMPIRAN 34



ABSTRAK

Alprianus Pasodung

Evaluasi Pengaruh Polutan Tak Larut Terhadap Konduktivitas Isolator Keramik Pada Gardu Induk Pt.Semen Tonasa Ii Pangkep

Isolator merupakan komponen yang memegang peranan penting sebagai pemisah bagian yang bertegangan dan penopang kawat saluran. Penelitian terhadap Isolator ini difokuskan pada pengaruh besarnya polutan tak larut terhadap konduktivitas permukaan tegangan lewat denyar dari Isolator terpolusi. Pada pengujian Isolator dengan berbagai kondisi diperoleh arus bocor minimum 1,5 mA pada bersih kering, sedangkan arus bocor maksimum didapatkan 28,2mA pada kondisi terpolusi kering (polutan GI Tonasa). Pada pengujian lewat denyar, busur awal terjadi pada tegangan 3 kV dengan jarak spare gap 5 mm, busur menjadi sangat banyak pada saat tegangan 33,33 kV dengan jarak spare gap 20 mm. Besarnya arus bocor sebanding dengan besar tegangan yang diberikan dan semakin besar konduktivitas polutan pada permukaan isolator semakin besar pula arus bocor atau tegangan lewat denyar yang ditimbulkan. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan pembersihan atau penggantian isolator secara periodik pada tiap jaringan untuk memaksimalkan kinerja dari isolator tersebut. Apabila isolator mengalami polusi maka isolator tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai alat yang memisahkan bagian yang bertegangan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik merupakan ujung tombak unit perusahaan PT. SEMEN TONASA untuk pengiriman daya listrik dari pusat-pusat pembangkit ke pusat-pusat beban yang ada pada pabrik, karena itu keandalan sistem transmisi dan distribusi haruslah mendapat perhatian serius agar kontinuitas pelayanan terjamin. Salah satu komponen yang memegang peranan penting adalah Isolator sebagai peralatan pemisah bagian-bagian yang bertegangan serta penahan dan penopang kawat saluran.

Kondisi disekitar Gardu Induk Tonasa yang berdebu telah menyebabkan polusi pada jaringan distribusi Tonasa. Masalah utama pada polusi jaringan ini adalah terbentuknya lapisan polutan pada permukaan Isolator. Dengan terbentuknya lapisan polutan ini dapat mengakibatkan terjadinya tegangan lewat denyar sehingga akan mengganggu fungsi Isolator sebagai Isolator listrik.

Tegangan lewat denyar pada Isolator terpolusi merupakan parameter yang penting dalam perancangan saluran distribusi. Pengujian Isolator terpolusi buatan telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi karakteristik tegangan lewat denyar. Isolator terpolusi buatan dipengaruhi tidak hanya oleh deposit polutan larut *Equivalent Salt Deposit Density* (ESDD) tetapi juga oleh deposit polutan tak larut *Non Soluble Deposit Density* (NSDD). Polutan tak larut merupakan bahan yang menyerap air dan mengikat polutan garam di permukaan Isolator, hal ini menghambat proses pembersihan

Isolator oleh air hujan. Aspek lain yang penting dalam polutan tak larut yaitu pada waktu berjalan lambat seperti kondisi berkabut atau hujan gerimis, hal ini bersama dengan garam yang telah terkait akan menyebabkan pembentukan lapisan konduktif, dan lapisan ini sangat mempengaruhi besarnya tegangan dari isolator terpolusi.

Penelitian dilakukan yaitu memfokuskan pada pengaruh besarnya polutan tak larut terhadap konduktifitas permukaan tegangan lewat denyar dari Isolator keramik terpolusi dengan kondisi lingkungan disekitar Isolator.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang diuraikan di atas, secara sistematis dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengenali sifat-sifat Fisika dari polutan tak larut terhadap isolator keramik pada Gardu Induk jaringan distribusi Tonasa.
2. Bagaimana mengukur sifat-sifat Listrik dari polutan tak larut terhadap isolator keramik pada Gardu Induk jaringan distribusi Tonasa.

1.3 Tujuan

Penelitian yang dilakukan penulis mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisa sifat-sifat Fisika dari polutan tak larut terhadap isolator keramik pada Gardu Induk jaringan distribusi Tonasa yang dilaksanakan melalui analisa konduktivitas larutan polutan.
-
-

-
-
2. Mengukur sifat-sifat Listrik dari polutan tak larut terhadap isolator keramik pada Gardu Induk jaringan distribusiTonasa yang meliputi konduktivitas permukaan dan tegangan lewat denyar.

1.4 Manfaat

Dari hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk :

1. Pihak Tonasa sebagai masukan dalam pemeliharaan peralatan jaringan listrik khususnya Isolator pada Gardu Induk.
2. Kalangan akademis sebagai sarana praktikum Laboratorium Mahasiswa.
3. Kalangan Peneliti sebagai bahan referensi dalam mengembangkan material peralatan tegangan tinggi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian isolator

Isolator adalah alat listrik yang dipakai menyekat untuk mengisolasi bahan penghantar arus listrik dan digunakan sebagai komponen untuk meletakkan dan merentangkan kabel agar tidak terhubung singkat. Isolator berfungsi untuk memisahkan bagian-bagian yang mempunyai beda tegangan supaya diantara bagian-bagian tersebut tidak terjadi lompatan listrik (*flash-over*) atau percikan (*spark-over*).

Isolator sebagai peralatan yang penting dalam transmisi dan distribusi energi listrik sering mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya sebagai alat yang memisahkan bagian yang bertegangan. Kegagalan ini biasanya terjadi pada saat peralatan sedang beroperasi dan bisa menyebabkan kerusakan alat sehingga kinerja system menjadi terganggu. Kegagalan isolasi (*insulation breakdown, insulation failure*) disebabkan karena beberapa hal antara lain :

- 1) Isolasi tersebut sudah lama dipakai
- 2) Berkurangnya kekuatan dielektrik
- 3) Tegangan yang lebih, dan
- 4) Pengotoran yang terjadi pada permukaan isolator.

2.2. Karakteristik Isolator

2.2.1. Karakteristik Listrik

Isolator terdiri dari bahan porselin yang diapit oleh elektroda-elektroda. Dengan demikian, Isolator terdiri dari sejumlah kapasitansi. Kapasitansi ini

diperbesar oleh terjadinya lapisan yang menghantarkan listrik karena kelembaban udara, debu, dan bahan-bahan lainnya pada permukaan Isolator tersebut. Karena kapasitansi ini, maka distribusi tegangan pada sebuah gandingan yang tidak seragam. Potensial pada ujung yang terkena tegangan (ujung yang memegang kawat penghantar) adalah paling besar.

Karakteristik elektrik suatu isolator dinilai dari tegangan lewat denyar yang terdiri dari tegangan-tegangan lewat denyar frekwensi rendah impuls (*puncture*) dimana diantaranya:

1. Tegangan lewat denyar frekwensi rendah kering (*dry power frequency voltage*) adalah tegangan lewat denyar yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara kedua elektroda isolator yang bersih dan kering permukaannya, nilainya konstan serta merupakan nilai dasar dari karakteristik isolator.
 2. Tegangan lewat denyar frekwensi rendah basah (*wet power frequency flashover voltage*) adalah tegangan lewat denyar yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara Kedua elektroda isolator yang basah karena hujan atau sengaja dibasahi.
 3. Tegangan lewat denyar impuls (*impuls flashover voltage*) adalah tegangan lewat denyar yang terjadi bila tegangan impuls dengan gelombang standar diterapkan. Menurut IEC besarnya gelombang impuls standar adalah 1,2 x 50 mS.
-
-

-
-
4. Tegangan tembus (puncture) merupakan tembus yang menyebabkan perusakan bahan isolasinya. Sedangkan perusakan bagian isolator yang disebabkan oleh pemanasan lebih tidak dikategorikan sebagai *puncture*.

2.2.2. Karakteristik Mekanik

Untuk memenuhi persyaratan listrik tersebut diatas, maka isolator harus memiliki kekuatan mekanik guna memikul bahan mekanik penghantar yang dihasilkan. Mengingat sangat luasnya pemakaian bahan penyekat, maka perlu dipertimbangkan kekuatannya supaya dapat dibatasi hal-hal penyebab kerusakan karena akibat salah pemakaian. Misal memerlukan bahan yang tahan terhadap tarikan.

Porselin harus bebas dari lubang-lubang, goresan, keretakan dan mempunyai ketahanan terhadap suhu yang mendadak dan tumbukan dari luar. Dalam merencanakan isolasi saluran transmisi udara, tegangan lebih merupakan factor penting.

2.3. Pengotoran Isolator

Tahanan isolasi dari permukaan isolator yang bersih besar sekali dan nilainya menjadi sangat berkurang menjadi beberapa megaohm bila permukaannya menjadi kotor apabila isolator tersebut dipasang di daerah-daerah industri atau ditepi laut karena daerah tersebut terdapat debu yang lebih banyak dibandingkan di tempat lain. Untuk menanggulangi pengotoran yang menyebabkan penurunan tegangan ketahanan pada isolator, maka ditempu cara-cara berikut :

-
-
1. Menambah isolasi (misalnya dengan menambah jumlah piringan dalam gandengan).
 2. Mencuci isolator, yaitu dengan menyemprotkan dengan air, biasanya dalam keadaan bertegangan (*hot-line washing*).
 3. Memberi lapisan campuran silicon pada isolator untuk menangkal air (*water repellent*).
 4. Menurunkan tegangan sistem atau memutuskan arus saluran transmisi bila diperkirakan akan terjadi gangguan.

2.4. Polusi pada isolator

Isolator pasangan luar dan dalam, pengoperasiannya tidak lepas dari pengaruh lingkungan disekitarnya. Kondisi lingkungan seperti jenis polusi disekitar pemasangan isolator sangat berpengaruh dalam pemilihan jenis isolator dan cara perawatannya. Pada umumnya, polusi pada isolator menurut sumbernya dapat dibagi dalam empat kategori diataranya :

1. Polusi dari laut. Tingkat polusi maksimum dari isolator sangat berhubungan dengan jarak lokasi dari laut. Makin jauh jarak dari laut maka makin sedikit penumpukan yang terjadi. Polusi ini terbawa ke permukaan isolator oleh angin. Pada kondisi tertentu seperti angin typhoon atau badai, sering terjadi penumpukan polutan dalam jumlah yang besar pada permukaan isolator.
 2. Polusi dari industri. Komposisi kimia dari polutan jenis ini sangat beragam dan bisa membentuk lapisan yang menempel kuat pada permukaan
-
-

isolator, seperti jelaga dan asap dari cerobong pabrik, debu polusi dari pabrik semen.

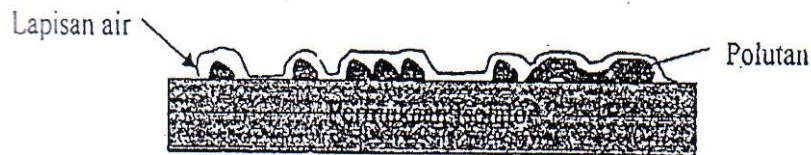
3. Polusi dari daerah padang pasir. Timbunan polutan tak larut larut (*non soluble deposit density*) pada daerah padang pasir pada umumnya lebih banyak daripada di daerah polusi laut. Di daerah tertentu biasanya terjadi kombinasi antara polusi padang pasir dengan polusi laut seperti daerah padang pasir yang dekat dengan pantai. Garam laut yang menempel pada permukaan isolator terlapisi oleh debu yang terbawah dari padang pasir.
4. Polusi dari gunung berapi. Polutan dalam bentuk debu-debu dari berbagai ukuran dengan senyawa utama silikat (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3).

2.5. Polutan larut dan tak larut

Zat polutan yang mempengaruhi ketahanan permukaan suatu isolator dapat digolongkan menjadi dua komponen :

1. Komponen bersifat larut merupakan komponen konduktif yang terdiri dari garam-garam yang dapat terurai menjadi ion-ion dalam suatu larutan, seperti natrium (NaCl), Magnesium Chlorida (MgCl) dan natrium Nitrat (NaNO_3).
 2. Komponen bersifat tak larut adalah bagian dari zat padat yang tidak dapat terurai menjadi ion-ion dalam larutan, tetapi komponen ini dapat mengurangi ketahanan listrik pada isolator, seperti debu, kaolin, tonoko dan bentonit.
-
-

Proses terbentuknya lapisan polutan sangat dipengaruhi oleh keadaan udara seperti kabut,embun,serta hujan rintik-rintik. Polutan seperti *silikat* (SiO_2) debu dan semen Portland. Dapat membentuk ikatan mekanis yang mengikat komponen konduktif. Pada beberapa kasus,ikatan mekanis ini membuat polutan menempel kuat pada permukaan isolator sehingga pencucian sulit dilakukan oleh hujan sendiri. Ilustrasi dari lapisan polutan pada permukaan isolator seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 2.1. *Lapisan polutan pada permukaan isolator*

2.6. Pemburukan isolator

Karena dipakai selama bertahun tahun,isolator berkurang daya isolasinya,misalnya karena mengalami keretakan pada keramik atau porselinnya. Hal ini disebut pemburukan isolator. Sebab-sebab utama dari pemburukan isolator adalah pengembangan kimiawi dan pengembangan karena panas diberbagai bagian isolator. Pengembangan panas karena arus bocor dan berkaratnya pasangan-pasangan logam. Untuk mencegah proses pemburukan dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a) Meningkatkan kuat mekanis dari bagian keramik(porselin)
- b) Membatasi pengembangan kimiawi dari bagian-bagian semen.
- c) Mengecat bagian-bagian semen
- d) Tidak menggunakan lapisan semen dalam lapisan keramik (*porselin*).

Isolator jenis pasak (pin-type) paling banyak mengalami proses pemburukan sehingga sering menyebabkan gangguan pada saluran transmisi. Isolator gantung, *isolator long-road* dan isolator *line-post* jarang menyebabkan gangguan karena pemburukan.

2.7. Dampak Polutan Pada Isolator

Pada umumnya polutan tidak mempunyai dampak positif terhadap kinerja dari suatu isolator. Tetapi sebaliknya, polutan dapat memberikan beberapa pengaruh negatif, antara lain :

1. Mempengaruhi besar tahanan isolasi dari isolator
2. Mempercepat proses kegagalan isolator karena pengotoran pada permukaannya
3. Menyebabkan terjadinya arus bocor.
4. Menyebabkan terjadinya tegangan lewat denyar atau loncatan bunga api.

2.8. Klasifikasi Isolator Saluran Udara (Isolator padat)

Isolator padat digunakan pada saluran transmisi udara yang diklasifikasikan menurut penggunaan dan konstruksinya menjadi Isolator gantung (*suspension*), jenis pasak (*pin-type*), jenis pos saluran (*Line Post*), jenis tarik (*strain*), dan jenis batang panjang (*long-road*).

Dengan menggunakan 2 , 3 atau 4 Isolator maka dapat diperoleh tegangan kerja sampai 45 - 66 kV atau lebih tinggi. Tidak digunakan jenis Isolator untuk tegangan yang lebih jenis *suspension* (Isolator Gantung) merupakan jenis Isolator dimana konduktor digantung pada bagian bawah dari rantai Isolator. Isolator ini dihubungkan satu dan lainnya oleh rantai metal sehingga membentuk sambungan beberapa Isolator untuk mendapatkan tegangan kerja yang diinginkan. Rantai metal yang menghubungkan satu

Isolator dan Isolator lainnya menimbulkan *stress elektrostatis* yang sangat kuat yang ditimbulkan oleh karena mengalirnya arus pada penghantar.

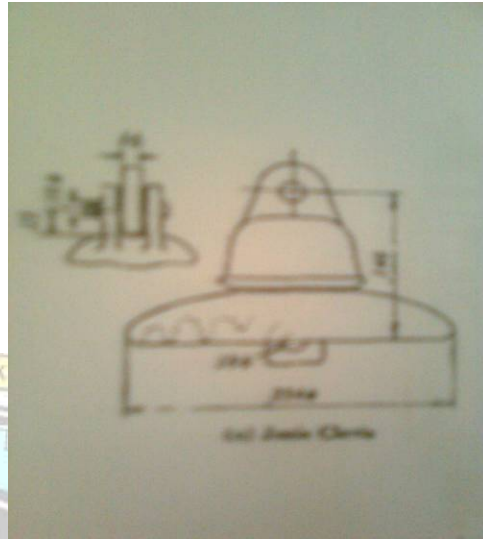
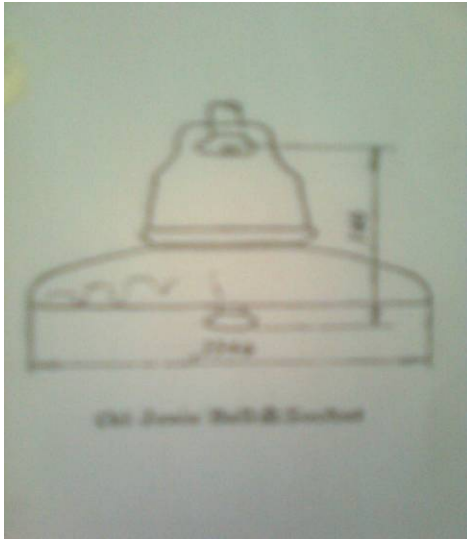
Isolator jenis *suspension* banyak digunakan diatas 50 kV dengan alasan :

- a) Setiap Isolator dibuat untuk tegangan rendah yang relatif rendah sehingga setiap lapangan kerja yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan memutuskan Isolator yang sesuai.
- b) Jika terjadi kerusakan pada salah satu Isolator maka Isolator yang lain tetap dapat berfungsi sebagai Isolator.
- c) Jika pada bagian tertentu pada jaringan transmisi diperlukan kekuatan Isolasi yang lebih tinggi maka dapat diperoleh dengan mudah dengan cara menambahkan beberapa rantai Isolator.
- d) Fleksibilitas dari hantaran sangat baik karena Isolator ini dihubungkan satu dengan lainnya dengan klen-klen sehingga bebas berayun pada batas-batas jarak bebasnya.

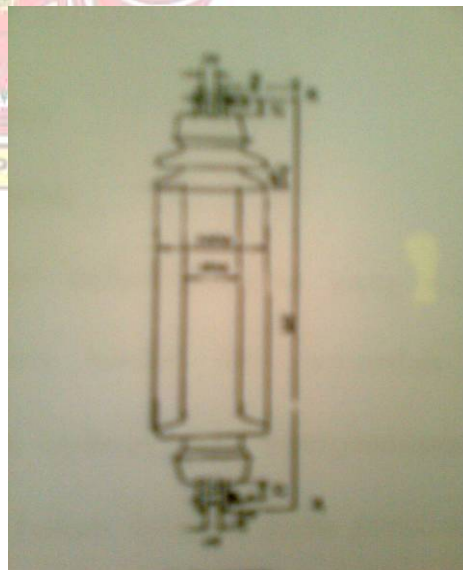
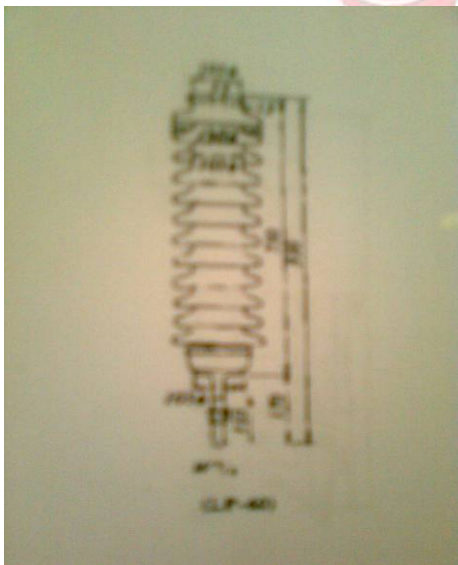
Isolator jenis *strain* (tarik) digunakan pada tiang akhir (*read end*) setiap transmisi atau pada belokan dimana transmisi harus berubah arah. Umumnya digunakan rangkaian Isolator suspensi yang diparalel untuk memperoleh kekuatan tarik yang lebih tinggi. Untuk transmisi tenaga listrik dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan jalan jalan tegangan tinggi diGantungkan pada rantai Isolator.

Jenis *long road* (batang panjang) mempunyai sedikit bagian logam sehingga tidak mudah menjadi rusak. Oleh karena rusaknya yang sederhana maka dia mudah dicuci oleh

hujan sehingga jenis ini sesuai pada tempat-tempat yang hendak dikotori oleh garam dan debu.



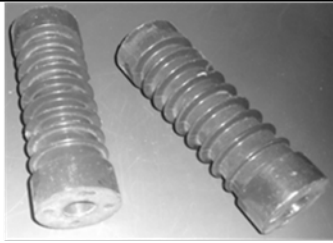
Gambar. Isolator Gantung



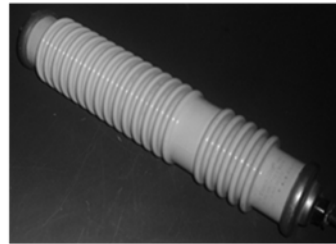
. *Isolator pos saluran(line post)*

Isolator batang panjang

Gambar 2.2. jenis-jenis isolator



Isolator Gantung



Arrester isolator



Isolator Pasak

Gambar 2.2.(Lanjutan)

2.9. Bahan – bahan Isolator

Bahan isolasi yang biasa digunakan pada isolator saluran udara yang dioperasikan pada tegangan tinggi adalah bahan porselin dan polyimer tapi yang dibahas lebih mendetail adalah isolator berbahan keramik.

➤ Bahan keramik(porselin)

Keramik terbuat dari tanah liat china (china clay) yang terdapat dialam dalam bentuk aluminium silikat. Bahan tersebut dicampur kaolin, feldspar dan quart. Kemudian campuran ini dipanaskan dalam tungku yang suhunya dapat diatur. Bahan porselin dibakar sampai keras, halus mengkilat dan bebas dari

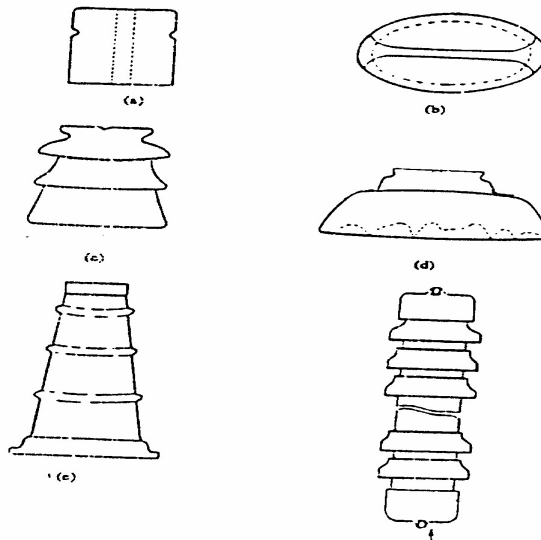
lubang-lubang. Isolator keramik yang yang baik secara mekanis mempunyai kuat dielektrik kira-kira 60 Kv/cm, kuat tekan dan kuat tariknya 70.000kg/cm².

Beberapa kelebihan isolator keramik antara lain :

1. Stabil, karena adanya ikatan ionic yang kuat antara atom yang menyusun keramik seperti silicon dan silicates, sehingga membuat strukturnya sangat stabil dan biasanya tidak mengalami degradasi karena pengaruh lingkungan dan dapat disimpulkan bahwa isolator keramik tidak akan rusak oleh pengaruh UV (ultra violet), kelembaban dan aktifitas elektrik.
2. Mempunyai kekuatan mekanik yang baik, merupakan ciri alami bahwa keramik mempunyai sifat yang mekanik yang kuat, sehingga pada pemakaian isolator keramik sebagai terminal kabel, bushing dan arrester tidak memerlukan material lain untuk menyokongnya.
3. Harga relative murah, penyusun keramik seperti clay, feldspar dan quartz yang hartanya yang relatif murah dan persediaannya banyak
4. Tahan lama, proses pembuatan porselin yang terdiri dari beberapa proses seperti pencetakan dan pembakaran dalam mengurangi kadar air menyebabkan keramik mempunyai sifat awet.

Disamping kelebihan-kelebihan diatas, isolator porselin mempunyai beberapa kekurangan yaitu :

-
-
1. Mudah pecah, isolator porselin rentan pecah pada saat dibawa maupun saat di pasang.
 2. Berat, salah satu sifat dari keramik adalah mempunyai massa yang berat.
 3. Bentuk geometri kompleks, keramik mempunyai jarak sayap yang kecil.
 4. Berluang akibat pembuatan yang kurang sempurna. Berdasarkan pengalaman isolator keramik yang berlubang dapat menyebabkan terjadinya tembus internal (*internal dielectric breakdown*).
 5. Mudah terpolusi, permukaan isolator bersifat hidrophilik, yang berarti bahwa permukaan porselin mudah untuk menangkap air. Sehingga pada kondisi lingkungan yang berpolusi mudah membentuk lapisan konduktif dipermukaannya. Hal ini yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi yaitu *flash over*

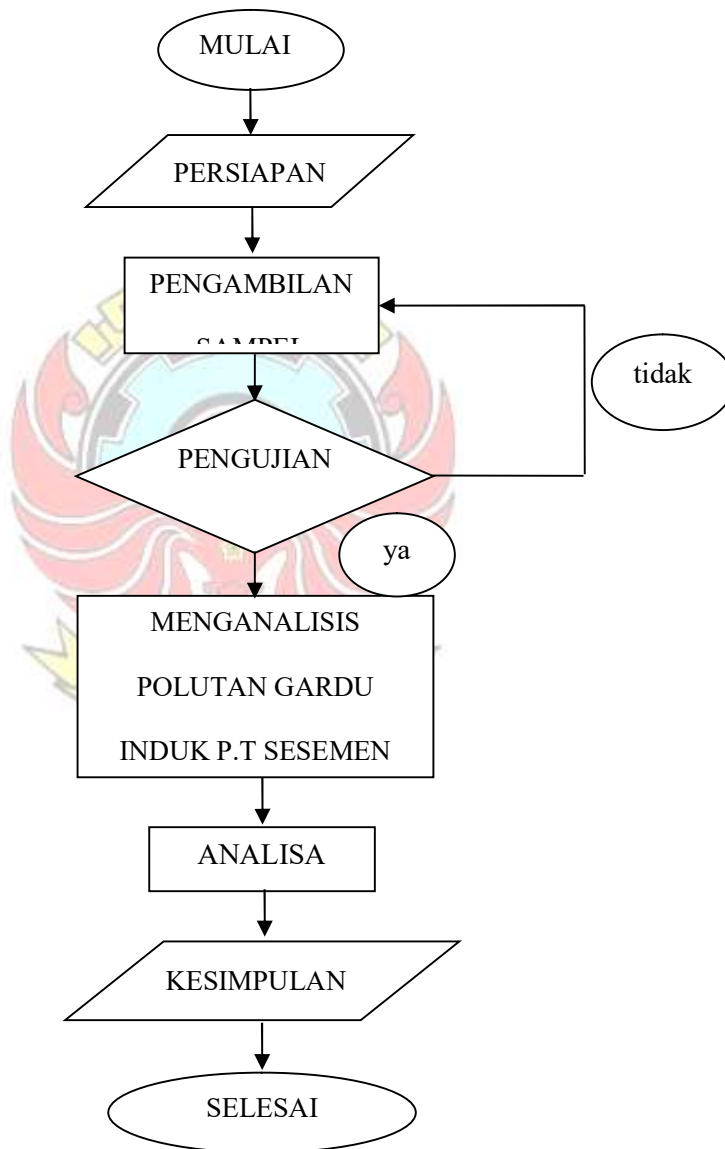


Gambar 2.3. Bentuk isolator porselin(keramik)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir (flow Chart)



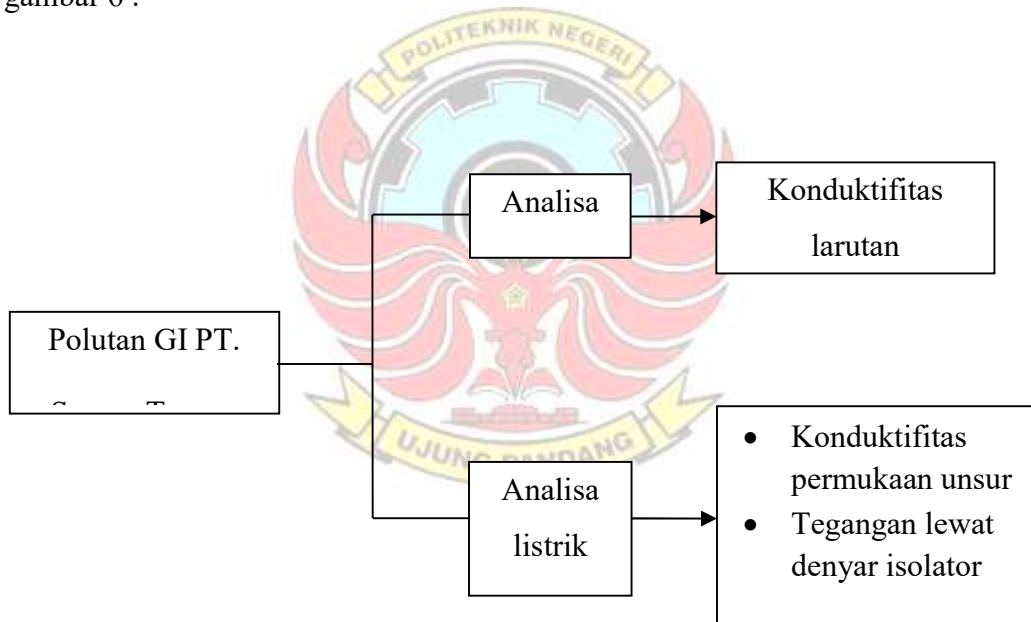
Gambar 3.1. Diagram Alir

3.2. Eksperimen Pengambilan Data

Metode dan prosedur yang digunakan dalam menganalisa polutan gardu induk P.T Semen Tonasa meliputi dua hal :

- a) Analisa sifat fisika
- b) Analisa sifat listrik

Untuk lebih jelasnya kedua jenis analisa yang digunakan dapat digambarkan seperti pada gambar 6 .



Gambar 3.2. Skema gambar Eksperimen

3.2.1. Eksperimen sifat fisika

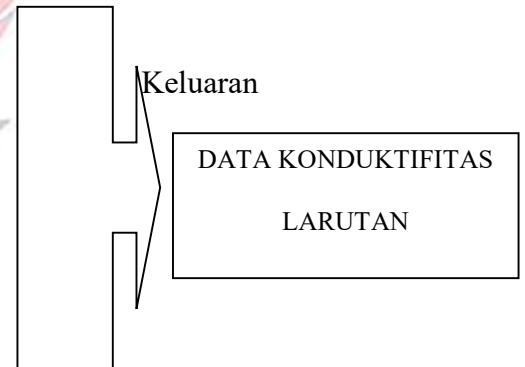
➤ Pengukuran konduktifitas larutan polutan

Pengukuran konduktifitas dilakukan dengan alat ukur konduktormeter. Alat ini mempunyai daerah pengukuran mulai dari 0,1 mS, sampai 19,9 mS dengan resolusi 0,1 mS dan kesalahan 2%. Alat ini telah dilengkapi dengan koreksi temperatur berupa ATC (*automatic temperatur compensation*), sehingga data yang didapat tidak perlu dikonversikan lagi.

Metode dan prosedur dari eksperimen dijelaskan dibawah ini :

Proses :

- Penyiapan larutan polutan
 - Pelarut : air aqua satu liter 3 dengan konduktifitas
1. Zat terlarut : polutan gardu induk dan kaoliin dengan konsentrasi :
2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,
24,26,28,30 gr/ml
 2. Pengukuran konduktifitas larutan dengan menggunakan conductormeter



Gambar 3.3. Gambar eksperimen pengambilan data dengan cara sifat fisika.



Gambar 3.4. *Alat ukur konduktifitas larutan polutan (konduktormeter)*

3.2.2. Eksperimen Sifat Listrik

▪ Eksperimen 1 : konduktifitas permukaan isolator terpolusi

Pengukuran konduktifitas dilakukan untuk empat kondisi keadaan, yaitu

a) Kondisi bersih-kering

Pada kondisi ini, isolator dalam keadaan tanpa polutan dan tanpa pembasahan (tanpa penyemprotan air pada body isolator).

b) Kondisi bersih-basah

Pada kondisi ini isolator dalam keadaan basah pada permukaannya dan tanpa polutan.

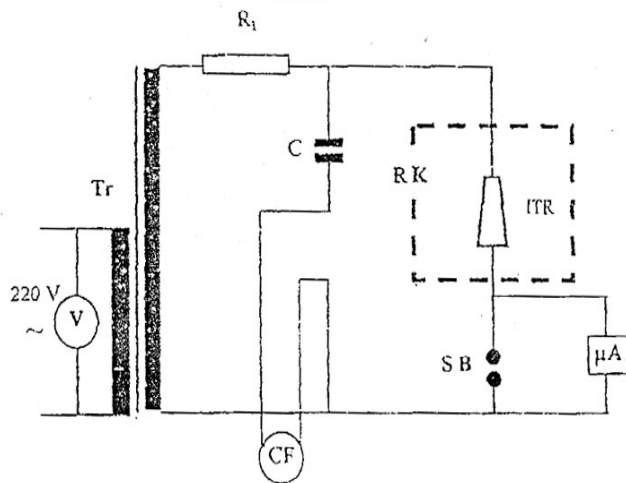
c) Kondisi terpolusi-kering

Pada kondisi ini, isolator dalam keadaan berpolutan (polutan dari gardu induk PT semen Tonasa) dan tanpa pembasahan (kondisi kering).

d) Kondisi terpolusi-basah (dengan polutan dan pembasahan)

Pada kondisi ini, isolator dalam keadaan berpolutan dan dengan pembasahan pada permukaannya.

Prosedur dan skema eksperimen pengukuran konduktifitas permukaan isolator pada kondisi bersih-kering dan bersih-basah ditunjukkan seperti gambar dibawah.



Gambar 3.5. Skema rangkaian pengukuran konduktifitas permukaan kondisi bersih-kering dan bersih-basah.

Keterangan simbol pada gambar diatas :

Tr : Trafo tegangan tinggi 220 V / 100 kV

C: Kapasitor tegangan tinggi 100 pF

CF: alat ukur tegangan puncak chubb & fortesque

SB: sela bola untuk proteksi tegangan lebih, jarak 1 cm

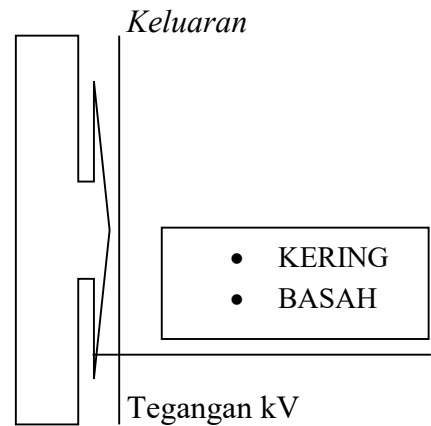
R1: tahanan pelindung trafo jika terjadi hubungan singkat, 10 M ohm

μA: mikro amperemeter digital bolak-balik

ITR: isolator uji

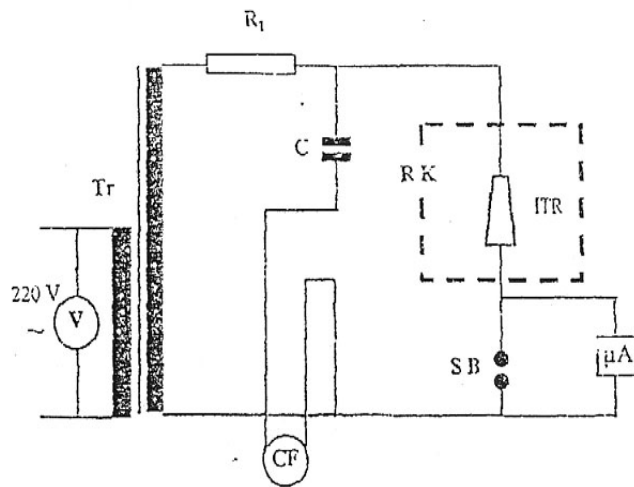
Proses.

- 1) pengukuran pada kondisi bersih-kering dan bersih-basah
- 2) persiapan isolator keramik
(pembersihan agar bersih dari debu dan minyak)
- 3) penempatan isolator pada tempat pengujian
- 4) mencatat besar tegangan dan arus bocor yang terjadi
- 5) penerapan jarak spare gap secara bertahap mulai dari 5mm sampai 20mm
- 6) langkah selanjutnya sama dengan langkah 2-3

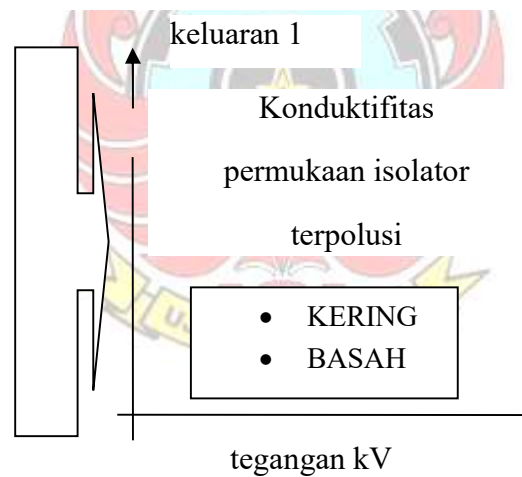


Gambar 3.6. Skema gambar eksperimen pengambilan data pada kondisi bersih-kering dan basah

Uraian dibawah merupakan prosedur dan skema eksperimen pengukuran konduktifitas permukaan isolator pada kondisi terpolusi-kering dan terpolusi basah. Pengukuran pada isolator keramik, dan diambil harga rata-ratanya Digunakan dua polutan (polutan gardu induk PT.SEMEN TONASA dan Kaolin), dengan konsentrasi dari polutan lebih dari 300 gram/liter. Pembentukan lapisan polutan melalui penyemprotan (spaying).Dipilih metode ini dikarenakan lebih efisien dalam penggunaan polutan dibandingkan pencelupan (dipping) atau pengaliran (flowing). Penyemprotan lapisan polutan dilakukan pada isolator keramik untuk pengujian arus bocor



Gambar 3.5 : Skema rangkaian pengukuran konduktifitas permukaan kondisi terpolusi-kering dan terpolusi -basah.



Gambar 3.6 : Skema gambar eksperimen pengambilan data pada kondisi terpolusi-kering dan basah.

Proses :

1. pengukuran pada terpolusi kondisi -basah
2. persiapan isolator keramik (pembersihan agar bersih dari debu dan minyak)
3. penempatan isolator pada tempat pengujian
4. mencatat besar tegangan dan arus bocor yang terjadi

5. penerapan jarak spare gap secara bertahap mulai dari 5mm -20mm

6. langkah selanjutnya sama dengan langkah 2-5.

➤ **Eksperimen 2 : Tegangan Lewat Denyar**

Dalam pengukuran tegangan lewat denyar pada kondisi basah percikan bisa timbul dari ujung-ujung tetes air kebody isolator. Percikan yang diamati adalah percikan timbul, karena pelepasan muatan bagian “kering” (tanpa tetes air). Level ketahanan isolator dari isolator (whithstand voltage) merupakan tegangan kritis, yaitu tegangan maksimum yang masih dapat ditahan oleh isolator sebelum lewat denyar. Prosedur dan skema seperti dibawah.



Gambar 3.9: Skema gambar eksperimen pengambilan data lewat denyar.

Proses :

1. penyemprotan isolator keramik dengan larutan polutan.
 2. penempatan isolator pada tempat pengujian
-
-

-
-
3. penerapan jarak spare gap secara bertahap mulai dari 5 mm samapi dengan 20 mm
 4. mencatat besar tegangan dan arus bocor yang terjadi.

3.3. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh akan dievaluasi sesuai dengan tujuan tugas akhir ini dimana nantinya akan diketahui pengaruh polutan tak larut terhadap isolator keramik dan isolator polymer yang ada pada gardu induk P.T Semen Tonasa. Analisa yang digunakan yaitu membuat grafik dan pembahasan.

Data yang akan diperoleh akan dianalisa dengan cara mengevaluasi konduktifitas permukaan isolator polimer dan keramik dengan tegangan untuk berbagai kondisi polutan.

Adapun data yang akan diperoleh dapat dimasukkan kedalam tabel (lihat lampiran).

3.4. Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan selama kurun lima bulan, dimulai dari bulan 15 Juli sampai November 2009.

3.5. Tempat

Penelitian dilakukan di dua tempat, dimana sampel yang telah diambil dari gardu induk P.T Semen Tonasa II Pangkep, dianalisa di labotatorium Teknik Kimia dan laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.2. Analisa Sifat Fisika dan Listrik

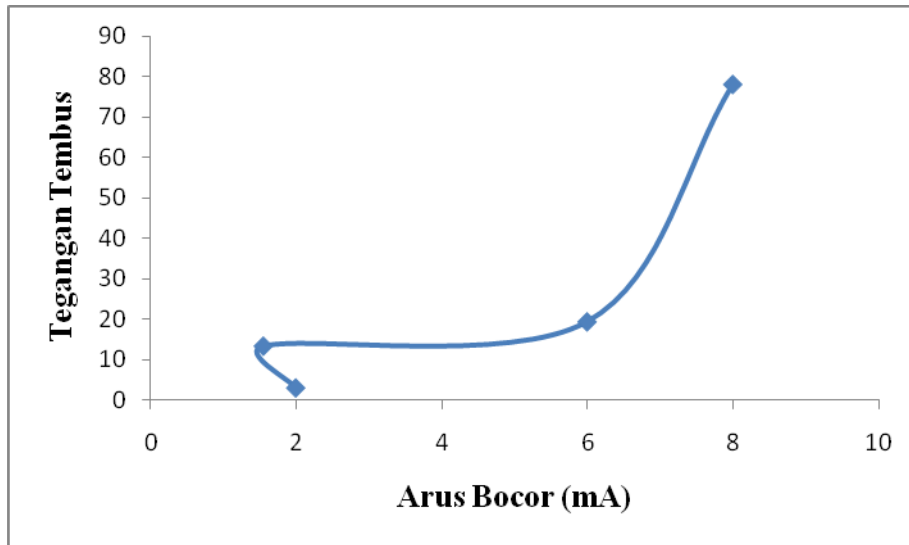
4.1.4 Analisa Pengukuran Konduktifitas

Berdasarkan tabel hasil analisa maka dapat dilihat besarnya konduktifitas larutan dari polutan gardu induk P.T Semen Tonasa dan kaolin. Adapun besarnya konsentrasi polutan dan kaolin dimulai dari 0,2 gr/ml 3,0 gr/ml dengan kenaikan 0,2 gr/ml. Larutan yang terbentuk merupakan suspensi zat pelarut (air aqua) dan zat yang dilarutkan (polutan Gardu induk PT Semen Tonasa dan kaolin). Pada saat dilarutkan partikel yang dilarutkan tidak dapat bercampur langsung dengan air aqua. Partikel ini hanya dapat mengendap bila didiamkan kurang lebih 2 jam.

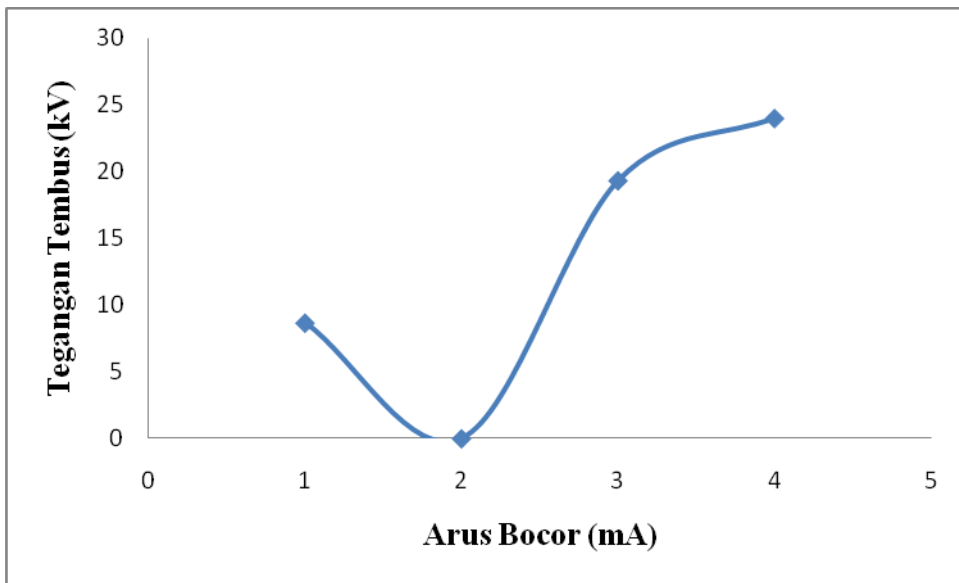
Bila kita lihat kembali hasil pengamatan tabel pada lampiran, maka besarnya konduktifitas larutan kaolin relative rendah karena zat tersebut bukan merupakan zat yang mudah terurai.

4.1.2. Analisa Konduktifitas Permukaan Isolator

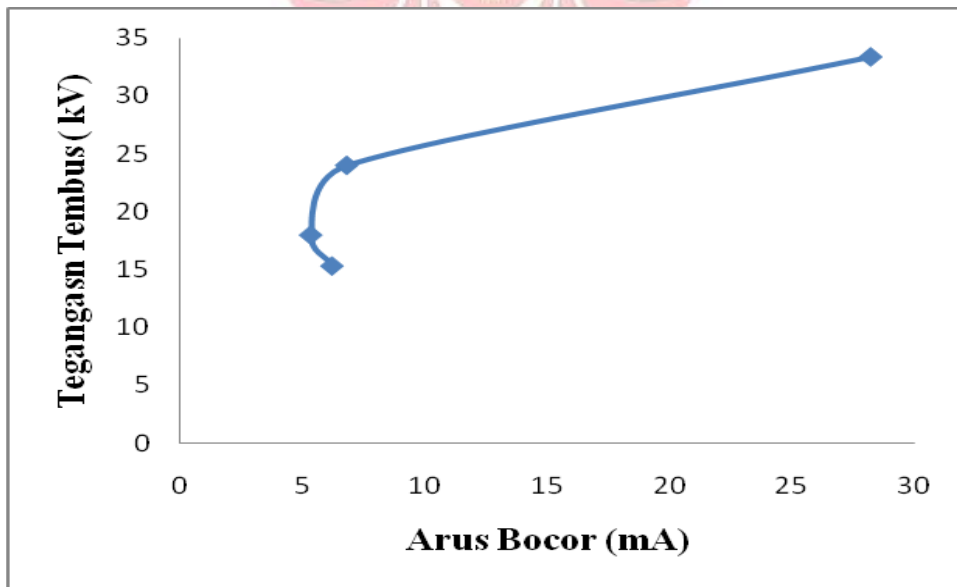
Untuk analisa konduktifitas permukaan isolator akan dianalisa pada grafik yang merupakan hubungan antara arus bocor dengan tegangan untuk berbagai kondisipolutan



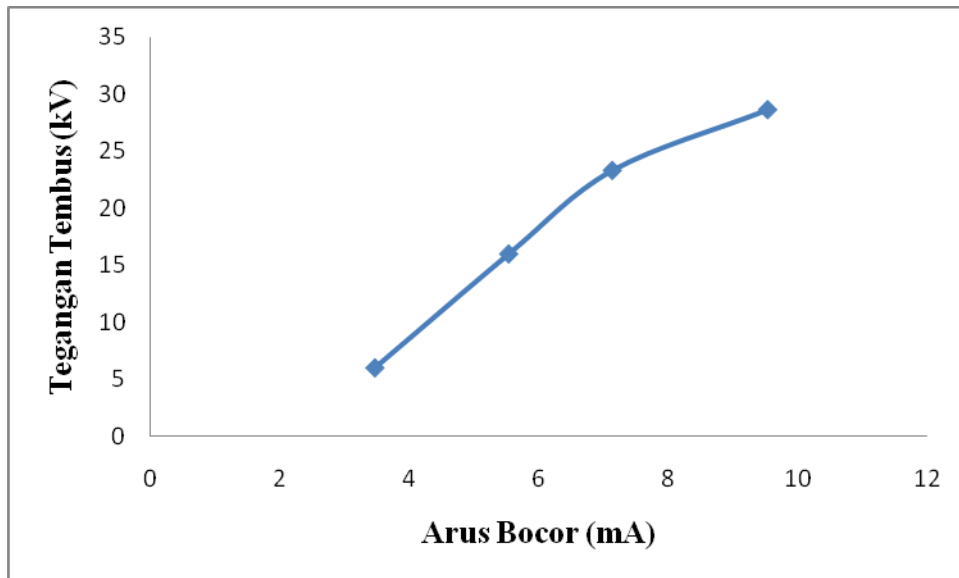
Grafik4.1.Hubungan antara arus bocor dengan tegangan tembus pada isolator keramik pada kondisi bersih–kering.



Grafik 4. 2. Hubungan antara arus bocor dengan tegangan pada isolator keramik dalam kondisi bersih-basah.



Grafik 4.3. Hubungan antara arus bocor dengan tegangan pada isolator keramik dalam kondisi terpolusi-kering.



Grafik 4.4. Hubungan antara arus bocor dengan tegangan pada isolator keramik dalam kondisi bersih terpolusi-basah.

Jenis isolator yang digunakan yakni isolator keramik. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa arus bocor akan semakin naik sebanding dengan besarnya tegangan yang diberikan. Artinya semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula arus bocor yang akan terjadi.

Pada kondisi polutan gardu induk PT.Semen Tonasa pangkep harga arus bocor yang terjadi dalam kondisi terpolusi kering arus bocor yang terjadi akan relative lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi polutan lain.

Untuk kondisi pengotorasn isolator dengan menggunakan isolator keramik dapat dilihat pada grafik. Grafik tersebut menunjukkan harga arus bocor paling tinggi

dibanding dengan kondisi lain. Hal ini dikarenakan adanya komponen konduktif baik dari polutan maupun dari kelembaban.

Dengan adanya kelembaban tersebut maka hal ini dapat memperbanyak jumlah kandungan air yang diserap lapisan polutan dan kemudian dapat memperbesar konduktivitas lapisan polutan, hal ini akan nampak dari arus bocor yang semakin besar.

4.2. Analisa lewat denyar

Lewat denyar adalah pelepasan muatan destruktif (bersifat merusak) yang melinyasi pada seluruh bagian isolator. Pelepasan muatan ini disebabkan pembebanan medan listrik pada permukaan isolator melebihi harga ketahanan elektriknya. Lewat denyar menimbulkan pemanasan sehingga dapat merusak permukaan isolator.

Pengujian tegangan lewat denyar dilakukan dengan menggunakan polutan gardu induk PT. Semen Tonasa pangkep. Lewat denyar meliputi tahap terjadinya busur-busur kecil yang melintas dari ujung sirip (shed) menuju ke bagian bawah isolator.

Pada pengujian lewat denyar, busur awal terjadi pada 3 kV dengan jarak spare gap 5 mm, busur terjadi sangat banyak pada saat tegangan 33 kV dengan jarak spare gap 15 mm.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada saat melakukan penelitian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan dengan konsentrasi polutan mulai dari 0,2 gr/ltr sampai 3,0 gr/ltr diperoleh konduktifitas larutan untuk gardu induk PT.Semen Tonasa sebesar 0,264 mS sampai 0,294 mS dan kaolin diperoleh konduktifitas larutan sebesar 0,350 mS sampai 0,259 mS.
 2. Dalam melakukan pengujian konduktifitas permukaan permukaan isolator lewat denyar maka diperoleh data :

Pada isolator keramik dengan kondisi Bersih kering, arus bocor maksimum 8 mA, arus bocor minimum 2 mA, Bersih basah, arus bocor maksimum 7,6 mA, arus minimum 4,3 mA, Terpolusi kering (polutan gardu induk PT.Semen Tonasa), arus bocor maksimum 28,2mA, arus minimum 6,2mA, Terpolusi basah (polutan gardu induk PT.Semen Tonasa) arus bocor maksimum 9,5mA, arus minimum 3,4 mA.
 3. Pada grafik 1. Hubungan antara arus bocor dengan tegangan tembus pada isolator keramik pada kondisi bersih-kering terlihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula arus bocor yang akan terjadi.
-
-

-
-
4. Pada tabel hasil pengujian lewat denyar menunjukkan bahwa arus bocor yang terkecil berada pada tabel 2 yaitu pada kondisi bersih kering karena isolator tersebut belum mengalami polusi.
 5. Pada grafik 3. Menunjukkan bahwa besar arus bocor yang diberikan sebanding dengan besar tegangan yang diberikan.
 6. Pada grafik 4. Menunjukkan bahwa arus yang bocor sebanding dengan besar tegangan yang diberikan secara signifikan.
 7. Pada hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium kimia menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi polutan yang diberikan maka semakin besar pula konduktivitas larutan yang terjadi pada polutan gardu induk PT.Semen Tonasa dibanding kaolin.
 8. Untuk mengamati arus bocor yang terjadi pada pengujian lewat denyar maka tegangan tembus ditentukan sebelumnya 3 kali berturut-turut dalam 1 kali jarak Spare Gap
-
-

5.2 Saran-saran

Berikut saran penulis kepada pihak yang bersangkutan semoga dapat diperhatikan

1. Kepada lingkungan dipihak Politeknik Negeri Ujung Pandang, umumnya Jurusan Teknik Mesin dan khusus Program Studi Teknik Konversi Energi yang bertanggung jawab pada bagian laboratorium teknik tegangan tinggi untuk lebih memperhatikan dan lebih memelihara serta meningkatkan peralatan yang ada. Khususnya mengenai isolator keramik agar dilakukan perawatan secara berkala dan untuk alat ukur yang ada pada laboratorium tegangan tinggi yang rusak agar segera diperbaiki. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari arus bocor tidak terduga yang terjadi pada laboratorium tegangan tinggi.
 2. Untuk pihak PT.Semen tonasa pangkep penulis menyarankan untuk melakukan penggantian isolator secara berkala sesuai dengan prosedur agar sistem kelistrikan yang ada pada PT.Semen Tonasa Pangkep tetap berjalan sesuai dengan keinginan pengguna khususnya pada Mahasiswa.
-
-

DAFTAR PUSTAKA

Abduh,S.,2003.*Teknik Tegangan Tinggi Dasar Pembangkitan dan Pengukuran*,Salemba
Teknika,Jakarta.

Ajualian.A.,2005 Darjat,*Buku Ajar Rangkaian Listrik*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Diponegoro,Semarang.

K,Nanang.T.kurniawan,M.Nugroho.2009.*Perancangan Electrostatic Precipitator
Pada Cerebong Gas Buang Boiler Sebagai Penangkap Teknologi Elektro*.
Bandung : ITB.

Nauwir,Herman,2004.*Unjuk Kerja Isolator 20 Kv Akibat Pengaruh Polutan Tak Larut
pada Gardu Distribusi Pt.Semen Tonasa Ii.Tesis*,Politeknik Negeri Ujung
Pandang Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi.

Pohan, N.,2004, *Pengaruh Bahan-Bahan Buangan Kimia Industri Terhadap
Lingkungan*,USU digital library:Medan.

SPLN 10-3B.1993.*Tingkat Intensitas Polus Sehubungan Dengan Pemilihan
Isolator* :PLN.

Suhardi, Sumarno,1990.*Dasar-dasar kimia.Air Langga* : Bandung.

Surwano,Hery Darmawan.2006. *Studi Bentuk Gelombang Arus Bocor pada Isolator
Keramik POS-PIN 20kV dalam Berbagai kondisi Lingkungan*.Bandung:Institut
Teknologi Bandung.



LAMPIRAN



tingkat polusi	contoh ciri lingkungan yang khas
1. Ringan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kawasan tanpa industri dan dengan kepadatan rumah yang dilengkapi sarana pembakaran. ➤ kawasan dengan kepadatan industri yang rendah atau kepadatan rumah yang rendah tetapi sering terkena angin/hujan. ➤ kawasan pertanian ➤ kawasan pegunungan <p>semua kawasan ini harus terletak paling sedikit 10 km sampai 20 km dari laut dan bukan kawasan terbuka bagi hembusan angin langsung dari laut</p>
II. Bedang	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kawasan dengan industri yang tidak secara khusus menghasilkan asap polusi dan atau dengan kepadatan rumah yang sedang dan dilengkapi sarana pembakaran ➤ kawasan dengan kepadatan rumah yang tinggi atau kepadatan industri yang tinggi tetap sering terkena angin atau hujan ➤ kawasan terbuka bagi angin dari laut tetapi tidak terlalu dekat dengan pantai (paling sedikit berjarak beberapa kilometer).
III. Berat	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kawasan dengan kepadatan industri yang tinggi dan pinggiran kota besar dengan kepadatan sarana pembakaran tinggi yang menghasilkan polusi. ➤ kawasan dekat laut atau pada setiap keadaan terbuka bagi hembusan angin yang kencang dari laut
IV. Sangat Berat	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kawasan yang umumnya cukup luas, terkena debu konduktif dan asap industri yang khususnya menghasilkan endapan konduktif yang tebal ➤ kawasan yang umumnya cukup luas sangat dekat dengan pantai dan terbuka bagi semburan air laut atau hembusan angin yang sangat kencang dan terpolusi dari laut. ➤ kawasan padang pasir, yang ditandai dengan tidak adanya hujan untuk jangka waktu yang lama, terbuka bagi angin kencang yang membawa pasir dan garam serta terkena kondensasi yang tetap.

Lampiran Tabel 3. Pembagian tingkat polusi

Lampiran table 4. Data hasil pengukuran konduktifitas larutan polutan

GI.PT.Semen Tonasa Pangkep dan Kaolin

konsentrasi polutan (gr/ml)	konduktifitas larutan	
	GI.PT.semen Tonasa(mS/cm)	Kaolin (mS/cm)
0	0,258	0,258
0,2	0,264	0,350
0,4	0,267	0,269
0,6	0,268	0,282
0,8	0,270	0,267
1	0,272	0,274
1,2	0,273	0,267
1,4	0,274	0,264
1,6	0,275	0,264
1,8	0,281	0,264
2,0	0,282	0,265
2,2	0,283	0,261
2,4	0,284	0,26
2,6	0,285	0,259
2,8	0,289	0,259
30	0,294	0,259

Tabel 5. Hasil pengujian untuk jenis isolator keramik pada kondisi bersih-kering

No	tegangan tembus (VBD) (kV) (V)		tegangan impuls (Vimp)		Arus bocor IB (mA)		jarak spare Gap (SG)
	data awal	data rata-rata	data awal	data rata-rata	data awal	data rata- rata	
1	3 3 3	3	5880 7350 7350	15680	2 2 2	2	5
2	10 14 16	13.3333	39690 17640 19110	25480	4 5 5	1.5555	10
3	22 16 20	19.3333	27930 26460 27930	27440	6 6 6	6	12
4	28 28 22	78	38220 38220 32340	36280	8 8 8	8	15

Tabel 6. Hasil pengujian untuk jenis isolator keramik pada kondisi bersih basah

No	tegangan tembus (VBD) (kV)		tegangan impuls (Vimp) (V)		Arus bocor IB (mA)		jarak spare Gap (SG)
	data awal	data rata-rata	data awal	data rata-rata	data awal	data rata- rata	
1	8 10 8	8.6666	11760 11760 11760	11760	4 3 3	4.3333	5
2	14 16 16	15.3333	22050 20580 20580	21070	5 5.2 5.2	5.1333	10
3	18 20 20	19.3333	27930 27930 27930	27930	6 6.2 6.8	6.3333	15
4	22 24 26	24	32340 35280 33810	33810	7 7.8 8	7.6	17

Tabel 7. Hasil pengujian untuk jenis isolator keramik pada kondisi terpolusi - kering

No	tegangan tembus (VBD) (kV)		tegangan impuls (Vimp) (V)		Arus bocor IB (mA)		jarak spare Gap (SG)
	data awal	data rata-rata	data awal	data rata-rata	data awal	data rata- rata	
1	14	15.3333	22050	22050	6.2	6.2	5
	16		22050		7.2		
	16		22050		5.2		
2	18	18	22050	22050	5.2	5.3333	10
	18		22050		5.4		
	18		22050		6.4		
3	24	24	16170	22050	6.8	6.8	15
	26		16170		7		
	22		33810		6.6		
4	28	33.3333	47040	49000	9	28.2	20
	34		48510		9.4		
	38		51450		9.8		

Tabel 8. Hasil pengujian untuk jenis isolator keramik pada kondisi terpolusi -basah

No	tegangan tembus (VBD) (kV) (V)		tegangan impuls (Vimp) (V)		Arus bocor IB (mA)		jarak spare Gap (SG)
	data awal	data rata-rata	data awal	data rata-rata	data awal	data rata- rata	
1	6		8820		3.8		5
	6	6	8820	8820	3.6	3.4666	
	6		8820		3		
2	16		20580		5		10
	16	16	20580	20580	5.6	5.5333	
	16		20580		6		
3	24		48510		7.2		15
	24	23.3333	48510	48510	7,0	7.1333	
	22		48510		7.2		
4	28		48510		9.6		20
	30	28.6666	48510	48510	9.2	9.5333	
	28		48510		9.8		

