

**KEMAMPUAN ARESTER UNTUK PENGAMAN
TRANFORMATOR PADA GARDU INDUK
SRONDOL 150 KV**

**Skripsi
untuk memenuhi persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**

**Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro**



**oleh
Nurul Hidayatulloh
NIM 5301403019**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2009**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul ”**Kemampuan Arester untuk Pengaman Trafo pada Gardu Induk Sronbol 150 KV**” telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang diselenggarakan pada:

Hari :

Tanggal :

	Panitia	
Ketua Jurusan		Sekretaris
<u>Drs. Djoko Adi Widodo, M.T</u> NIP. 131570064		<u>Drs. Suryono, M.T</u> NIP. 131474228
Pembimbing I		Penguji I
<u>Drs. Ngadirin, M.T</u> NIP. 130422773		<u>Drs. Ngadirin, M.T</u> NIP. 130422773
Pembimbing II		Penguji II
<u>Drs. Sutarno, M.T</u> NIP. 131404308		<u>Drs. Sutarno, M.T</u> NIP. 131404308
		Penguji III
		<u>Drs. Subiyanto, M.T</u> NIP. 130687603

Dekan,

Drs. Abdurrahman, M.Pd
NIP. 131476651

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang,

Nurul Hidayatulloh
NIM. 5301403019



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

❖ **Motto**

- *"Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka."* (Q.S 13:11)
- *"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia yang lainnya."* (HR. Bukhari Muslim)
- Sesungguhnya hidup itu adalah perjuangan, maka berikan yang terbaik ari perjuangan itu.
- Pengalaman itu adalah guru yang terbaik.

❖ **Persembahan**

Skripsi ini adalah sebagai salah satu bentuk ibadahku kepada Allah SWT, karena hanya kepada-Nyalah kita menyembah dan hanya kepada-Nyalah kita memohon pertolongan. Skripsi ini aku persembahkan untuk:

- Bapak dan Ibu yang telah mendidik dan merawat aku dari kecil.
- Kakak-kakakku yang telah memberi dorongan semangat dan biayanya
- Adikku yang menjadi inspirasi aku untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
- Keponakan-keponakanku yang yang manis-manis dan imut-imut.
- Teman-teman seperjuangan di BEMTe.
- Teman-temanku di kelas PTE 03.
- Temanku yang di kos Muharrik.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillahirobbil'amin, segala puji hanya milik Allah, Tuhan seru sekalian alam, senantiasa kita panjatkan puji dan syukur kita kehadirat-Nya yang telah memberikan kenikmatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul Kemampuan Arester untuk Pengaman Gardu Induk Sronol 150 KV. Pembuatan skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Selama penyusunan skripsi ini, banyak hambatan-hambatan yang ditemui oleh penulis dengan rahmat Allah SWT dan bimbingan dari dosen pembimbing serta kemauan yang keras sehingga semua hambatan dan permasalahan dapat teratasi dengan baik. Tidak lupa sholawat dan salamku suri tauladan manusia Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pejuang Islam yang *istiqomah* di jalanNya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan, khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Soediono Sastroatmodjo, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Drs. Abdurrahman, MPd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas negeri Semarang.
3. Bapak Drs. Djoko Adi Widodo, M. T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Unnes.
4. Bapak Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd, M.T, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro S1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
5. Bapak Drs. Ngadirin M.T dan Drs Sutarno M.T, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ide, nasehat dan kepercayaan serta bimbingannya.
6. Manajer dan seluruh staf PT. PLN (Persero) P3 BJB UPT Semarang.

7. Seluruh Dosen Teknik Elektro dan pengelola Fakultas Teknik UNNES yang telah banyak membantu.
8. Semua teman-teman Prodi Pendidikan Teknik Elektro S1, khususnya Konsentrasi Arus Kuat.
9. Seluruh keluarga besar MOSFET, RISTEK, dan BEMTe yang tidak dapat disebutkan. Jaga *ukhuwah* dan tetap semangat.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang telah memberikan bantuan hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga amal dan kebbaikannya mendapat pahala dari Allah SWT dengan balasan yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu besar harapan penulis terhadap saran dan kritik dari para pembaca. Dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. *Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.*

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	5
1.3 Batasan Permasalahan	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Arester	8

2.1.1	Pengertian Arester	8
2.1.2	Bagian-bagian Arester.....	8
2.1.3	Prinsip Kerja Arester	9
2.1.3.2.1.	Tahanan Tak Linear	10
2.1.3.2.2.	Karakteristik Arester	11
2.1.3.1.	Pemilihan Tingkat Isolasi Dasar (BIL)	13
2.1.3.2.	Jarak Penempatan Arester dengan Peralatan	14
2.2	Tegangan Impuls	15
2.2.1	Keperluan dan Fungsi Pengujian	15
2.2.2	Bentuk Tegangan Impuls	16
2.3	Teori Penghitungan Jarak Maksimum	19
2.3.1	Penggunaan Teori Pantulan Berulang untuk Menentukan Jarak Maksimum Arester dan Peralatan	19
2.3.2.	Jarak Maksimum Arester dan Trafo	19
2.3.3.	Menentukan Panjang Kabel Maksimum Penghubung Arester Antara Arester dan Transformator Menurut Teori Witzke-Bliss	21
2.3.4.	Jarak Maksimum antara Arester dan Pemutus Daya dan Transformator Menurut Teori Clayton-Powell	22
2.4	Transformator/ Trafo Tenaga	24
2.5	Surja Hubung (<i>Switching Surge</i>)	25
BAB III METODE PENELITIAN		26
3.1	Metode Penelitian	26
3.2	Peralatan yang Diteliti	27

3.3	Obyek Penelitian	28
3.4	Lokasi dan Waktu Penelitian	28
3.5	Langkah-langkah Penelitian	29
3.6	Teknik Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Hasil	32
4.2	Pembahasan.....	33
4.2.1.	Penghitungan Jarak Arester dengan Trafo	33
4.2.2.	Analisis Tegangan Percik Arester	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	Simpulan	40
5.2	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		42

PERPUSTAKAAN
UNNES

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Penampang Arester	8
Gambar 2.2. Karakteristik Tahanan Katup	10
Gambar 2.3. Karakteristik Arus Tegangan	11
Gambar 2.4. Bentuk Tegangan Impuls	17
Gambar 2.5. Skema Jarak Transformator dan Arester dengan Jarak S.....	19
Gambar 2.6 Diagram Tangga antara Arester dan Trafo	24
Gambar 3.1. Bentuk fisik Arester Tipe X AR 170 A ₁ / 162	27
Gambar 3.2. Bentuk Fisik trafo II Tipe DRF 31.5/ 275	28
Gambar 3.3. Diagram Tangga antara Arester dan Trafo	31
Gambar 4.1. Konstruksi Diagram Tangga	32
Gambar 4.2. Analisis Diagram Tangga	34
Gambar 4.3. Grafik Kecuraman Gelombang Berdasarkan Waktu	36
Gambar 4.4. Grafik Naik Tegangan pada Trafo	38

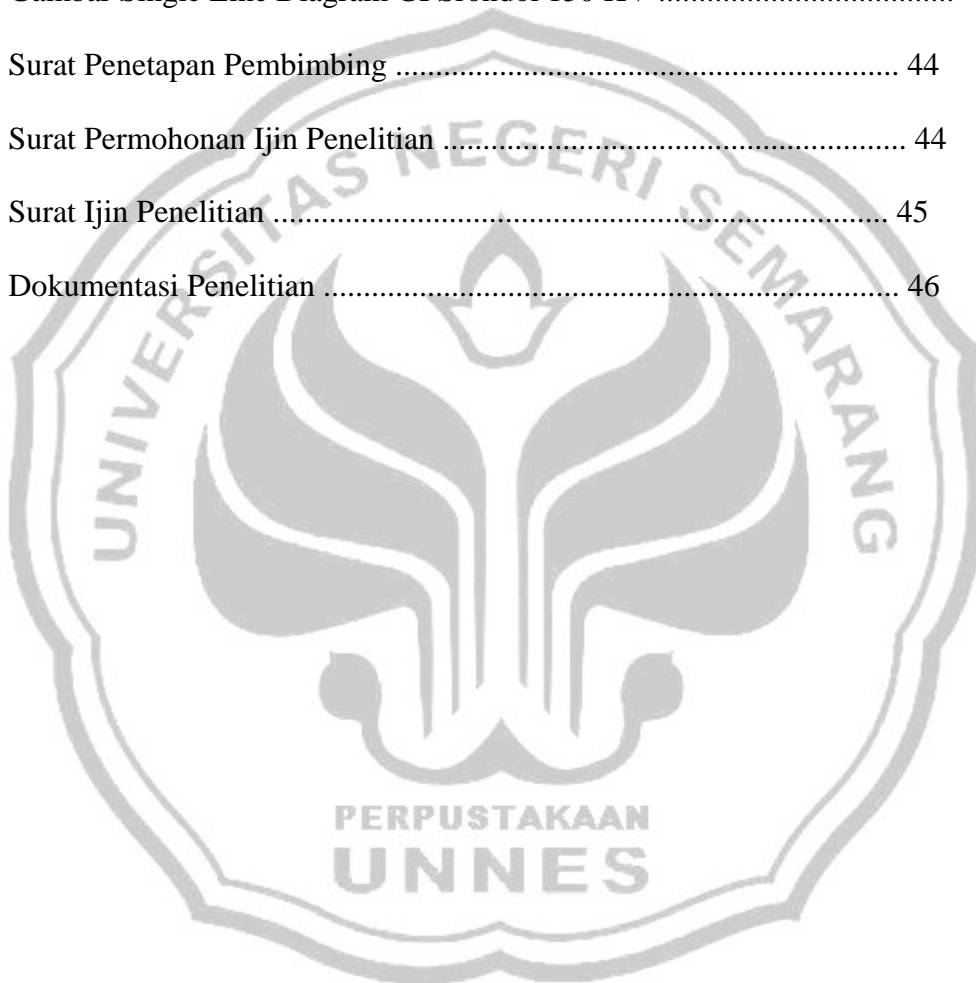
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan BIL dengan Tegangan Sistem	13
Tabel 4.1 Kecuraman Gelombang Berdasarkan Waktu.....	36
Tabel 4.2 Naik Tegangan pada Trafo.....	38



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Data Penelitian	42
Gambar Single Line Diagram GI Srdol 150 KV	43
Surat Penetapan Pembimbing	44
Surat Permohonan Ijin Penelitian	44
Surat Ijin Penelitian	45
Dokumentasi Penelitian	46



INTISARI

Nurul Hidayatulloh. 2009. Kemampuan Arester untuk Pengaman Trafo pada Gardu Induk Sron dol 150 KV. Skripsi. Semarang : Pendidikan Teknik Elektro S1, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan untuk waktu yang terbatas. Tegangan lebih petir merupakan tegangan lebih periodik yang disebabkan karena sebab luar (*External Over Voltage*).

Arester adalah peralatan pengaman instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*Lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*Switching Surge*).

Transformator/ trafo tenaga berfungsi untuk menyalurkan tenaga/ daya listrik dengan menaikkan atau menurunkan tegangan di Gardu Induk

Penelitian ini fokus pada peralatan Gardu Induk yaitu arester tipe X AR 170 A₁/ 162 yang terhubung dengan transformator (trafo) II tipe DRF 31.5/ 275.

Perlindungan yang baik diperoleh bila arester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan trafo. Tetapi, dalam praktek arester itu harus ditempatkan dengan jarak S dari trafo yang dilindungi. Karena itu, jarak tersebut ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik. Jarak arester dengan trafo yang dipakai di gardu Induk Sron dol 150 KV adalah 3 m. Penempatan arester (S) dipengaruhi oleh tegangan jepit trafo (E_p) sebesar 715 KV, tegangan percik arester (E_a) sebesar 650 KV, kecuraman gelombang datang (A) sebesar 1000 dv/dt, dan kecepatan rambat gelombang (v), karena gelombang berjalan pada kawat udara mempunyai kecepatan tetap dengan kecepatan sama dengan kecepatan cahaya yaitu 300 m/μdt (Hutauruk, 1991:2).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan arrester pada Gardu Induk Sron dol 150 KV untuk melindungi trafo berdasarkan jarak penempatannya.

Jarak maksimum arester dengan trafo (S) yang terpasang pada gardu induk Sron dol 150 KV adalah 9,75 m.

Dari hasil analisis matematis, pemasangan dari arester tipe X AR 170 A₁/ 162 mampu melindungi trafo dari gangguan surja petir dan surja hubung dengan tegangan sampai 1000 KV karena masih dalam batas jarak aman yaitu 3 m.

Pemasangan arester berdasarkan jaraknya dengan trafo harus masih pada jarak aman yaitu maksimal 9,75 m.

Kata Kunci : Tegangan Lebih, Arester, Transformator, Jarak Arester.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jaringan listrik di Indonesia mempunyai tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan tinggi rendahnya tegangan yang terjadi atau dihasilkan. Ada jaringan tegangan tinggi standar (*high voltages standard*) yang mempunyai tegangan 115 KV, 138KV, dan 230 KV. Tegangan tinggi ekstra (*extra high voltage*) yang mempunyai tegangan 345 KV, 500KV, dan 765 KV (William, 1983:5).

Gangguan listrik pada Gardu Induk dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal dapat seperti kurang baiknya peralatan itu sendiri sedangkan faktor eksternal dapat berupa kesalahan manusia atau human eror dan dapat karena gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain-lain. Menurut Hutaeruk (1991:4) ada beberapa macam gangguan pada saluran transmisi yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor lainnya. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem transmisi salah satunya adalah surja petir atau surja hubung. Petir sering menyebabkan gangguan pada sistem tegangan tinggi dari 150 sampai 500 kV. Sedangkan pada sistem dibawah 20 kV, yang menjadi sebab utamanya adalah surja hubung. Karena letak Negara Indonesia di daerah tropis, gangguan yang sering dialami adalah gangguan yang disebabkan oleh alam yaitu petir yang menyebabkan tegangan berlebih dan untuk

menggambarkan jumlah petir sering di sebutkan melalui *Isokeraunic Level* (IKL) yaitu angka yang menggambarkan jumlah hari guruh per tahun angka IKL di pulau Jawa berkisar antara 20 sampai dengan 135. Hampir semua gangguan pada saluran 187 kV keatas disebabkan oleh petir, dan lebih dari 70% dari semua gangguan pada saluran 110-154 kV disebabkan karena gejala-gejala alamiah termasuk petir (Arismunandar,1993:69).

Gardu Induk sebagai salah satu tempat terpenting karena sebagai penyalur energi listrik kekonsumen perlu dilindungi atau di proteksi dari gangguan yang disebabkan oleh petir seperti diatas. Dan beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bias memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan. Pencegahan gangguan pada sistem tenaga listrik bisa dikategorikan menjadi dua langkah sebagai berikut (Supriyadi, 1999:13):

1. Usaha Memperkecil Terjadinya Gangguan.

Cara yang ditempuh antara lain:

- a) Membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan.
- b) Membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan dan penangkal petir (Arester).
- c) Memakai kawat tanah dan membuat tahanan tanah sekecil mungkin pada kaki menara, serta selalu mengadakan pengecekan.

- d) Membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh luar mekanis dan mengurangi atau menghindarkan sebab-sebab gangguan Karena binatang, polusi, kontaminasi, dan lain-lain.
- e) Pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peratura yang berlaku.
- f) Menghindarkan kemungkinan kesalahan operasi, yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional dan membuat jadwal pemeliharaan yang rutin.
- g) Memasang *lighting arester* (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.

Arester petir disingkat arester atau sering disebut penangkap petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir, sebagai jalan pintas (*by-pass*) sekitar isolasi. Arester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz dan pada kerja normal arester itu berlaku sebagai isolator dan apabila timbul surja maka dia berlaku sebagai konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang, arester harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. Arester modern dapat membatasi harga tegangan surja di bawah tingkat isolasi peralatan. Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan arester sedekat mungkin pada

peralatan tersebut dan tidak perlu menggunakan alat pelindung pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi. Walaupun pengaruh gelombang berjalan akan menimbulkan tegangan yang lebih tinggi di tempat yang agak jauh dari arester, peralatan masih dapat dilindungi dengan baik bila jarak arester dan peralatan masih dalam batas yang diizinkan. Aresteser di tempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arester di tempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan transformator (trafo) yang dilindungi. Jarak arester dengan trafo yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada trafo. Jika jarak arester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada trafo dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Untuk menentukan jarak maksimum yang diizinkan antara arester dan peralatan yang dilindungi dikenal beberapa metode. Salah satu metodenya adalah metode pantulan berulang. Metode ini adalah metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum arester dan peralatan, dan juga untuk menentukan panjang maksimum dari kabel penghubung peralatan dengan saluran transmisi. Gardu Induk Spondol 150 KV, dimana disitu terdapat peralatan trafo dan arester yang penempatannya mempunyai jarak tertentu. Oleh karena itu, dari uraian di atas maka penelitian tentang arester akan disusun dalam sebuah skripsi dengan judul **“KEMAMPUAN ARESTER UNTUK PENGAMAN TRAF0 PADA GARDU INDUK SRONDOL 150 KV”**.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan dari penjelasan latar belakang diatas maka permasalahan dalam penelitian ini adalah berapa jarak optimum arester dengan trafo saat terjadi tegangan berlebih dan analisis kemampuan arester dalam melindungi peralatan trafo terhadap arus lebih akibat surja petir ataupun surja hubung.

1.3. Batasan Permasalahan

Dari identifikasi permasalahan yang ada dan untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang ruang lingkup penelitian dan kedalaman pembahasan, maka penelitian ini akan membatasi masalah pada analisis kemampuan arester berdasarkan pada penempatan jarak arester dengan trafo sebagai alat pelindung terhadap gangguan surja petir atau *switching* pada Gardu Induk Spondol 150 KV.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk studi kemampuan arrester dengan menentukan jarak arrester pada Gardu Induk Spondol 150 KV.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat digunakan sebagai referensi penghitungan secara matematis dalam menentukan jarak arester dengan peralatan yang dilindungi dalam hal ini adalah trafo.

1.6. Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian digunakan untuk memudahkan penulis dalam menyusun laporan penelitian dan memudahkan pembaca untuk mengikuti alur laporan penelitian ini, maka sistematika penelitiannya adalah sebagai berikut:

Bagian Awal

Terdiri atas halaman sampul depan, halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, daftar lampiran, intisari, dan abstrak.

Bagian Utama

Terdiri atas

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penulisan, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan tentang arester, pembangkitan tegangan impuls, gardu induk dan hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan masalah di atas.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode penelitian, bahan dan alat penelitian, rangkaian pengujian arester, pembagi tegangan, lokasi dan waktu penelitian, dan jalannya penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang data penelitian dan Pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Menjelaskan tentang simpulan dan saran.

Bagian Akhir

DAFTAR PUSTAKA DAN LAMPIRAN





BAB II

LANDASAN TEORI

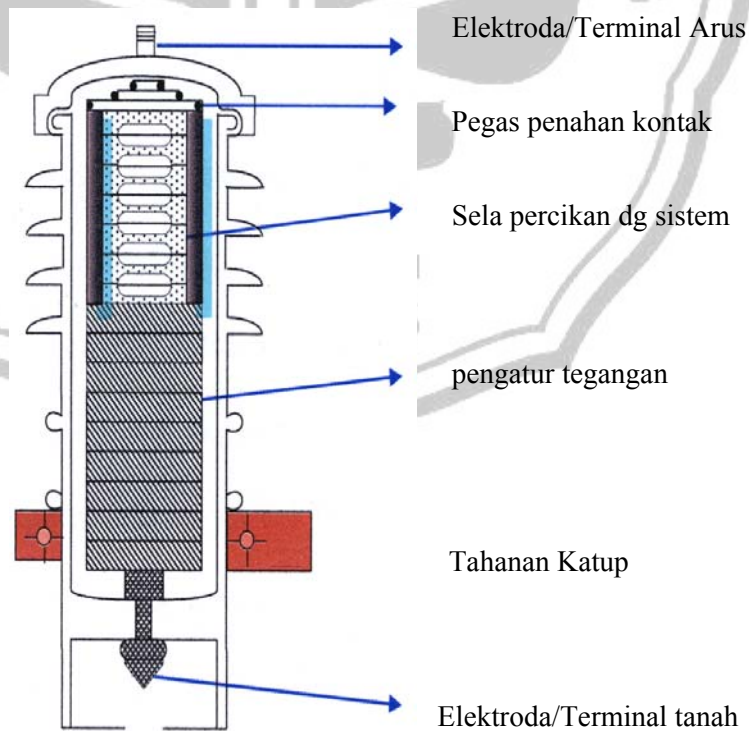
2.1 Arester

Seperti yang kita ketahui bahwa salah satu usaha memperkecil terjadinya gangguan adalah memasang arrester untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir (Supriyadi, 1999:13)

2.1.1. Pengertian arrester

Arrester adalah peralatan pengamanan instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*Lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*Switching Surge*) (Team O & M. 1981).

2.1.2. Bagian-bagian arrester



Gambar 2.1. Penampang arrester

Beberapa bagian penting dari sebuah arester yaitu:

1. Elektroda

Elektroda-elektroda adalah terminal dari arester yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan di bagian atas, dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.

2. Sela Percikan

Apabila terjadi tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir atau surja hubung pada arester yang terpasang, maka pada sela percikan (*spark gap*) akan terjadi loncatan busur api dan ditiup keluar oleh tekanan gas yang di timbulkan oleh tabung fiber yang terbakar.

3. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah apabila mendapatkan perubahan tegangan. Grafiknya dapat di lihat di gambar 2.2.

2.1.3. Prinsip Kerja Arestor

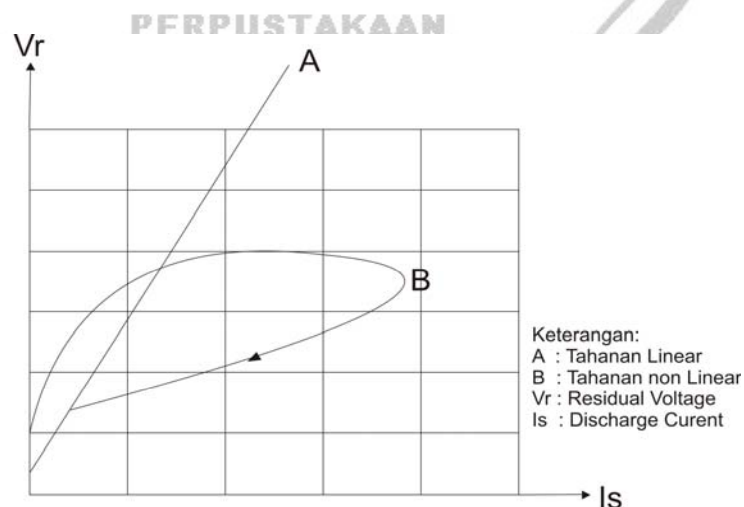
Arestor adalah alat pelindung yang paling sempurna. Arestor sering juga disebut dengan *surge divertor*. Pada pokoknya arester terdiri dari dari dua unsur:

1. Sela api (*spark gap*).

2. Tahanan tak linear (tahanan kran/ *valve resistor*).

2.1.3.2.1. Tahanan Tak Linear

Batas atas dan batas bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi. Apabila arester digunakan hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayanan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangannya mencapai keadaan bahaya. Tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka mungkin apinya dapat dipadamkan. Jika tahanannya mempunyai sebuah harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud melindungi isolasi pun gagal. Oleh sebab itu, dipakailah tahanan kran, yang mempunyai sifat khusus bahwa tahanannya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar.



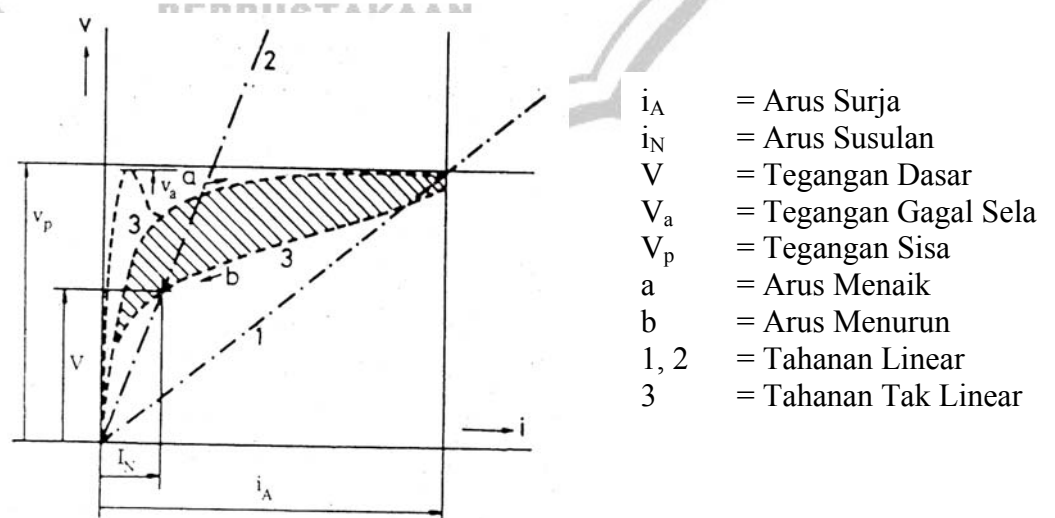
Gambar 2.2. Karakteristik tahanan katup (Hermagasantos, 1994:109)

Bila tegangan lebih habis dan tegangan normal tinggal, tahanannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi sampai kira-kira 50 ampere. Arus susulan ini akhirnya dimatikan oleh sela api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang menutup arus, oleh karena itu, maka disebut tahanan kran.

Arus susulan tidak selalu terjadi tiap kali arester bekerja, ada tidaknya tergantung dari saat terjadinya tegangan lebih, hal ini disebabkan karena arus susulan tersebut dipadamkan pada arus nol yang pertama.

2.1.3.2.2. Karakteristik Arester

Untuk gelombang berjalan yang datang pada sebuah trafo, arus pelepasan dalam arester ditentukan oleh tegangan maksimum yang di teruskan oleh kawat (isolasinya), oleh impedansi surja daripada kawat, dan oleh karakteristik dari arester sebagai berikut:



Gambar 2.3. Karakteristik arus tegangan (Hermagasantos, 1994:109)

$$I_a = \frac{2V - V_a}{Z} \quad (\text{Hermagasantos, 1994:125})$$

Keterangan:

I_a = Arus pelepasan arester (A)

V = Tegangan surja yang datang (kV)

V_a = Tegangan terminal arester (kV)

Z = Impedansi surja kawat transmisi (Ω)

Impedansi Surja (Surja Impedance)

Untuk hantaran udara:

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{1}{Cv} = vL$$

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 60 \ln 2 \frac{h}{r} \text{ ohm}$$

Sedangkan untuk kabel:

$$z = 60 \frac{60}{\sqrt{\epsilon} \ln \frac{R}{r}} \text{ ohm}$$

Besar impedansi surja untuk kawat udara = 400 – 600 ohm,

dan untuk kabel = 50 – 60 ohm (Hutauruk 1988:4).

Tegangan kerja penangkap petir akan naik dengan naiknya arus pelepasan, tetapi kenaikan ini sangat dibatasi oleh tahanan linear dari penangkap petir.

$$V_t = V_a + 2 \frac{dV}{dt} \frac{L}{1000} \text{ jadi,}$$

$$V_a = V_t - 2 \frac{dV}{dt} \frac{L}{1000} \quad (\text{Hermagasantos, 1994:124})$$

Keterangan:

V_a = Tegangan pelepasan arester (kV)

V_t = Tegangan maksimum (kV)

$\frac{dv}{dt}$ = Kecuraman gelombang (kV/ s)

L = Jarak arester dan ujung kawat (ft)

2.1.3.1 Pemilihan Tingkat Isolasi Dasar (BIL)

BIL ini menyatakan tingkat isolasi terhadap petir. Agar pemakaian arester dalam koordinasi isolasi dapat memberikan hasil yang maksimal perlu berpedoman pada asas-asas. Dan salah satu asasnya adalah Daerah perlindungan harus mempunyai jangkauan yang cukup untuk melindungi semua peralatan gardu induk yang mempunyai BIL (*Basic Insulation Level*) atau lebih tinggi dari daerah perlindungan.

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan perbandingan BIL dengan tegangan sistem maksimum:

Tegangan Sstem(kV)		Pengujian Trafo
Dasar	Maksimum	BIL(kV)
138	145	650
		550
		450
161	170	750
		650
		550
230	242	1,050
		900

Tabel 2.1. Perbandingan BIL dengan tegangan sistem (Hermagasantos, 1994:131)

Untuk menghitung dari margin perlindungan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IM = (BIL/ KIA - 1) \times 100\%$$

$$IM = (125 \text{ kV}/ 133,3 - 1) \times 100\%$$

$$= 94,5\% \text{ (Hermagasantos, 1994:134)}$$

Keterangan:

IM = Impuls Margin (%)

KIA = Tegangan pelepasan maksimum arester (kV)

BIL = Tingkat isolasi dasar (kV)

Berdasarkan rumus diatas ditentukan tingkat perlindungan untuk trafo daya. Kriteria yang berlaku untuk $MP > 20\%$ dianggap cukup untuk melindungi transformator.

2.1.3.2 Jarak Penempatan Arestor dengan Peralatan

Penempatan arester yang baik adalah menempatkan arester sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Jarak arester dengan peralatan yang dilindungi digunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_a = A t + A(t - 2 S/ v)$$

$$= 2 A t - 2 A S/v \text{ (Hutauruk, 1988:113)}$$

Keterangan:

E_a = Tegangan percik arester (*arester sparkover voltage*)

E_p = Tegangan pada jepitan trafo

$A = de/ dt =$ kecuraman gel datang, dan dianggap kontan

$S =$ Jarak antara arester dengan trafo (m)

$v =$ kecepatan merambat gelombang

2.2 Tegangan Impuls

Tegangan Impuls diperlukan dalam pengujian tegangan akibat tegangan lebih dalam dan luar serta untuk meneliti mekanisme tembus. Umumnya tegangan impuls dibangkitkan dengan melucutnya muatan kapasitor tegangan menengah (melalui sela bola) pada suatu rangkaian resistor dan kapasitor.

Nilai puncak dari tegangan impuls dapat ditentukan dengan bantuan sela ukur atau dengan rangkaian elektronik yang dikombinasikan dengan pembagian tegangan. Alat ukur tegangan impuls yang dipakai adalah oscilloscope sinar katoda yang memungkinkan penentuan nilai-nilai sesaat melalui pembagian tegangan.

2.2.1 Keperluan dan Fungsi Pengujian

Tegangan lebih yang diakibatkan karena pelepasan muatan oleh petir disebut sebagai tegangan lebih luar. Tegangan lebih ini mempunyai bentuk gelombang *aperiodik* yang diredamkan seperti pada waktu pelepasan muatan sebuah kapasitor melalui sebuah tahanan yang induktif.

Besarnya tegangan impuls yang harus diterapkan pada alat-alat listrik untuk menguji ketahanan terhadap petir ditetapkan dalam standar. Hal ini tergantung pada tempatnya dalam sirkuit, makin

dekat alat ini kepada sumber petir dan semakin besar kemungkinannya terkena petir, maka semakin tinggi tegangan yang harus diterapkan.

2.2.2 Bentuk Tegangan Impuls

Bentuk umum tegangan impuls yang dipakai dilaboratorium adalah tegangan yang naik dalam waktu yang singkat sekali, disusul dengan penurunan yang lambat menuju nol, yaitu yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$V = V_0(e^{at} - e^{-bt})$$

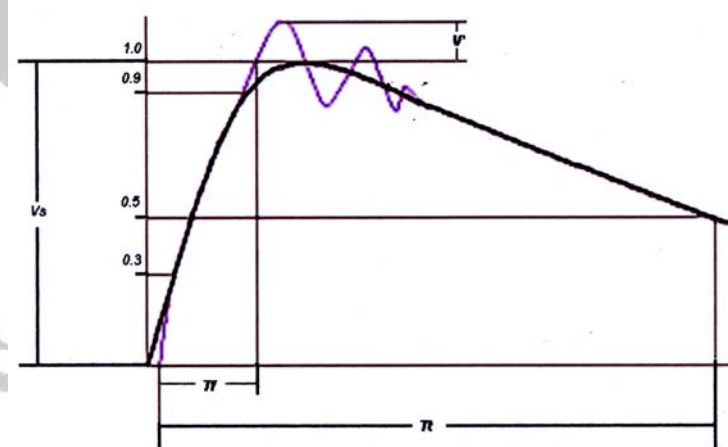
Bentuk gelombang semacam ini mudah dibuat, yaitu dengan menetapkan konstanta a dan b . Harga maksimalnya disebut harga puncak (*peak/crest*) dari tegangan impuls. Tegangan impuls dinyatakan dengan harga ini.

Definisi muka gelombang (*wave front*) dan ekor gelombang (*wave tail*) ditetapkan dalam standar-standar yang telah ada. Menurut standar Jepang (1994) titik nol nominal dari sebuah tegangan impuls adalah perpotongan antara sumbu waktu dengan garis lurus yang menghubungkan dengan titik-titik 10% dan 90% dari tegangan puncak.

Menurut rekomendasi International Electrotechnical Commission (IEC), angkanya berturut-turut adalah 30% dan 90%. Muka gelombang didefinisikan sebagai bagian dari gelombang yang dimulai dari titik nol sampai titik puncak, sedang sisanya disebut

ekor gelombang. Setengah puncak gelombang adalah titik-titik pada muka dan ekor dimana tegangannya adalah setengah puncak (titik 0.5). Menurut standar Jepang lamanya muka gelombang didefinisikan sebagai hasil bagi antara lamanya tegangan naik dari 10% sampai 90% dari puncak dan 0.8. terlihat pada gambar 2.4.

Waktu sampai setengah puncak dari ekor gelombang didefinisikan sebagai waktu dari titik nol nominal sampai setengah puncak pada ekor. Kecuraman muka gelombang adalah kecepatan naiknya tegangan pada muka gelombang. Kecuraman muka rata-rata dinyatakan sebagai perbandingan antara tegangan puncak dan lamanya muka gelombang.



Gambar 2.4. Bentuk tegangan impuls (Hermagasantos, 1994:114)

Dimana:

- V_s : Tegangan puncak
- T_t : Ekor gelombang = $50 \mu s$
- T_f : Muka gelombang = $1,2 \mu s$
- V : Kelebihan Tegangan $\pm 0,05 \times V_s$

Bentuk gelombang impuls standar yang digunakan menurut gambar diatas adalah standar dari IEC yaitu $1,2 \times 50 \mu\text{s}$, sedangkan dalam penelitian yang digunakan adalah gelombang impuls menurut standar Jepang yaitu $1 \times 40 \mu\text{s}$, karena peralatan yang dipergunakan adalah berasal dari Jepang.

Perbedaan dari standar IEC dan standar Jepang adalah bahwa nilai muka gelombang impuls dari standar IEC lebih besar yaitu $1,2 \mu\text{s}$ sehingga sistem isolasi dari IEC lebih banyak dari Jepang. Karena memiliki sistem isolasi yang lebih banyak tersebut, maka peralatan yang menggunakan standar IEC memiliki harga yang lebih mahal, sedangkan peralatan Jepang memiliki harga yang lebih ekonomis.

Gelombang penuh adalah gelombang yang tidak terputus karena lompatan api atau tembusan (*puncture*), mempunyai waktu muka gelombang T_f (μs) dan waktu sampai setengah puncak T_t (μs). Gelombang ini dinyatakan dengan sandi $\pm (T_f \times T_t) \mu\text{s}$, dengan polaritasnya sekaligus. Bentuk gelombang standar menurut IEC adalah $\pm (1,2 \times 50 \mu \text{ sec})$. Besarnya (*amplitude*) osilasi frekuensi tinggi (V^1) pada muka gelombang menurut standar IEC harus kurang dari 5% dari harga puncak disekitar puncak.

Standar-standar Jerman dan Inggris menetapkan $T_f \times T_t = 1 \times 50 \mu\text{s}$. IEC merekomendasikan $= 1,2 \times 50 \mu\text{s}$. Amerika serikat mempunyai standar $1,5 \times 40 \mu\text{s}$. Standar gelombang impuls Jepang (JIS) $1 \times 40 \mu\text{s}$.

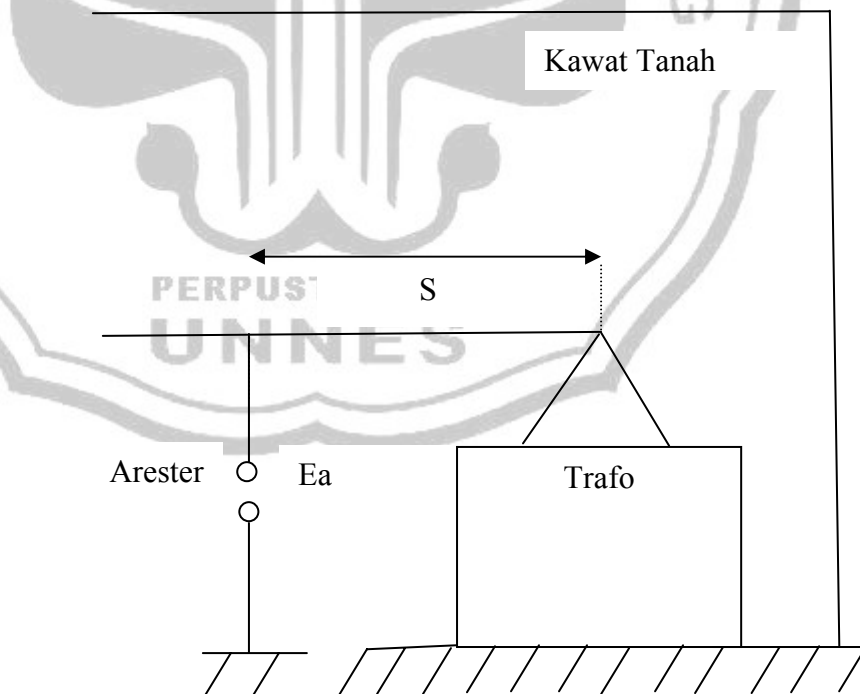
2.3 Teori Penghitungan Jarak Maksimum

2.3.1. Penggunaan Teori Pantulan Berulang untuk Menentukan Jarak Maksimum Arester dan Peralatan

Jarak maksimum antara arester dan peralatan atau panjang maksimum kabel penghubung dapat ditentukan secara pendekatan dengan menggunakan teori pantulan berulang (Hutauruk, 1988:112).

2.3.2. Jarak Maksimum Arester dan Trafo yang Dihubungkan dengan Saluran Udara

Untuk menentukan jarak maksimum arester dan peralatan yang dilindungi yang dihubungkan langsung dengan saluran udara dianggap sebagai jepitan terbuka, jika gambar seperti dibawah ini:



Gambar 2.5. Skema jarak transformator dan arester dengan jarak S

(Hutauruk, 1989:112)

Perlindungan yang baik diperoleh bila arester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan trafo. Tetapi, dalam praktek arester itu harus ditempatkan dengan jarak S dari trafo yang dilindungi. Karena itu, jarak tersebut ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik. Misalnya:

E_a = Tegangan percik arester (*arester sparkover voltage*)

E_p = Tegangan pada jepitan trafo

A = de/dt = kecuraman gel datang, dan dianggap konstan

S = Jarak antara arester dengan trafo

v = kecepatan merambat gelombang

Apabila trafo dianggap jepitan terbuka, yaitu keadaan yang paling berbahaya, apabila gelombang mencapai trafo akan terjadi pantulan total, dan gelombang ini kembali ke kawat saluran dengan polaritas yang sama, waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk merambat kembali ke arester $2S/v$. Bila arester mulai memercik maka tegangan pada jepitan arester adalah:

$$E_a = At + A(t - 2S/v) \\ = 2At - 2AS/v \quad (\text{Hutaaruk, 1988:113})$$

Bila waktu percik arester t_{so} , dihitung mulai gelombang itu pertama kali sampai pada arester, maka dari persamaan diatas menjadi:

$$t_{so} = \frac{E_a + 2AS/v}{2A} \quad (\text{Hutaaruk, 1988:113})$$

Setelah terjadi percikan maka arester berlaku sebagai jepitan hubung singkat, dan menghasilkan gelombang sebesar:

$$- A(t - t_{so}) \text{ (Hutaaruk, 1988:113)}$$

Gelombang negatif ini akan merambat ke trafo, dan setelah pantulan pertama pada trafo terjadi, jumlah tegangan pada trafo menjadi:

$$\begin{aligned} E_p &= 2At - 2A(t - t_{so}) = 2A t_{so} \\ &= 2A \frac{E_a + 2AS/v}{2A} = E_a + 2AS/v \text{ (Hutaaruk, 1988:113)} \end{aligned}$$

$$\text{Harga maksimum } E_p = 2E_a.$$

Bila tegangan tembus isolator trafo = E_p , maka E_p harus lebih besar dari $(E_a + 2AS/v)$ agar diperoleh perlindungan yang baik. Untuk mengubah harga E_p cukup dengan mengubah S , yaitu makin kecil S maka makin kecil pula E_p .

2.3.3. Menentukan Panjang Kabel Maksimum Penghubung Arestor Antara Arestor dan Transformator Menurut Teori Witzke-Bliss

Untuk menghubungkan kawat transmisi ke gardu induk dapat dilakukan secara langsung atau melalui sepotong kabel. Pada sambungan kawat udara, arester harus mampu didekatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi, atau jarak maksimumnya dapat diperoleh dengan metode pantulan berulang. Bila digunakan sepotong kabel, arester dipasang pada titik sambungan antara kawat transmisi dengan kabel, atau bias juga pada jarak tertentu ke titik sambungan kabel. Pemakaian sepotong kabel tersebut dapat

menurunkan besar surja yang masuk keperalatan atau reaktor . terjadinya pantulan berulang pada kabel menimbulkan tegangan yang tinggi pada titik sambungan dan dapat merusak isolator kabel.

2.3.4. Jarak Maksimum antara Arester dan Pemutus Daya dan Transformator Menurut Teori Clayton-Powell

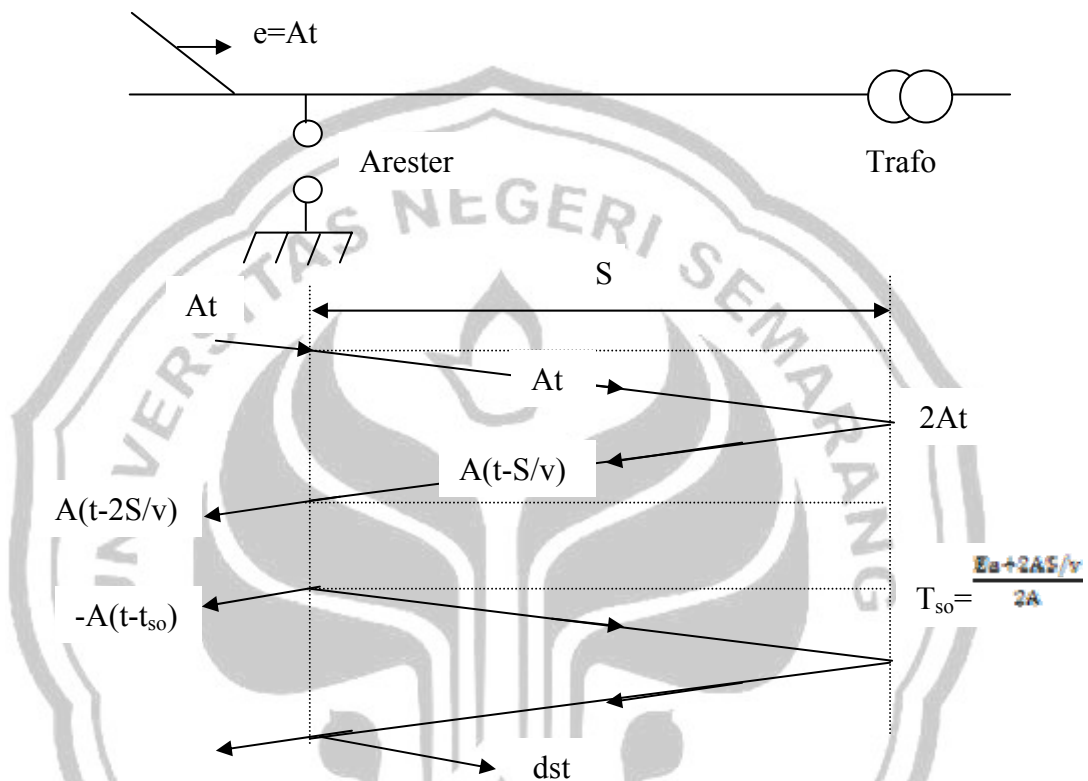
Metode ini menentukan jarak maksimum antara arester dengan pemutus daya dan transformator, penentuan jarak maksimum tersebut didasarkan atas dasar asumsi-asumsi dibawah ini:

1. Perlindungan didasarkan pada gelombang surja yang datang mempunyai laju kenaikan 500 kV per mikro detik.
2. Tegangan surja pada peralatan disisi kawat transmisi dari arester dibatasi sampai 1,15 TID dari peralatan. Tegangan dinamis sistem diabaikan karena tidak memengaruhi jarak tersebut.
3. Kapasitansi surja peralatan pada sisi kawat transmisi dari arester diabaikan.
4. Transformator dipresentasikan oleh suatu harga kapasitansi yang menghasilkan tegangan surja maksimum pada transformator.
5. Jarak pemisah didasarkan atas tegangan percik (sparkover voltage).
6. Panjang kawat arester dari sadapan tanah diambil 10,66 meter (35 kaki) dan induktansinya 0,40 mikro-henry per kaki.

7. Peralatan yang dilindungi dan arester diketanahkan dengan suatu kisi-kisi (grid) pengetanahan bersama.
8. Gardu induk diberi perisai terhadap sambaran langsung dan kawat transmisi juga diperisai mulai dari gardu induk sampai titik dimana surja terjadi.
9. Harga tegangan surja yang datang = 1,2 kali tingkat isolasi gelombang penuh dari saluran.
10. Tegangan yang masuk gardu induk mempunyai laju kenaikan yang tetap sampai tegangan percik arester.
11. Hanya satu saluran transmisi yang memasuki gardu induk.

Dalam penelitian ini teknis analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu dengan mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan koordinasi lokasi arester sesuai dengan teori Hutaauruk.

Dari rumus yang telah ada kemudian dianalisis selanjutnya dengan menggunakan diagram tangga untuk dapat mengikuti jejak gelombang-gelombang itu pada setiap saat, dibawah ini dapat dilihat contoh diagram tangga suatu gelombang surja yang melalui arester dan trafo.



Gambar 2.6. Diagram tangga antara arester dan trafo

2.4 Transformator/ Trafo Tenaga

Transformator/ trafo tenaga berfungsi untuk menyalurkan tenaga/ daya listrik dengan menaikkan atau menurunkan tegangan di Gardu Induk. Dari jumlah belitannya, ada dua macam trafo yaitu trafo 1 fasa dan trafo 3 fasa.

Kapasitas dasar transformator dipilih sama dengan daya dasar (*rated output*) generator (kVA). Tegangan primer biasanya dipilih 5% dibawah

tegangan dasar generator. Namun, dalam beberapa hal, khususnya untuk transformator yang dihubungkan dengan kawat transmisi tegangan tinggi sekali (*extra-high voltage*) maka, karena faktor daya mungkin sama dengan 1,0 atau bahkan mendahului (*leading*), tegangan primer dipilih sama dengan tegangan generator. Pemakaian sistem pengaturan tegangan dengan cara mengatur tegangan generator.

2.5 Surja Hubung (*Switching Surge*)

Oleh karena besarnya surja hubung sangat bergantung pada tegangan sistem, maka makin tinggi tegangannya, makin tinggi pula besarnya tegangan lebih yang disebabkan oleh surja hubung dan surja hubung bisa lebih besar tegangan lebihnya dibandingkan dengan surja petir. Inilah sebabnya perbaikan karakteristik arester yang memungkinkan penurunan BIL (petir) menjadikan surja hubung sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat isolasi.

PERPUSTAKAAN
UNNES



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode merupakan cara atau prosedur yang digunakan untuk memecahkan masalah penelitian. Metode pengumpulan data dalam suatu penelitian akan sangat membantu atau menentukan keberhasilan penelitian, oleh karena itu perlu direncanakan dengan tepat dalam memilih metode untuk pengumpulan data. Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Metode Dokumentasi

Yang dimaksud metode dokumentasi adalah cara memperoleh data melalui hal-hal atau variable yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, dan lain-lain (Suharsimi Arikunto, 1996:2002). Adapun dokumentasi yang akan peneliti gunakan adalah data-data yang berhubungan dengan spesifikasi arester dan trafo yang digunakan di Gardu Induk Sronдол 150 KV.

2. Metode Observasi

Pengumpulan data dengan observasi langsung atau dengan pengamatan langsung adalah cara pengambilan data tanpa ada pertolongan alat standar lain untuk keperluan tersebut, ditempat penelitian (Moh. Nazir, 1998: 212).

Dalam hal ini penulis langsung berada dilokasi Gardu Induk dan mengadakan penelitian mengenai hal-hal yang perlu dicatat sebagai data dalam penelitian seperti data yang berasal dari wawancara dengan pihak yang berkompeten (*operator*) dibidangnya atau mengetahui peralatan.

3.2 Peralatan yang Diteliti

Peralatan yang diteliti dalam penelitian ini adalah Trafo dan Arester. Ada 2 jenis tipe arester yang digunakan dalam peralatan Gardu Induk Spondol 150 KV yaitu tipe X AR 170 A₁/ 162 dan tipe MAL P. Dan dalam penelitian ini pembahasan focus pada arester tipe X AR 170 A₁/ 162 yang terhubung dengan trafo II.



Gambar 3.1. Bentuk fisik arester tipe X AR 170 A₁/ 162

Sedangkan untuk trafo yang ada pada Gardu Induk Sronдол 150 KV juga terdapat dua tipe trafo yaitu trafo I Tipe CRB-DRM dan trafo II tipe DRF 31.5/ 275. Fokus penelitian dan pembahasan untuk trafonya adalah trafo II tipe DRF 31.5/ 275 yang terhubung dengan arester tipe X AR 170 A₁/ 162.



Gambar 3.2. Bentuk fisik trafo II tipe DRF 31.5/ 275

3.3 Obyek Penelitian

Obyek Penelitian ini adalah cara kerja dan kemampuan arester pada Gardu Induk Sronдол 150 KV UPT Semarang, untuk mengetahui jarak optimum arester tipe X AR 170 A₁/ 162 yang terhubung dengan trafo II tipe DRF 31.5/ 275, sehingga peralatan yang diamankan dapat bekerja optimal.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.5.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) P3 BJB UPT Semarang (Gardu Induk Sronдол 150 KV).

3.5.2 Waktu penelitian

Hari / tanggal : Senin, 7 Juli 2008

3.5 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang ditempuh dalam penelitian ini meliputi:

1. Tahap persiapan

Tujuan dari tahap persiapan penelitian adalah untuk mengkoordinasikan agar pada saat penelitian dapat berjalan lancar.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a) Mengkoordinasikan subyek penelitian

(1) Pemilihan peralatan Gardu Induk yang akan diteliti. Pemilihan yang dimaksudkan adalah untuk mempermudah pengelompokan subyek penelitian dari bagian peralatan Gardu induk, yang tidak menjadi subyek penelitian.

(2) Pemberian tanda pada tempat-tempat atau bagian yang akan dilakukan pemeriksaan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pemeriksaan dan pencatatan bagian isolasi Gardu Induk.

b) Mempersiapkan Cek List

Cek list dimaksudkan untuk mendapatkan data yang akurat (sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya). Untuk itu maka dalam

pembuatan cek list dikelompokkan sesuai dengan subyek penelitian yang akan dilakukan, sehingga mudah dalam menganalisa datanya.

2. Tahap Pelaksanaan

Melakukan observasi dan wawancara.

Observasi dilakukan dengan datang langsung ketempat penelitian yaitu Gardu Induk Spondol 150 KV dengan melihat langsung dan melakukan pengamatan langsung serta mengumpulkan data-data yang diperlukan melalui dokumen dan lainnya. Sedangkan untuk mendukung hasil penelitian maka dilakukan wawancara yaitu mengumpulkan data dengan melakukan wawancara dengan sumber yang terpercaya untuk dapat memberikan informasi yang penting yang nantinya akan digunakan.

3.6 Teknik Analisis Data

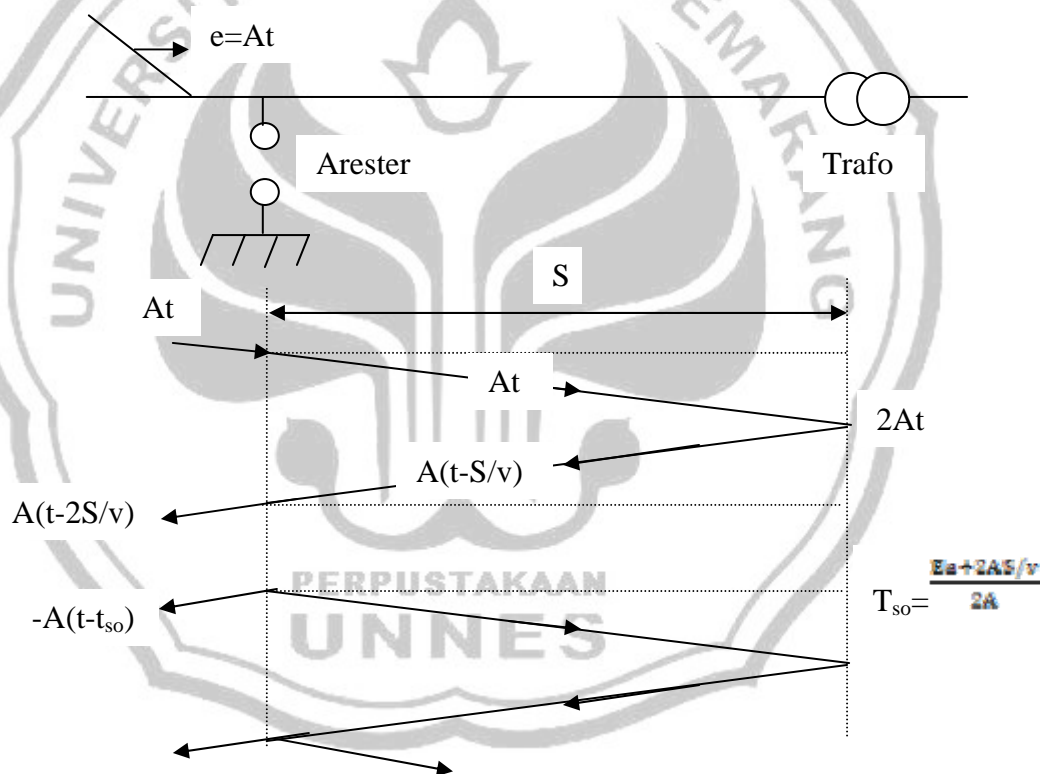
Analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena dengan analisis data yang diperoleh mampu memberikan arti dan makna untuk memecahkan masalah dan mengambil kesimpulan penelitian.

Dalam penelitian ini teknik analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisis ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan koordinasi lokasi arester sesuai dengan teori Hutaaruk

Rumus yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara arester dan trafo adalah $E_p = E_a + 2 A S/v$

Sesuai dengan rumus diatas maka, jarak penempatan arester (S) dipengaruhi oleh tegangan jepit trafo (E_p), tegangan percik arester (E_a), kecuraman gelombang datang (A), dan kecepatan rambat gelombang (v).

Dari rumus di atas kemudian analisis selanjutnya menggunakan diagram tangga untuk dapat mengikuti jejak gelombang-gelombang itu pada setiap saat, dapat ini dapat dilihat contoh diagram tangga suatu gelombang surja yang melalui arester dan trafo.



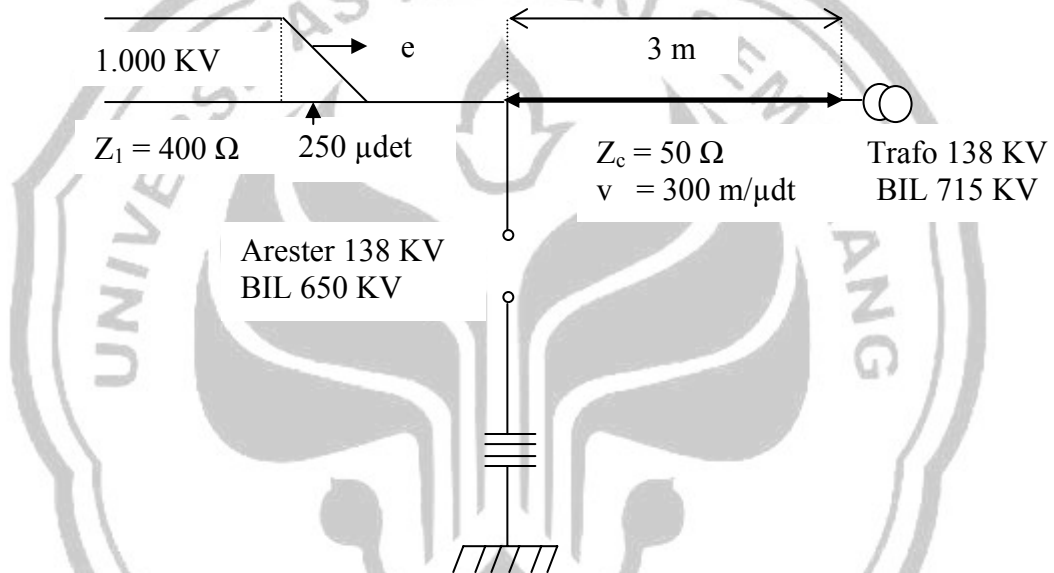
Gambar 3.3. Diagram tangga antara arester dan trafo

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Data yang di peroleh dari hasil penelitian terhadap peralatan Gardu Induk Spondol 150 KV yang disajikan dalam bentuk diagram tangga adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1. Konstruksi diagram tangga

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{250 - 400}{50 + 400} & ; a &= \frac{2 \times 250}{50 + 400} \\
 &= \frac{-150}{450} & &= \frac{500}{450} \\
 &= -0,333 & &= 1,111 \\
 b &= \frac{400 - 250}{50 + 400} & ; b' &= \frac{2 \times 400}{50 + 400} \\
 &= \frac{150}{450} & &= \frac{800}{450} \\
 &= 0,333 & &= 1,777
 \end{aligned}$$

4.2. Pembahasan

Dari hasil survey penelitian diketahui bahwa arester terpasang pada saluran guna untuk melindungi semua peralatan, dengan pembahasan:

4.2.1. Penghitungan jarak arester dengan trafo

Diketahui bahwa tegangan sistem peralatan adalah sebagai berikut, tegangan transmisi 150 KV dengan BIL 715 KV. Trafo dilindungi oleh arester dengan tegangan percik 650 KV, dengan jarak perlindungan terhadap peralatan adalah sejauh 3 meter, misalkan surja yang datang sebagai variable percobaannya, merambat menuju peralatan yang dilindungi arester dengan kecepatan 300 m/ μ dt, berapakah jarak maksimum antara arester dan peralatan, sehingga semua peralatan itu terlindungi dari bahaya surja?

Diketahui :

$$E_p = 715 \text{ KV} \quad E_a = 650 \text{ KV}$$

$$A = 1000 \text{ dv/dt} \quad v = 300 \text{ m}/\mu\text{dt}$$

Ditanya : S (Jarak maksimum antara arester dengan trafo)?

Surja petir sebesar 1.000 dv/dt, setelah dihitung secara matematis diperoleh perhitungan jarak maksimum arester adalah

$$\text{sebesar: } E_p = E_a + 2 \frac{AS}{v}$$

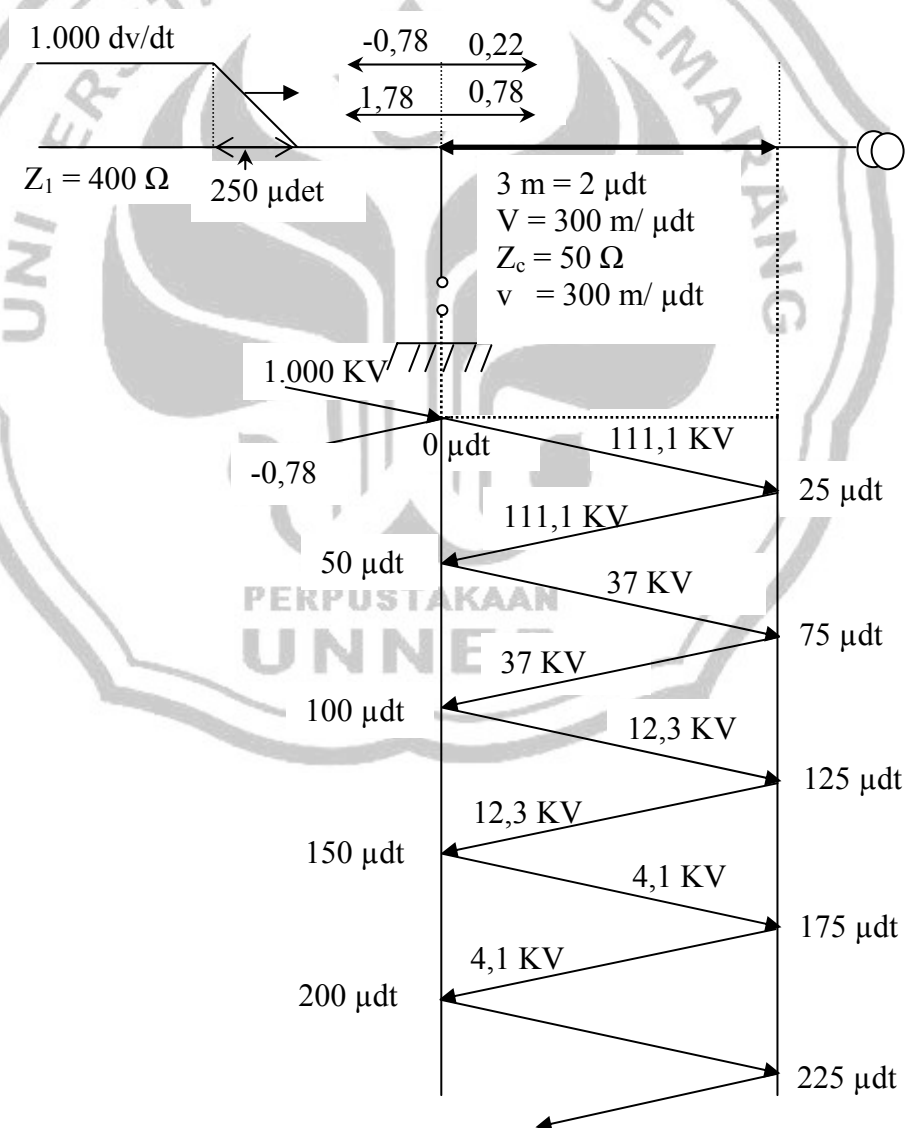
$$715 = 650 + 2 \frac{1000 \cdot S}{300} ; \quad S = 9,75 \text{ M}$$

Pada hal dalam kenyataan dilapangan dipasang sejauh 3 meter, sehingga pemasangannya masih di bawah harga maksimum.

4.2.2. Analisis tegangan percik arester

Untuk nilai kecuraman gelombang di atas sebesar 1000 dv/dt merupakan harga tertinggi yang dapat terjadi dari kenaikan tegangan akibat surja petir, sehingga diambil nilai maksimal tegangan berlebih yang dapat terjadi pada trafo. Hasil penghitungan percik arester dan kenaikan tegangan pada trafo di perlihatkan pada analisis diagram tangga di bawah ini:

Gambar 4.2. Analisis diagram tangga



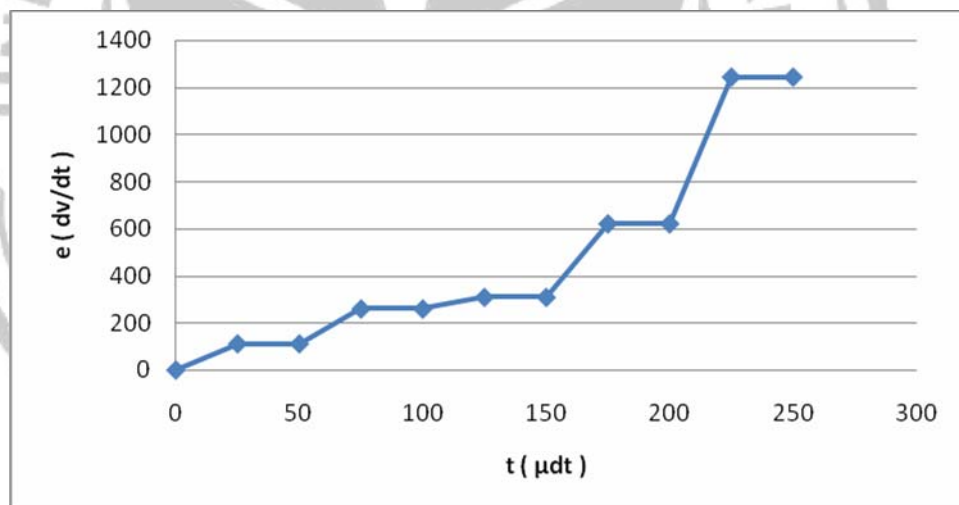
Pertama kita harus menentukan adalah waktu pada saat arester mengalami percikan. Misalkan dulu tidak ada arester, maka tegangannya:

t = 0	μdet	; e = 0 KV
t = 25	μdet	; e = 111,1 KV
t = 50	μdet	; e = 111,1 KV
t = 75	μdet	; e = 111,1 + 111,1 + 37 = 259,2 KV
t = 100	μdet	; e = 259,2 KV
t = 125	μdet	; e = 259,2 + 37 + 12,3 = 308,5 KV
t = 150	μdet	; e = 308,5 KV
t = 175	μdet	; e = 308,5 + 259,2 + 37 + 12,3 + 4,1 = 621,1 KV
t = 200	μdet	; e = 621,1 KV
t = 225	μdet	; e = 621,1 + 1,4 + 4,1 + 12,3 + 37 + 259,2 + 308,5 = 1243,6 KV
t = 250	μdet	; e = 1243,6 KV

Kecuraman gelombang yang diperoleh dari masing-masing penghitungan berdasarkan waktu terjadinya yang disajikan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Kecuraman gelombang berdasarkan waktunya

NO	Waktu/ t (μdet)	Kecuraman Gelombang/ e (dv/dt)
1	0	0
2	25	111,1
3	50	111,1
4	75	259,2
5	100	259,2
6	125	308,5
7	150	308,5
8	175	621,1
9	200	621,1
10	225	1243,6
11	250	1243,6



Gambar 4.3. Grafik kecuraman gelombang berdasarkan waktu

Berdasarkan tabel 4.1. dapat diketahui bahwa kecuraman gelombang akan selalu meningkat sebanding dengan kenaikan waktu. Pada waktu tertentu dan kecuraman gelombang tertentu arester akan memercik (*spark over*). Tegangan pada lokasi arester dan waktu untuk mencapainya dapat

di peroleh dari analisis diagram tangga, Gambar 4.2. Naik tegangan pada lokasi arester diberikan dalam Gambar 4.3. Sesuai perhitungan waktu arester di bawah ini:

Analisis tegangan percik arrester:

$$t = 0 \text{ } \mu\text{det} \quad ; e = 0 \text{ KV}$$

$$t = 25 \text{ } \mu\text{det} \quad ; e = 333,3 \text{ KV}$$

$$t = 50 \text{ } \mu\text{det} \quad ; e = 333,3 \text{ KV}$$

$$t = 75 \text{ } \mu\text{det} \quad ; e = 333,3 + 333,3 = 666,6 \text{ KV}$$

waktu percik arester (t_{s0}):

$$t_{s0} = 8 + \Delta t \text{ (Hutauruk, 1988: 115)}$$

$$t_{s0} = \frac{Ea + 1A \cdot S \cdot V}{2A}$$

$$650 = 333,3 + 1,777 \frac{365,9}{2} \Delta t$$

$$1300 = 666,6 + 657,3 \Delta t$$

$$\Delta t = 0,96$$

$$\text{Jadi } t_{s0} = 8 + 0,96 = 8,96 \text{ } \mu\text{det.}$$

Naik tegangan pada trafo adalah sebagai berikut:

$$t = 0 \quad \mu\text{det} \quad ; e = 0 \text{ KV}$$

$$t = 25 \quad \mu\text{det} \quad ; e = 0 \text{ KV}$$

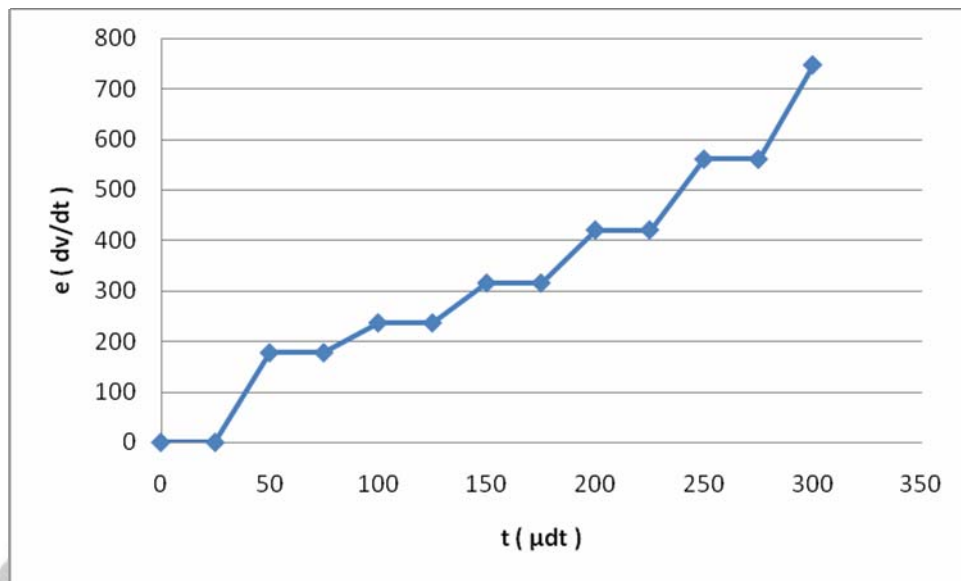
$$t = 50 \quad \mu\text{det} \quad ; e = 177,7 \text{ KV}$$

$$t = 75 \quad \mu\text{det} \quad ; e = 177,7 \text{ KV}$$

t = 100	μdet	; e = 177,7 + 59,2 = 236,9 KV
t = 125	μdet	; e = 236,9 KV
t = 150	μdet	; e = 236,9 + 78,9 = 315,8 KV
t = 175	μdet	; e = 315,8 KV
t = 200	μdet	; e = 315,8 + 105,2 = 421 KV
t = 225	μdet	; e = 421 KV
t = 250	μdet	; e = 421 + 140,2 = 561,2 KV
t = 275	μdet	; e = 561,2 KV
t = 300	μdet	; e = 561,2 + 186,9 = 748,1 KV

Tabel 4.2. Naik tegangan pada trafo

NO	Waktu/ t (μdet)	Kecuraman Gelombang/ e (dv/dt)
1	0	0
2	25	0
3	50	177,7
4	75	177,7
5	100	236,9
6	125	236,9
7	150	315,8
8	175	315,8
9	200	421
10	225	421
11	250	561,2
12	275	561,2
13	300	748,1



Gambar 4.4. Grafik naik tegangan pada trafo

Berdasarkan Gambar 4.4. dapat diketahui bahwa besar tegangan pada trafo juga mengalami penambahan terus berbanding lurus dengan kenaikan atau bertambahnya waktu. Tegangan pelepasannya ditentukan dari perhitungan $4,55 \times 138 \text{ KV} = 627,9 \text{ KV}$, ditambah dengan toleransi 20 % menjadi 753,5 KV lebih tinggi dari BIL yang hendak dilindungi.

Tegangan pada trafo akan mengalami penurunan setelah arester memercik pada waktu 10,21 μdet. Dan karena BIL transformator 715 KV, sedangkan tegangan yang timbul puncaknya sampai 748,1 KV pada 300 μdet, maka arester masih mampu melindungi trafo tersebut.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan: “Kemampuan Arester untuk Pengaman Trafo pada Gardu Induk Srdol 150 KV”, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis matematis, jarak pemasangan dari arester tipe X AR 170 A₁/ 162 masih mampu melindungi trafo dari gangguan surja petir dan surja hubung dengan tegangan sampai 1000 KV.
2. Berlangsungnya percikan arester masih berada dalam batas aman sesuai dengan analisis matematis.
3. Naik tegangan yang terjadi pada trafo masih berada pada toleransi yang di perbolehkan sebesar 20 % lebih tinggi dari BIL dari trafo, sehingga trafo masih terlindungi oleh arester.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa saran antara lain:

1. Pemasangan arester berdasarkan jaraknya dengan trafo masih dalam batas aman yaitu antara jarak 3 m sampai 9,75 m.
2. Perlu adanya pengujian atau penghitungan dengan teori lain seperti Witzke-Bliss untuk bisa membandingkan hasil penghitungan.

Daftar Pustaka

- Arismunandar, A. 1993. *Teknik Tenaga Listrik Jilid II*. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Arismunandar, A. 2000. *Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Cahyaningsih, Tri. 2005. *Skripsi Arester Sebagai Sistem Pengaman Tegangan Lebih Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV*. TE FT UNNES. Semarang.
- Hermagasantos. 1994. *Teknik Tegangan Tinggi*. PT. Rosda Jayaputra. Jakarta.
- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- PT. PLN and Laboratory of High Voltage and Current Engineering ITB. 2004. *Lightning Protection and Detection System on Power Transmission and Distribution Lines*. Persero Diklat Semarang. Bandung
- Sinaga, Herman. 1992. *Model Arester SiC Menggunakan model Arester ZnO IEEE WG 3.4.11*. Tersedia di:<http://puslit.petra.ac.id/journals/electrical/>
- Team O & M. 1981. *Operasi dan Memelihara Peralatan*. PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta
- Tobing, L. Bonggas. 2003. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- T. S. Hutaaruk. 1991. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga. Jakarta.

Lampiran 1

Data penelitian

Data Trafo II type DRF 31. 5/ 275 adalah:

Type	: DRF 31.5/ 275
Nomor Seri	: 86.4.2617
Tahun Buat	: 1987
Kenaikan Temp. Minyak	: 60 C
Kenaikan Temp. Belitan	: 65 C
Tahan Hampa Udara	: 100 %
Tinggi Angkat Belitan	: 64 M
Phas	: 3
Frequency	: 50 Hz
Jenis Minyak	: IEC 296

Data arrester trafo II tipe X AR 170 A₁/ 162 X AR 170 A₁/ 162 adalah:

Penempatan phasa	: Trafo II
Type	: X AR 170 A ₁ / 162
No Serie	: 5382563
Pabrik	: ASEA
Standard	: IEC
Th. Pembuatan	: 1987
Pemasangan	: Luar
Classification	: 20 KA
Rated Voltage	: 138 KV

Sedangkan jarak peralatan arrester dengan trafo II berjarak 3 m.

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 4. Trafo tipe DRF 31.5/ 275 GI Sronдол 150 KV



Gambar 5. Arester tipe X AR 170 A₁/ 162 GI Sronдол 150 KV



Gambar 2. Peralatan Tranformator GI Sronдол 150 KV



Gambar 3. Peralatan Arestor GI Sronдол 150 KV

