

SKRIPSI
ANALISIS PEMANFAATAN ARRESTER TERHADAP PENENTUAN
GARDU DISTRIBUSI 20 KV ULP JENEPONTO



PROGRAM STUDI ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR
2023



PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : ANALISIS PEMANFAATAN ARRESTER TERHADAP PENENTUAN GARDU DISTRIBUSI 10 KV GLE JENEPONTO

Nama

1. Rulumbas

2. Awal Yunus

Stambuk

1. 105 82 11000 15

2. 105 82 11000 16

Makassar, 28 Agustus 2023

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. H. Anwaridzuhri, S.T., M.T.


Dr. Ir. H. Hafsah Nirwana, M.T.

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Elektro




Dr. Ir. H. Anwaridzuhri, S.T., M.T.

NPM 1044 202



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

LEMBAR PENGESAHAN

SIKIP-RIKIP nama Rawanda dengan nomor induk Mahasiswa 105821105316 dan Awal Yusuf dengan nomor induk Mahasiswa 105821105716, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tulis Akhir Sarjana sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor 402/05/A-UM/UM/2023 sebagai salah satu syarat ijazah memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 25 Agustus 2023.

Panitia Ujian:

1. Pengawas Utama

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. ...
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. Eng. ...

2. Pengisi

- a. Ketua : Ard. Fakhruddin, S.T., M.T.
- b. Sekretaris : Dr. Hj. Rizka Nur Hafidah, S.T., M.T.

3. Anggota

- 1. Dr. H. Zahidul Huda, S.T., M.T.
- 2. Ir. Anwar Hafid, S.T., M.T.
- 3. Ir. Suryani, S.T., M.T.

Mengesahabul:

Pembimbing I

[Signature]
Dr. Ir. H. Antanasuthi, S.T., M.T.

Pembimbing II

[Signature]
Dr. Ir. H. Hafesh Nirwana, M.T.

Dekan

[Signature]
Dr. Ir. H. Hafesh Nirwana, S.T., M.T., IPM
NPM 795 108



Kata Pengantar

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **ANALISIS PEMANFAATAN ARRESTER DAN PENENTUAN GARDU DISTRIBUSI 20 KV ULP JENEPONTO**.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermamfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu degaa ketulusan dan

kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., MT, IPM Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Ibu Ir. Adriani, S.T., MT Selaku Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
4. Bapak Dr. Ir. H. Antarsasibti, S.T., MT selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Hj. Hafsh Nurusana, MT Selaku Pembimbing II yang telah banyak menghabiskan waktunya untuk membimbing kami
5. Bapak serta Ibu Dosen dan para staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar
6. Ayah dan Ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah. Untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya penulis harap semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca umumnya.

Makassar, 17 Agustus 2023

ABSTRAK

ANALISIS PEMANFAATAN ARRESTER TERHADAP PENENTUAN GARDU DISTRIBUSI 20 KV ULP JENEPONTO

OLEH

Awal Yusuf, Riwanda*

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Makassar,

E-Mail : awalyusuf14@gmail.com; wahsan015186@gmail.com.

Judul Tugas Akhir ini "Analisis Pemanfaatan Arrester Terhadap Penentuan Gardu Distribusi 20 KV ULP Jeneponto" dimana dalam analisis ini akan ditentukan karakteristik kerja dan spesifikasi serta pemasangan arrester dan perlatan dalam hal ini adalah transformator distribusi. Metode yang digunakan dalam analisis ini metode koordinasi isolasi. Penempatan lightning arrester dapat mempengaruhi kinerja lightning arrester tersebut dalam memproteksi trafo pada gardu distribusi melalutbeakap skema ini. Tingkat kegagalan proteksi arrester sangat tergantung dari TID peralatan, tegangan kerja lightning arrester dan lokasi penempatan arrester itu sendiri. Dari hasil perhitungan dan analisis data menunjukkan bahwa pada jaringan 20 kv perulang empat jeneponto TID transformator sebesar 5 kA dengan 125 KV karakteristik kerja arrester dengan tegangan pengenal 24 kV, tegangan pelepasan 27 kV serta arus pelepasan sebesar 5 kA dengan tingkat perlindungan 85,7 KV. Hal ini sesuai dengan SPLN 7: 1978 yang menetapkan tingkat isolasi pada transformator dan pemangkal petir. Sedangkan dari hasil perhitungan untuk jarak penempatan arrester terhadap transformator tidak boleh melebihi 2,745 meter dimana sudah sesuai dengan kondisi teknis di lapangan sehingga penempatan dan penyambungan arrester masih dalam kondisi yang diperbolehkan. Akan tetapi sistem perlindungan ini masih dapat ditingkatkan lagi keandalannya dengan cara meningkatkan tahanan isolasi hantaran udara dan menempatkan arrester pada titik-titik sepanjang jaringan distribusi yang berpotensi terjadi tenaga sambaran petir dengan jarak penempatannya tidak lebih dari 2,745 m.

Kata kunci: "Karakteristik Arrester Terhadap Gardu Distribusi".

ABSTRACT

ANALYSIS OF ARRESTER UTILIZATION FOR DETERMINATION OF 20 KV ULP JENEPONTO DISTRIBUTION SUBSTATION

BY

Awal Yusuf, Riwanda²

^{1,2}Electrical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of
Muhammadiyah Makassar,

E-Mail : awal.yusuf148@gmail.com, riwandaong185@gmail.com

The title of this Final Project is "Analysis of Arrester Utilization for Determination of 20 kV ULP Jeneponto Distribution Substation" where in this thesis will be determined the working characteristics of the arrester and the maximum distance of the arrester from the equipment in this case is the distribution transformer. The method used in this thesis is the isolation Coordination method. The placement of the lightning arrester can affect the performance of the lightning arrester in protecting the transformer at the distribution substation is the background of this thesis. The arrester protection failure rate is very dependent on the TD of the equipment, its working voltage of the lightning arrester and the location of the arrester placement itself. From the results of calculations and data analysis, it shows that in a 20 kV network feeding four Jeneponto TID Menak man of 5 kA with 125 kV, the working characteristics of arrester with a rated voltage of 24 kV, a discharge voltage of 87 kV and a discharge current of 5 kA with a protection level of 95.7 kV. This is in accordance with SFLN 7, 1978 which specifies the basic isolation level of transformers and lightning arresters. Meanwhile, from the calculation results, the distance between arresters and transformers should not exceed 2.745 meters, which is in accordance with the technical conditions in the field so that the placement and connection of arrester is still in permissible conditions. However, the reliability of this protection system can still be improved by increasing the air conduction insulation resistance and placing arresters at points along the distribution network that are potentially prone to lightning strikes with a placement distance of not more than 2.745 m.

Keywords: "Characteristics of Arresters Against Distribution Substations".

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tegangan Lebih Surja Petir	6
2.1.1 Umum	6
2.1.2 Proses Terjadinya Petir	7
2.1.3 Tahapan Sambaran Petir	10
2.1.4 Gelombang Berjalan Pada Saluran Udara	12
2.1.5 Gangguan Sambaran Petir Distribusi Tegangan Menengah	14
2.2 Proteksi Jaringan	16
2.3 Lighting Arresor Pada Saluran Distribusi	17
2.3.1 Prinsip Kerja Arresor	18
2.3.2 Karakteristik Arresor	20
2.3.3 Jenis-jenis Arresor	21
2.3.4 Pemilihan arresor	24
2.3.5 Data Pengenal Arresor	25
2.4 Isolasi Peralatan Listrik	29
2.4.1 Bahan Dan Jenis Isolasi	29
2.4.2 Peristiwa Tembus Pada Bahan Isolasi	30

2.4.3 Karakteristik Isolasi Peralatan Listrik	31
2.4.4 Tingkat Isolasi Dasar	32
BAB III	
METODELOGI PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Tahapan Penelitian	34
3.3 Studi Literatur	35
3.4 Pengambilan Data	35
3.5 Analisis Data	35
3.5.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar	36
3.5.2 Menentukan Perkiraan Besar Tegangan Pengaruh Arrester	36
3.5.3 Menentukan Arus Pelepasan Impuls dari Arrester	37
3.5.4 Menentukan Tegangan Pelepasan Arrester	37
3.5.5 Faktor Perlindungan dari Arrester	38
3.5.6 Jarak Lindung Arrester	39
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Data Teknik Arrester Terpasang	42

4.2 Analisis Pemanfaatan Arrester Terhadap Penentuan Gardu Distribusi	
20 kV ULP Jenepono	43
4.2.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar	43
4.2.2 Perkiraan Besarnya Tegangan Pengenal Lightning Arrester	44
4.2.3 Pemilihan Arus Pelepasan Impuls dari Lightning Arrester	45
4.2.4 Tegangan Pelepasan (Tegangan Kerja) Lightning Arrester	46
4.2.5 Faktor Perlindungan (Protection Margin)	46
4.2.6 Analisis Penempatan dan Penyambungan Arrester	47
4.3 Koordinasi Isolasi Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Emboi	
Jenepono	49
BAB V	
PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	

Daftar Gambar

1. Gambar 2.1 Muatan sepanjang pinggir awan menginduksikan muatan lawan pada bumi	8
2. Gambar 2.2 Lidah petir menjalar ke arah bumi	9
3. Gambar 2.3 Kilat sambaran balik dari bumi ke awan	9
4. Gambar 2.4 Kumpulan muatan pada saluran transmisi	10
4. Gambar 2.5 Tahapan proses sambaran petir	12
5. Gambar 2.6 Arrestor Kutub	21
6. Gambar 2.7 Arrestor ekspansi	24
7. Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	34

Daftar Tabel

1. Tabel 2.1 TID (BIL peralatan sistem yang ditambahkan) 33
2. Tabel 4.1 Hasil perhitungan untuk jarak maksimum arrester terhadap transformator 48



Daftar Lampiran

- LAMPIRAN 1 GAMBAR KONSTRUKSI PEMASANGAN
ARRESTER GARDU TRAFU 1 FASA
- LAMPIRAN 2 DATA KOORDINASI ISOLASI
ARRESTER TEHADAP PERALATAN
- LAMPIRAN 3 SINGLE LINE DIAGRAM J-RINGAN DISTRIBUSI 20
KV WILAYAH JENEPOUNTO



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang kebutuhan energi listrik semakin meningkat sejalan berkembangnya teknologi. Perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan perbaikan mutu energi listrik yang dihasilkan, yaitu harus memiliki kualitas dan keandalan yang tinggi.

Gangguan yang terbesar dalam sistem tenaga listrik terjadi di daerah penyaluran (transmisi dan distribusi). Karena hampir sebagian besar sistem tenaga listrik terdiri dari penyaluran dan di antara sekian banyak gangguan yang terjadi, petir merupakan salah satu penyebabnya. Hal ini dikarenakan letak Indonesia pada daerah khatulistiwa dengan iklim tropis dan kelembaban yang tinggi, sehingga menyebabkan kerapatan sambaran petir di Indonesia jauh lebih besar dibandingkan dengan Negara lainnya.

Dari tahun ke tahun bidang pemeliharaan gardu distribusi diperkirakan menempati kedudukan yang cukup tinggi, baik dilihat dari fungsinya maupun dilihat dari anggaran biaya yang diperlukan. Keadaan ini dapat terjadi karena sistem distribusi terus semakin padat dan berkembang. Pada hakekatnya pemeliharaan merupakan suatu pekerjaan yang dimaksudkan untuk mendapatkan jaminan bahwa suatu sistem/peralatan akan berfungsi secara optimal, umur teknisnya meningkat dan aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum.

Gangguan listrik sekecil apapun akan berdampak buruk pada tatanan social ekonomi masyarakat. Listrik merupakan urat nadi kehidupan masyarakat kita. Pertumbuhan sektor kelenaga-listrikan memberikan andil yang besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional, demikian pula sebaliknya, pertumbuhan ekonomi akan memacu peningkatan kebutuhan tenaga listrik, sehingga diperlukan peningkatan infrastruktur penyediaan tenaga listrik dan waktu ke waktu.

Komponen terpenting pada sistem distribusi adalah trafo. Trafo tersebut berfungsi sebagai penurun tegangan (*step down transformer*) yang menurunkan tegangan 20 kV (tegangan menengah) menjadi 400/230 V (tegangan rendah). Karena trafo terhubung dengan saluran udara 20 kV dan penempatannya ditempat terbuka sehingga pada trafo dapat menjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir secara langsung atau sambaran petir tidak langsung (*induksi*). Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal.

Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan trafo distribusi 20 kV pada setiap gardu distribusi selalu dilengkapi dengan lightning arrester. Pemasangan lightning arrester pada setiap gardu berbeda penempatan atau kedudukannya. Penempatan lightning arrester dapat mempengaruhi kinerja lightning arrester tersebut dalam memproteksi trafo dan peralatan lainnya pada gardu distribusi.

Oleh karena itu berdasarkan pemaparan diatas maka hal tersebut menjadi alasan dalam mengajukan tugas akhir dengan judul "Analisis pemanfaatan arrester terhadap penentuan gardu distribusi 20 kV ULP Jeneponto"

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka rumusan masalah dari tugas akhir ini yang akan dibahas adalah sebagai berikut

1. Bagaimana karakteristik kerja arrester dalam memproteksi peralatan pada saluran distribusi 20 kV di ULP JENEPONTO
2. Berapa jarak maksimum arrester dengan peralatan yang terdapat pada saluran distribusi 20 kV di ULP JENEPONTO

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk

1. Menentukan karakteristik kerja arrester dalam memproteksi peralatan pada saluran distribusi 20 kV di ULP JENEPONTO.
2. Menentukan jarak maksimum arrester dengan peralatan yang terdapat pada saluran distribusi 20 kV di ULP JENEPONTO

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini di berikan batasan yaitu karakteristik kerja arrester serta jarak maksimum arrester dengan peralatan pada jaringan 20 kV.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Kegunaan teoritis, semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat memberikan referensi yang berguna untuk mengembangkan ilmu kelistrikan
2. Kegunaan praktk, diharapkan penelitian ini bisa menjadi referensi pada Kabupaten Jeneponto guna menghasilkan listrik yang berkualitas dan mengurangi gangguan-gangguan pada saat penyaluran energi listrik sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada elektronika di Kabupaten Jeneponto
3. Menjadikan panduan pemikiran dan bahan pertimbangan penelitian-penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari seluruh penelitian ini berdasarkan sistematika penulisan yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berupa pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, dan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berupa landasan teori yang berisi tentang teori dasar penentuan tegangan pada gardu distribusi terhadap penentuan tegangan pada gardu distribusi.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang waktu dan tempat penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagaimana Kena Arrester terhadap Penentuan Tegangan Pada Gardu Distribusi dan faktor pendukung dan penghambat dalam penggunaan arrester terhadap penentuan tegangan pada gardu distribusi.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang penjelasan kesimpulan dan saran akhir dari sebuah penelitian yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tegangan Lebih Surja Petir

2.1.1 Umum

listrik adalah salah satu bentuk energi. Banyak peristiwa kelistrikan terjadi di seluruh alam, salah satunya adalah petir. Petir adalah perukan listrik bertegangan tinggi yang terjadi di atmosfer bumi, yang sebenarnya merupakan pelepasan listrik. Salah satu sifat muatan listrik adalah saling tarik menarik antara muatan positif dan muatan negatif. Saat ini digunakan untuk memahami proses terjadinya petir dan upaya meminimalisir bahaya sambaran petir dengan menggunakan penangkal petir yang tepat.

Petir merupakan fenomena alam yang sudah diteliti oleh manusia selama ratusan tahun. Petir atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan dimana dilangit muncul kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan dan biasanya disebut kilat yang beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar sering disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya. Penelitian mengenai petir telah lama dilakukan,

tetapi masih ada beberapa bagian yang belum dapat dijelaskan secara ilmiah yang dianggap sebagai misteri alam. Fenomena petir sudah ada sejak zaman dulu. Pada zaman dahulu ada yang menganggap petir sebagai perwujudan kekuatan dewa-dewi, ada pula yang menganggap petir sebagai tilsan roh jahat, dan lain sebagainya. Dari waktu ke waktu melahirkan persepsi tilsan roh jahat, dan lain sebagainya. Dari waktu ke waktu melahirkan persepsi yang berbeda tentang petir dan tentu saja petir yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah petir yang dipersepsikan secara ilmiah yang lahir dari ilmu pengetahuan teknologi.

Persepsi yang berbeda tentang petir dan tentu saja petir yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah petir yang dipersepsikan secara ilmiah yang lahir dari ilmu pengetahuan teknologi.

2.1.2. Proses Terjadinya Petir

Petir merupakan fenomena alam yang biasa kita analogikan dengan kapasitor raksasa dimana pelat pertama adalah awan (bisa pelat negatif atau pelat positif) dan pelat kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti diketahui, kapasitor merupakan komponen pasif dalam rangkaian listrik yang dapat menyimpan energi listrik (energy storage). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intracould*), dimana satu awan bermuatan positif dan awan lainnya bermuatan negatif.

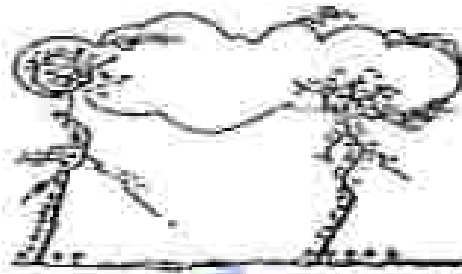
Awan terdiri dari daerah bermuatan positif dan negatif. Pusat-pusat muatan ini menginduksikan muatan berpolaritas bertawanan keawan terdekat atau ke bumi. Gradien potensial di udara antara pusat-pusat muatan di awan atau antara awan dan bumi tidak seragam tapi gradien tersebut timbul pada bagian konsentrasi muatan tinggi. Ketika gradien tegangan tinggi pada titik konsentrasi muatan dari awan melebihi harga tumbus udara yang terionisasi, maka udara di daerah konsentrasi tetapan tinggi mengionisasi atau tumbus (*breakdown*).

Muatan dari pusat muatan mengalir ke dalam kanal terionisasi, mempertahankan gradien tegangan tinggi pada ujung kanal dan melanjutkan proses tumbus listrik. Sambaran petir ke Bumi mulai ketika suatu muatan sepanjang pinggir awan menginduksikan suatu muatan lawan ke bumi (diperlihatkan pada Gambar 2.1).

Kemudian akan timbul lidah petir arah bawah menyebar dari awan ke bumi seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Muatan sepanjang pinggir awan menginduksikan muatan lawan pada bumi



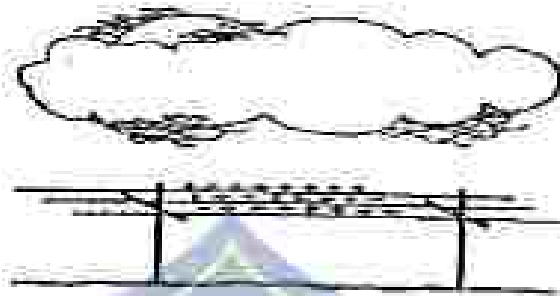
Gambar 2.2 lidah petir menjalar ke arah bumi

Begitu lidah petir mendekati bumi sambaran ke arah atas terbentuk biasanya dari titik tertinggi disekitarnya bila lidah petir ke arah atas dan ke arah bawah serentak (seperti terlihat pada Gambar 2.3), suatu hubungan awan ke bumi terbentuk dan energi muatan awan dipancarkan ke dalam tanah.



Gambar 2.3 Kilat sambaran balik dari bumi ke awan

Muatan-muatan dapat terinduksi kejauhan listrik yang ada di sekitar sambaran petir ke tanah. Walaupun muatan awan dan bumi dinetralkan (seperti terlihat pada Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Kumpulan muatan pada saluran distribusi

2.1.3. Tahapan Sambaran Petir

Pada saat gradien tegangan di awan melebihi harga tumbus udara yang terionisasi, terjadilah pilot streamer yang menentukan arah perambanan muatan dari awan ke udara yang emisannya rendah. Hal ini dimuti oleh adanya cahaya. Kemudian gerakan pilot streamer yang diikuti dengan lompatan-lompatan titik-titik cahaya yang dinamakan stepped leader (diterangkan pada gambar 2.5.a) arti setiap stepped leader berubah-ubah dimana ia mencari udara yang mempunyai kekuatan dielektrik yang paling rendah untuk dilalui sehingga secara keseluruhan jalannya tidak lurus dan patah-patah. Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (*stepped leader*) yang bergerak turun (*down leader*) dari awan bermuatan. Panjang stepped leader kurang lebih $50\mu s$ ($30-125\mu s$), dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini stepped leader mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.

Ketika leader bergerak mendekati bumi, akan terdapat beda potensial yang makin tinggi antara ujung *stepped leader* dengan bumi sehingga terbentuklah pelepasan muatan mula yang berasal dari bumi atau obyek pada bumi yang bergerak ke atas menuju ujung *stepped leader*. Pelepasan muatan mula ini disebut *upward streamer*. Apabila *upward streamer* telah masuk dalam zona jarak sambaran (*striking distance*), terbentuklah petir penghubung (*connecting leader*) yang menghubungkan ujung *stepped leader* dengan obyek yang disambar (hal ini diterangkan pada Gambar 2.5.b). Setelah itu timbulah sambaran balik (*return strike*) yang bercahaya sangat terang bergerak dari obyek yang menuju awan dan kemudian melepaskan muatan di awan (hal ini diterangkan pada Gambar 2.5.c).

Jalur yang ditempuh oleh *return strike* sama dengan jalur turunnya *stepped leader*, hanya arahnya yang terbalik. Setelah itu terjadi juga sambaran susulan (*subsequent strike*) dari awan menuju bumi akibat belum pulihnya udara yang menjadi tempat jalannya sambaran yang pertama. Sambaran susulan tidak memiliki percabangan dan bisa disebut lidah panah (*dart leader*) (sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.5.d). pergerakan *dart leader* ini sekitar 10 kali lebih cepat dari leader yang pertama (*first strike*).



Gambar 2.5 Tahapan proses sambaran petir

2.1.4. Gelombang Berjalan

Pada Saluran Udara Sampai saat ini sebab-sebab dan

gelembang pegalan yang diketahui adalah

- a. Sambaran kilat secara langsung pada kawat.
- b. Sambaran kilat tidak langsung pada kawat (induksi)
- c. Operasi pemutusan (*switching operation*)
- d. Busur tanah (*arching grounds*).
- e. Gangguan-gangguan pada sistem oleh berbagai kesalahan.
- f. Tegangan mantap sistem.

Dari sudut energi, dapat dikatakan bahwa surja pada kawat disebabkan oleh penyuntikan energi secara tiba-tiba pada kawat. Energi ini merambat pada kawat, yang terdiri dari arus dan tegangan.

Kecepatan merambat gelombang berjalan tergantung dari konstanta-konstanta kawat. Pada kawat di udara, kecepatan merambat ini kira-kira 300 mps yaitu sama dengan kecepatan cahaya. Pada kabel tanah kira-kira 150 mps.

Bila gelombang mencapai titik peralihan diskontinuitas akan terjadi pemecahan-perubahan pada gelombang tersebut sehingga terdapat sedikit perbedaan dengan gelombang asal.

1. Kecepatan merambat Kecepatan rambat gelombang berjalan pada kawat udara sama dengan kecepatan cahaya dalam hampa udara, yakni sebesar 300 cm/s. Sedangkan untuk kabel konduktor padat dengan jari-jari r dan isolasi pembungkus berjari-jari R serta permitivitas E , maka cepat v

$$v = \frac{3 \cdot 10^{10}}{\sqrt{E}} \text{ cm/s} \quad (2.1)$$

Untuk kabel-kabel yang tersedia, umumnya harga $E=2.5-4$.

Jadi kecepatan merambat dalam kabel kira-kira $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ dari kecepatan cahaya.

2. Impedansi surja

Untuk hantaran udara

$$z = 60 \ln \frac{2h}{r} \text{ ohm} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon r n^2}} = \text{ohm} \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan untuk kabel

Besar impedansi surja untuk kawat udara = 400-500 ohm, dan untuk kabel = 5-60 ohm

2.1.5. Gangguan Sambaran Petir Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Bila petir mengenai langsung ke penghantar SUTM, kemungkinan besar penghantar tersebut akan putus karena gelombang petir yang menimbulkan tegangan impuls melebihi BIL (Basic Insulation Level) dari penghantar. Kalsu petir yang mengenai SUTM sambaran langsung tetapi induksi dari petir gerak dan gelombang petir itu menjalar ke segala arah dengan perkataan lain tegang gelombang berjalan sepanjang jaringan yang menuju suatu titik lain yang dapat menetralkan arus petir tersebut yaitu menuju ke titik pertanahan.

Kelebihan tegangan yang disebabkan petir disebabkan oleh sambaran langsung atau Sambaran tidak langsung (*induksi*) dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Sambaran langsung

Yang di maksud sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran kawat tanah). Pada waktu kilat menyambar langsung kawat fasa akan timbul arus besar dan sepasang gelombang berjalan yang merambat pada kawat. Arus yang besar ini membahayakan peralatan-peralatan yang ada pada saluran.

Besarnya arus atau tegangan akibat sambaran ini tergantung pada besar arus kilat, waktu muka dan jenis rang saluran. Oleh karena saluran tegangan menengah tidak begitu tinggi di atas tanah, maka jumlah sambaran langsung pun rendah, makin tinggi tegangan sistem makin tinggi linganya dan makin besar jumlah sambaran ke saluran itu.

b. Sambaran Tidak Langsung Atau Sambaran Induksi

Jika terjadi sambaran petir ke tanah di dekat saluran umpan, akan terjadi fenomena transien yang disebabkan oleh medan elektromagnetik dari saluran petir. Fenomena petir ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat kejadian ini terjadi tegangan lebih dan gelombang berjalan yang merambat di kedua sisi kawat di tempat sambaran langsung. Fenomena transien dalam kawat terjadi hanya di bawah pengaruh gaya yang memaksa muatan untuk bergerak di sepanjang konduktor. Atau dengan kata lain, transien dapat terjadi di bawah pengaruh komponen vertikal

dari vektor kuat medan, tidak akan mempengaruhi atau menyebabkan fenomena transien pada konduktor.

2.2. Proteksi Jaringan

Tujuan dari suatu sistem proteksi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah mengurangi sejauh mungkin pengaruh gangguan pada penyediaan tenaga listrik serta memberikan perlindungan yang maksima bagi operator, lingkungan dan peralatan dalam hal terjadinya gangguan yang menetap (permanen). Sistem proteksi pada SUTM memakai:

- a. Relai Hubung Tanah dan relai hubung tunggal fasa-fasa kemungkinan gangguan penghantar dengan bumi dan antar penghantar
- b. Pemutus Balik Otomatis PBO (*Automatic Recloser*), Saklar Seksi Otomatis SSO (*Automatic Sectionalizer*) PBO dipasang pada saluran utama, sementara SSO di pasang pada saluran percabangan, sedangkan di Gardu Induk di lengkapi dengan *auto reclosing relay*.

- c. Lightning Arrester (LA) sebagai pelindung kenaikan tegangan peralatan akibat surja petir. Lightning Arrester di pasang pada tiang awal/tiang akhir, kabel Tee-Off (TO) pada jaringan dan gardu transformator serta pada isolator tumbu.
- d. Pembumian bagian konduktif terbuka dan bagian konduktif extra pada tiap-tiap 4 tiang atau pertimbangan lain dengan nilai pertanahan tidak melebihi 10Ω .
- e. Kawat tanah (shield wire) untuk mengurangi gangguan akibat sambaran petir langsung. Instalasi kawat tanah dapat di pasang pada SUTM di daerah padat petir yang terbuka.
- f. Penggunaan Fused Cut-Out (FCO) pada jaringan pencabangan.
- g. Penggunaan Seis tandung (Arcing Horn)

2.3. Lightning Arrester Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Pusat-pusat pembangkit listrik umumnya terhubung dengan saluran transmisi udara yang menyalurkan listrik ke pusat-pusat konsumsi listrik yaitu Gardu Induk (GI). Sedangkan saluran transmisi udara ini rawan sambaran petir yang menghasilkan gelombang berjalan (lonjakan tegangan) yang dapat masuk ke pusat pembangkit listrik. Oleh karena itu, pada pusat tenaga listrik harus terdapat penangkal petir (*lightning arrester*) yang berfungsi untuk mencegah gelombang penjalaran petir yang akan masuk ke instalasi pusat pembangkit listrik.

Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus di beri lightning arrester. Selain itu, lightning arrester harus berada 15 di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator.

Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat transformator sebagai suatu ujung terbuka (Karena transformator mempunyai isolasi terhadap bumitanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang yang datang. Berarti transformator dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang.

2.3.1. Prinsip Kerja Arrester

Lightning arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi.

Pada prinsipnya arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir. Sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja, arrester berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah surja menghilang arrester harus membuka dengan cepat kembali sehingga pemutus daya tidak sempat membuka.

Pada dasarnya arrester terdiri dari dua bagian yaitu: sela api (*spark gap*) dan tahanan kran (*valve resistor*). Keduanya di hubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan percikan di tentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi perataan yang di lindungi. Untuk penggunaan yang lebih khusus arrester mempunyai satu bagian lagi yang di sebut dengan tahanan kalup dan sistem pengaturan atau pembagian tegangan (*grading sistem*). Jua hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangan mencapai keadaan bahaya:

Dalam hal ini, tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka kemungkinan api dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanan nya mempunyai harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud untuk menadakan tegangan lebih tidak terlaksana, dengan akibat bahwa maksud melindungi isolasi pun gagal. Oleh sebab itu di sarankan memakai tahanan kran (*valve resistor*) yang mempunyai sifat khusus, yaitu tahanan nya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Proses pengecilan tahanan berlangsung cepat yaitu selama tegangan lebih mencapai harga puncak.

Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan drastis pada tahanan sehingga jatuh tegangannya di batasi meskipun arusnya besar. Bila

tegangan lebih habis dan lingkal tegangan normal, tahananannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi kira-kira 50 ampere.

Arus susulan ini akhirnya di matikan oleh selah api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang menutup arus, dari sini di dapatkan nama tahanan kran.

2.3.2. Karakteristik Arrester

Oleh karena itu Arrester digunakan sebagai pelindung terhadap surja petir, maka karakteristiknya perlu di ketahui sebagai berikut:

- a. Mempunyai tegangan dasar (*rated*) 50 c/s yang tidak boleh di lampaui.
- b. Mempunyai karakteristik yang di batasi oleh tegangan (*voltage limiting*) bila di folui oleh berbagai macam arus petir.
- c. Mempunyai hatis termis.

Berhubungan dengan hal yang diatas, maka agar tekanan pada isolasi dapat di buat serendah mungkin, suatu sistem perindungan tegangan lebih perlu memenuhi persyaratan sebagai berikut:

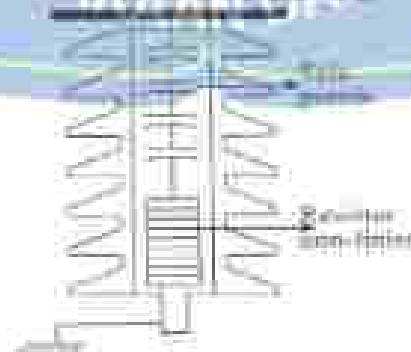
- a. Dapat melepas tegangan lebih kelanah, tanpa menyebabkan hubung singkat ketanah (*saturated ground fault*).
- b. Dapat memutuskan arus susulan.
- c. Mempunyai tingkat perindungan (*protection level*) yang rendah, artinya tegangan percikan sela dan tegangan pelepasannya rendah.

2.3.3. Jenis-jenis Arrester

a. Lightning Arrester Jenis Katup (Valve)

Alat pengaman arrester jenis katup (*valve*) ini terdiri dari sebuah celah api (*spark gap*) yang dihubungkan secara seri dengan tahanan non linear atau tahanan katup (*valve resistor*). Dimana ujung dari celah api dihubungkan dengan kawat tesa, sedangkan ujung dari tahanan katup dihubungkan ke ground (tanah). Saat terjadi tegangan lebih maka pada celah api akan terjadi percikan yang akan menyebabkan timbulnya bunga api (*arc*).

Ami percikan ini limbu terus menerus walaupun tegangan lebihnya sudah tidak ada. Untuk menghentikan percikan bunga api pada celah api tersebut, maka resistor non linear akan memadamkan percikan bunga api tersebut. Nilai tahanan non linear ini akan turun saat tegangan lebih besar. Tegangan lebih akan mengakibatkan penurunan secara drastis nilai tahanan katup, sehingga tegangan jatuhnya dibatasi walaupun arusnya besar.



Gambar. 2.10 Arrester Katup

Arrester katup ini dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. Arrester katup jenis gardu Arrester katup jenis gardu ini adalah yang paling efisien dan juga paling mahal. Umumnya dipakai untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian-rangkaian mulai dari 2400 volt sampai 287 kV dan tinggi.
2. Arrester katup jenis saluran Arrester katup jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu, arrester jenis saluran ini dipakai untuk melindungi transformator dan pemutus daya serta dipakai pada sistem tegangan 15 kV sampai 89 kV.
3. Arrester katup jenis gardu untuk mesin-mesin Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2.4 kV sampai 15 kV.
4. Arrester katup jenis distribusi untuk mesin-mesin Arrester jenis distribusi ini khusus melindungi mesin-mesin berputar seperti diatas dan juga melindungi transformator dengan pendingin udara tanpa minyak. Arrester jenis ini dipakai pada peralatan dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.

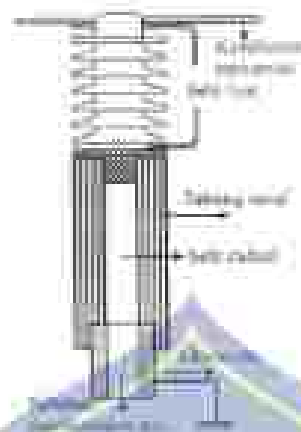
b. Lightning Arrester Jenis Explosi

Lightning arrester jenis explusi ini mempunyai dua celah api, yang satu berada diluar dan satu lagi berada didalam. Ketika terjadi tegangan lebih pada jaringan maka pada elektroda batang sebagai celah api 1 akan terjadi loncatan busur api (*flashover*).

Loncatan busur api ini akan turun kedalam tabung fiber (*fiber tube*) di antara elektroda atas dan bawah yang merupakan celah api 2. Temperatur pelepasan dari busur api akan menimbulkan tekanan dalam tabung fiber, sehingga tabung fiber akan menghasilkan uap gas. Makin tinggi temperatur busur api makin banyak uap gas yang dihasilkan. Uap gas yang dihasilkan oleh tabung fiber akan bercampur dengan busur api, sehingga akan membinasakan busur api dan mengusir vap gas yang tak berpengantar ke luar tabung gas (*vent*). Dengan demikian daya busur api akan cenderung mengikuti pelepasan peralihan (*transient discharge*) ke ground tanpa ada kekuatan selama gelombang tegangan lebih terakhir.

Arrester jenis ekspulsi ini mempunyai karakteristik volt-waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan tetapi tegangan perolehnya lebih tinggi dari arrester jenis kalung. Tambahan lagi kemampuan untuk memutuskan arus susulan tergantung dari tingkat arus hubung singkat dari sistem pada titik dimana arrester itu dipasang.

Dengan demikian perlindungan dengan arrester jenis ini dipandang tidak memadai untuk perlindungan transformator daya, kecuali untuk sistem distribusi. Arrester jenis ini banyak juga digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk. Dalam penggunaan yang terakhir arrester ini disebut sebagai tabung pelindung.



Gambar 2.11. Arrester ekspulsi

2.3.4 Pemilihan Arrester

Dalam memilih arrester yang sesuai untuk keperluan tertentu, beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

- Kebutuhan perlindungan. hal ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dari arrester.
- Tegangan sistem ialah tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan arrester.
- Arus hubung singkat sistem, hal ini hanya diperlukan untuk arrester jenis ekspulsi.
- Faktor kondisi luar, apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih di atas permukaan laut), temperature dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran.
- Faktor ekonomi.

2.3.5. Data Pengenal Arrester

a. Tegangan Pengenal

(*Nominal voltage Arrester*) adalah tegangan dimana arrester masih dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya. Arrester tidak dapat bekerja pada tegangan maksimum sistem yang direncanakan, tetapi mampu memutuskan arus ikutan dari sistem secara efektif. Tegangan pengenal dari arrester harus lebih tinggi dari tegangan fasa sehat ke tanah, jika tidak demikian maka arrester akan melewatkan arus ikutan sistem tertalu besar yang menyebabkan arrester rusak akibat beban lebih tenaga (*thermal overloading*). Tegangan tertinggi sebagai berikut:

- 1) Tegangan sistem tertinggi (sistem highest voltage), umumnya diambil harga 110% dari harga tegangan nominal sistem.
- 2) Koefisien pentanahan didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan rms fasa sehat ke tanah dalam keadaan gangguan pada tempat dimana arrester dipasang, dengan tegangan rms fasa ke fasa tertinggi dari sistem dalam keadaan tidak ada gangguan. Jadi tegangan pengenal dari arrester (*arrester rating*) adalah tegangan rms fasa ke fasa $\times 1,10 \times$ koefisien pentanahan.

- 3) Sistem yang ditanahkan langsung koefisien pentanahannya 0.8. arrester ini disebut arrester 80%. Sistem yang tidak ditanahkan langsung koefisien pentanahannya 1.0. Arrester ini disebut arrester 100%.

b. Arus Pelepasan Nominal Adalah arus pelepasan dengan harga puncak dan bentuk gelombang tertentu yang digunakan untuk menentukan kelas dari arrester sesuai dengan kemampuannya 24-melewatkan arus dan karakteristik perindungannya melewati arus dan karakteristik perindungannya. Bentuk gelombang arus pelepasan tersebut adalah:

- 1) Menurut standar Inggris/Eropa (IEC) $8 \mu s / 20 \mu s$
- 2) Menurut standar Amerika $10 \mu s / 20 \mu s$ dengan kelas:
 1. 10 kA, $10/20 \mu s$ digunakan pada gardu induk, gardu yang berada dikawasan yang sering terjadi gempur dan sistem bertegangan ≤ 66 kV.
 2. 5 kA, $10/20 \mu s$ digunakan pada gardu bertegangan ≤ 66 kV.
 3. 2.5 kA, $10/20 \mu s$ digunakan pada sistem bertegangan ≤ 22 kV.
 4. 1.5 kA, $10/20 \mu s$ digunakan pada sistem distribusi bertegangan ≤ 22 kV.

c. Frekuensi pengenal Sama dengan frekuensi sistem dimana arrester terpasang.

d. Tegangan Percik Frekuensi Daya Adalah besar tegangan efektif frekuensi daya yang membuat terjadinya di sela arrester tidak terpercik jika terjadi hubung singkat atau fasa ke tanah maupun pada saat terjadi operasi hubung-buka (*switching operation*). Untuk alasan ini maka ditentukan tegangan percikan frekuensi jala-jala minimum.

1) Menurut standar inggris tegangan percikan jala-jala minimum adalah $1.5 \times$ tegangan pengenal arrester

2) Menurut standar IEC tegangan percikan jala-jala minimum adalah 1.5 tegangan pengenal arrester

e. Tegangan Percik Impuls Maksimal Adalah puncak tegangan surja $1.250\mu s$ yang membuat sela arrester pasti terpercik atau yang membuat arrester pasti bekerja. Misalnya ada suatu arrester mempunyai tegangan percik impuls maksimal 65 kV . Jika arrester ini diberi tegangan $65 \text{ kV}-1.250\mu s$ sebanyak 5 kali maka arrester akan terpercik 5 kali.

f. Tegangan Peluahan atau Tegangan Sisa Adalah tegangan di terminal arrester saat mengalirkan arus surja yang besarnya sama dengan arus peluahan nominal. Tegangan sisa dan tegangan nominal dari suatu arrester tergantung kepada kecuraman gelombang arus yang datang (di/dt dalam $A/\mu s$) dan amplitudo dari arus pelepasan. Untuk menentukan tegangan sisa ini digunakan impuls arus sebesar $8 \mu s/20\mu s$ (standar IEC) dengan harga puncak arus pelepasan 5 kA dan 10 kA .

Untuk harga arus pelepasan yang lebih tinggi maka tegangan sisa tidak akan naik lebih tinggi lagi. Hal ini disebabkan karena karakteristik tahanan yang tidak linear dari arrester. Umumnya tegangan sisa tidak akan melebihi BIL (*basic Insulation Level*) dari peralatan yang dilindungi walaupun arus pelepasan maksimum mencapai 65 kA hingga 100 kA.

- g. Tegangan dasar (*Cut-off Voltage*) Adalah tegangan AC maksimal yang diperbolehkan terjadi di terminal arrester, dimana arus susulan yang diakibatkan tegangan tersebut masih dapat dipadamkan.
- h. Tegangan Gagal Sela: Adalah besar tegangan yang membuat sela arrester terpercik saat dikenai tegangan surja yang kecuraman muka gelombangnya 100 kV/ps/12 kV tegangan pengenal arrester.
- i. Karakteristik Volt-Waktu (V-t) Adalah karakteristik yang menyatakan hubungan tegangan percikan sela arrester dan waktu percikan.
- j. Margin Kelelahan suatu peralatan memiliki tegangan surja petir, jika dipasang pada suatu sistem bertegangan tertentu disebut (*basic Impuls Level*). Untuk tegangan sistem tertentu, telah dipasang pada sistem tersebut. Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya disebut margin. Margin biasanya ditetapkan (20-30)% dari BIL peralatan yang dilindungi.

k. Arus Peluahan Maksimal Adalah nilai puncak tertinggi dari arus surja $5/10\mu s$ yang dapat dialirkan arrester tanpa merusak arrester. Dewasa ini, arus peluahan maksimal arrester dirancang 100 kA untuk jenis gardu 65 kA untuk arrester jenis saluran.

2.4. Isolasi Peralatan Listrik

2.4.1 Bahan Dan Jenis Isolasi

Dalam sistem tenaga listrik, mengisolasi dimaksudkan sebagai memisahkan dan melindungi alat-alat yang bermuatan baik untuk mencegah kebocoran arus- arus ke sekelilingnya, dan segi penggunaannya, bahan nonkonduktif haruslah memenuhi persyaratan dasar isolasi sehingga fungsi memisahkan dan melindungi alat-alat yang bermuatan listrik dari kebocoran arus dapat dipenuhi dengan tidak menimbulkan akibat yang merugikan sistem dalam pengoperasiannya.

- a. Bahan harus mempunyai kekuatan dielektrik (*dielectric strength*) dan konduktivitas panas yang tinggi.
- b. Bahan isolasi tidak mudah bereaksi dengan bahan lain sehingga sifat isolasinya tetap dapat dipertahankan.
- c. Untuk bahan gas haruslah mempunyai temperatur pencairan yang rendah sehingga pada tekanan yang tinggi tidak mudahh mencair.
- d. Selama masa ionisasi sifat konduktivitas bahan tidak boleh berubah.

e. Harga bahan isolasi haruslah murah di tinjau dari bahan pembuatnya,

isolasi digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

- 1) Isolasi bahan gas : seperti N_2 , SF_6 .
- 2) Isolasi bahan cair : seperti minyak CB, diale B
- 3) Isolasi bahan padat : seperti porselin, keramik.

2.4.2. Peristiwa Tembus

Pada Bahan Isolasi Peristiwa tembus dapat diartikan pada peristiwa berubahnya susunan partikel atom bahan isolasi sedemikian rupa sehingga bahan nonkonduktor berubah sifat menjadi konduktor. Jadi dalam keadaan tembus isolasi sudah tidak berfungsi lagi untuk mengisolasi Alat-alat bermuatan listrik terhadap kebocoran arus ke sekelilingnya.

Tembus pada isolasi di sebabkan tingginya tegangan yang dikenakan pada isolasi, dimana tegangan itu lebih besar dari kekuatan tegangan tembus isolasi bahan digunakan.

Pada bahan isolasi padat tembus dapat terjadi lepat pada tengah isolator yang disebut tembus langsung (*break down*), melalui permukaan yang disebut flashover, dan melalui bagian samping isolator yang disebut tembus samping. Ada tiga gejala tembus pada bahan isolasi padat, yaitu:

1. Intristik Breakdown Terjadi jika kuat medan E sedemikian tinggi sehingga isolasi menyebabkan pelepasan muatan.

2. Termal breakdown Kenaikan temperature menyebabkan terjadinya pemanasan berlebihan pada bahan isolasi sehingga tahanan isolasi bahan menurun.
3. Tembus erosi Penggunaan isolasi yang terlalu lama mengakibatkan terjadinya perubahan kimiawi pada isolasi daya tahan bahan menurun yang mana akan mempercepat terjadi tembus pada tegangan yang lebih rendah.

2.4.3. Karakteristik Isolasi Peralatan Listrik

Karakteristik isolasi suatu peralatan listrik dibentuk oleh bahan isolasinya dan bentuk padat yang digunakan. Karakteristik isolasi padat ditentukan dari tegangan breakdown dan tegangan flashover. Dalam pembuatannya isolasi padat di konstruksi sedemikian sehingga tegangan breakdownnya lebih besar satu tingkat dari tegangan flashover. Penentuan kuat elektrik dan besar tegangan yang masih dapat di tahan oleh isolasi sehingga tidak terjadi breakdown atau flashover di gambarkan oleh tiga karakteristik umum.

1. Tegangan flashover kering pada frekuensi daya Yaitu tegangan pada frekuensi jala-jala yang dapat menimbulkan kegagalan pada isolasi.
2. Tegangan flashover basah pada frekuensi daya Tegangan frekuensi jala-jala yang dapat menimbulkan kegagalan pada isolasi jika isolasi tersebut di semprot oleh suatu sumber air dengan persyaratan tertentu

antara lain di beri tegangan persyaratan tertentu antara lain di beri tegangan 20 kV selama 1 menit.

3. Karakteristik tegangan waktu pada gelombang impuls standar.

2.4.4. Tingkat Isolasi Dasar (TID)

Tingkat isolasi dasar (TID) dikenal juga sebagai basic impulse insulation level (BIL) dari suatu peralatan. Untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi ada beberapa metode untuk mengkoordinasikan isolasi peralatan jaringan dengan alat-alat proteksinya. Salah satu metode yang baik adalah menentukan level tertentu isolasi. Level isolasi peralatan harus lebih tinggi dari level isolasi di tentukan dengan pertimbangan dasar sebagai berikut:

1. Memilih level isolasi yang optimal.
2. Jaminan bahwa breakdown dan kekuatan flashover seluruh isolasi peralatan lebih besar atau sama dengan level yang di pilih.
3. Penggunaan alat proteksi yang cukup baik dan ekonomis. Penentuan level isolasi di dapat dari data pengamatan di lapangan dan laboratorium yang di kombinasikan dengan karakteristik tegangan impuls. Isolasi peralatan yang di gunakan tidak boleh mempunyai level isolasi yang lebih rendah dari BIL pada kolom 2 tabel 2-1. Harga yang dapat di ambil sebagai acuan dalam pemilihan standar BIL permukaan yang akan digunakan tanpa melihat apakah sistem tersebut di tanahkan atau tidak.

Tabel 2.1 TID (BIL peralatan sistem yang di tanahkan)

Kelas Refrensi (kV)	BIL (kV)	80%BIL (kV)
1.1	30	24
3.7	75	60
11	95	76
23	150	120
34.5	200	160
66	250	200
110	300	240
154	450	360
220	550	440
330	750	600
500	1000	800
760	1050	840
1100	1375	1100
2300	1300	1040
3450	1550	1240

Misalnya untuk kelas refrensi 23 kV maka sistem yang di tanahkan di ambil BIL 120 kV, sedangkan untuk sistem yang tidak di tanahkan di ambil BIL 150 kV.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian "Analisis pemanfaatan arrester terhadap penentuan gardu distribusi 20 kV ULP Jenepono" penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu disajikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



3.3 Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya dan jurnal-jurnal dari internet yang bertubungan atau yang dapat mendukung teori penyelesaian penelitian "Analisis pemanfaatan arrester terhadap penentuan gardu distribusi 20 kV ULP Jeneponto"

3.4 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengambilan data di ULP Jeneponto, pengambilan data dilakukan dengan cara meminta data yang sudah ada pada ULP Jeneponto, data diperoleh dengan mengikuti prosedur yang ada pada instansi tersebut yaitu dengan cara mengirimkan surat izin pengambilan data dari pihak Universitas. Selanjutnya menunggu balasan dari pihak PLN, setelah surat balasan diperoleh baru dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian.

3.5 Analisis Data

Metode yang digunakan dalam analisis data pada penelitian ini adalah metode koordinasi isolasi, dimana dari data-data yang diperoleh kemudian dihitung TID transformator, tegangan pelepasan arrester, serta jarak penempatan arrester terhadap transformator.

3.5.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar

Perencanaan sistem perlindungan transformator distribusi dalam menentukan posisi peralatan pelindung dari kemungkinan bahaya surja pefir, yang paling awal dilakukan adalah menentukan tingkat kekuatan isolasi impuls dasar. Transformator yang akan dilindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) dengan data-data yang bervariasi antara lain:

- Kapasitas terpasang: 250 KVA
- Tegangan primer: 20 KV
- Tegangan sekunder: 220 / 380 V

3.5.2 Menentukan Perkiraan Besar Tegangan Pengenal Arrester

Menentukan perkiraan besarnya tegangan pengenal arrester, maka harus diketahui terlebih dahulu tegangan tertinggi dari jaringan dan koefisien pentanahan, dengan diketahuinya kedua hal tersebut, maka perkiraan besarnya tegangan pengenal arrester dapat dihitung secara kasar. Tegangan pengenal tidak boleh lebih rendah dari perkiraan kedua harga diatas. Dalam perhitungan tegangan secara tinggi ditambah 10% kemudian untuk pentanahan tidak aktif dan pentanahan terionisasi dalam praktek biasanya diambil koefisien 100%.

3.5.3 Menentukan Arus Pelepasan Impuls dari Arrester

Dalam menentukan arus pelepasan impuls dari arrester sewaktu melepas arus surja petir dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$I_a = \frac{3U_d - U_a}{Z_s} \quad (3.1)$$

Dimana:

I_a = arus pelepasan arrester

U_d = tegangan gelombang datang

Z_s = impedansi surja saluran datang

U_a = tegangan kerja/tegangan sisa

Besar tegangan gelombang datang diperoleh dari FOV (Flashover Voltage) dengan mengetahui rancangan isolator saluran

3.5.4. Menentukan Tegangan Pelepasan Arrester

Tegangan pelepasan (tegangan kerja) bergantung pada arus pelepasan arrester (I_a) dan kecuraman arus (di/dt) yang masuk ke peralatan. Tegangan pelepasan ini adalah karakteristik yang paling penting dari arrester untuk perlindungan peralatan. Selain itu, tegangan kerja ini untuk menentukan tingkat perlindungan arrester apabila tegangan kerja arreler berada TID peralatan yang dilindungi dengan

faktor keamanan yang cukup perlindungan peralatan yang optimum dapat dicapai.

3.5.5 Faktor Perlindungan dari Arrestor

Faktor perlindungan lightning arrestor adalah perbandingan antara selisih tegangan tingkat isolasi dasar peralatan (TID) yang dilindungi dengan tingkat perlindungan (TP) dari arrestor terhadap tingkat perlindungan dari arrestor. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$FP = \frac{TID - TP}{TP} \times 100 \quad (3.2)$$

Dimana:

FP = Faktor perlindungan

TID = Tingkat isolasi dasar

TP = Tingkat perlindungan

Faktor tingkat perlindungan dari arrestor adalah harga puncak tegangan yang terjadi pada terminal arrestor saat kondisi kerja, yaitu pada saat menyalurkan arus suja ke tanah. Ada dua harga yang biasa dipertimbangkan sebagai harga tingkat perlindungan impuls dan tegangan arrestor. Dalam menentukan tingkat perlindungan peralatan

yang akan dilindungi oleh arrester umumnya diambil harga 10% lebih tinggi dari tegangan pelepasan arrester.

Besarnya faktor perlindungan pada umumnya 20% dari TID peralatan untuk lightning arrester yang dipasang dekat dengan peralatan yang akan dilindungi.

3.5.6 Jarak Lindung Lightning Arrester

Arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh keamanan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arrester dilempakkan dengan jarak tertentu dari peralatan yang dilindungi. Jarak arrester dengan peralatan yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada peralatan. Jika jarak arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada peralatan dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya.

Dalam prakteknya, tegangan mungkin lebih dari perkiraan karena terjadinya isolasi akibat adanya induktansi penghantar yang menghubungkan arrester dengan transformator dan adanya kapasitansi dari transformator itu sendiri. Di samping itu, saat arrester bekerja mengalirkan arus surja ke bumi, maka terjadi jatuh tegangan pada tahanan penghantar penghubung arrester dengan jaringan dan penghubung arrester dengan elektroda pembumian. Jatuh tegangan ini

dipengaruhi oleh kenaikan arus surja dan akan menaikkan kenaikan tegangan antara terminal arrester dengan bumi. Adanya perbedaan potensial pembumian transformator dengan potensial pembumian arrester juga menambah tegangan transformator. Oleh karena itu lebih baik membuat penghantar penghubung sependek mungkin dan menghubungkan elektroda pembumian arrester dengan elektroda pembumian transformator. Tahanan pembumian diusahakan serendah mungkin, akan lebih baik jika dapat dibuat di bawah satu Ohm.

Jika diketahui tegangan maksimum yang dapat dipikul transformator (BIL) dalam kV, maka jarak maksimum arrester dari peralatan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$L = \frac{U_2 - U_1}{\frac{du}{dt}} \times V \quad (3.3)$$

dimana

U_1 : tegangan kerja arrester (kV)

U_2 : tegangan gelombang datang pada jepitan transformator (kV)

du/dt : kecuraman gelombang datang (kV/ μ s)

L : jarak antara arrester dan transformator (m)

V : kecepatan merambat gelombang (m/ μ s)

Faktor lain yang menentukan besarnya gelombang datang pada peralatan adalah banyaknya percabangan jaringan, maka gelombang surja tersebut akan terbagi ke masing-masing cabang, sehingga besar tegangan yang dapat diterima pada masing-masing adalah

$$U_s = U_d \left(\frac{1}{n} \right) \quad (3.4)$$

Dimana n adalah jumlah cabang

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak percabangan jaringan maka tegangan gelombang datang ke peralatan semakin kecil sehingga kerja arrester melakukan gelombang tidak terlalu besar.



BAB IV

Hasil Dan Pembahasan

4.1 Data Teknik Arrester Terpasang

Untuk membandingkan dan menganalisis sistem distribusi 20 kV di PLN Sulawesi Selatan terhadap konsep koordinasi isolasi, maka perlu diketahui data peralatan arrester pada penyulang Empat Rayon Jeneponto yang ada dan terpasang saat ini. Data lightning arrester dibagi 3 bagian, yaitu:

1. Kondisi iklim meliputi:

- a. Posisi geografis : daerah equator
- b. Ketinggian lokasi : ≤ 1000 meter dari permukaan air laut
- c. kelembaban : 20 sampai dengan 80%
- d. Ambien temperature : maksimum 37°C rata-rata perhari 27°C
maksimum 17°C

2. Karakteristik Saluran

- a. Jari-jari kawat hantar di udara : 5,625 mm
- b. Ketinggian kawat di atas permukaan tanah : 11 m
- c. Titik netral ditanarkan dengan tahanan 40 ohm

3. Karakteristik lightning arrester

- a. Tegangan pengenalan 24 kV
- b. Arus pelepasan nominal 5 kV
- c. Tegangan percik muka gelombang 100 kV
- d. Tegangan percik standar 87 kV

e. Tegangan sisa maksimal pada arus nominal 87 kV

4.2 Analisis Lightning Arrester Terpasang pada Jaringan Distribusi 20 kV penyulang Empat Jeneponto

Lighting arrester berfungsi sebagai pengaman terhadap tegangan lebih, terpasang dalam suatu sistem, maka keberadaannya erat kaitannya dengan peralatan. Oleh karena itu harus dikoordinasikan dengan tegangan pengenalan, tegangan pelepasan arrester dengan tingkat ketahanan tegangan impuls dengan peralatan yang dilindungi.

4.2.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar

Perencanaan sistem perlindungan transformator distribusi dalam menentukan posisi peralatan pelindung dari kemungkinan bahaya surja petir, yang paling awal dilakukan adalah menentukan tingkat kekuatan isolasi impuls dasar:

Transformator yang akan melindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) dengan data-data yang bervariasi antara lain:

- Kapasitas terpasang : 250 kVA
- Tegangan primer : 20 kV
- Tegangan sekunder : 220 / 380 V

Transformator jenis ini merupakan jenis gardu yang terpasang pada tiang dengan tegangan sistem primer 20 kV, maka diperoleh tegangan tertinggi peralatan:

$$V_{max} = V_{nominal} \times 1,1$$

$$V_{max} = 20 \times 1,1$$

$$= 22 \text{ kV}$$

4.2.2. Perkiraan Besarnya Tegangan Pengenal Lightning Arrester

Sistem distribusi 20 kV penyulang Empat Jeneponto ditanahkan dengan tahanan rendah, koefisien pentanahan dipilih 100% (pentanahan tidak efektif) dengan tegangan sistem tertinggi adalah 20 kV, maka tegangan pengenal arrester menjadi:

Tegangan sistem maksimum

$$V_{nominal} = + 10\% \text{ (faktor toleransi)}$$

$$V_{max} = V_{nominal} \times 1,1$$

$$= 20 \times 1,1$$

$$V_{max} = 22 \text{ kV}$$

Tegangan pengenal arrester

$$V_p = V_{max} \times 1,0$$

$$= 22 \times 1,0$$

$$V_p = 22 \text{ kV}$$

Menurut tabel 1 pada lampiran, standar tegangan pengenal lebih besar yang mendekati 24 kV, sehingga tegangan pengenal yang diambil untuk sistem 20 kV adalah 24 kV.

4.2.3. Pemilihan Arus Pelepasan Impuls Dari Lightning Arrester

Sistem 20 kV penyulang Empat Jeneponto memiliki jumlah isolator hantaran sebesar 3 buah. Dari tabel 5 pada lampiran diperoleh tegangan gelombang berjalannya sebesar 355 kV. Jari-jari kawat hantaran udara 5,625 mm serta ketinggian kawat dari atas tanah sebesar 11 meter. Maka impedansi hantaran udara sebesar:

$$z = 60 \ln \frac{2}{r} \text{ ohm} \quad (4.1)$$

$$z = 60 \ln \frac{2 \cdot 11 \text{ m}}{5,625 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$= 495,2 \text{ ohm}$$

Diambil impedansi hantaran sebesar 500 ohm, maka besar arus pelepasan impuls dari arrester:

$$I_a = \frac{2 \cdot U_{\text{imp}}}{z} \quad (4.2)$$

$$= \frac{2 \cdot 330 \cdot 10^3}{500}$$

$$= 1,246 \text{ kA}$$

Diperoleh arus pelepasan sebesar 1,246 kA, sehingga pemilihan kelas arus 5 kV tepat.

4.2.4. Tegangan Pelepasan (Tegangan Kerja) Lightning Arrester

Tegangan pelepasan adalah karakteristik paling penting dari arrester untuk perlindungan peralatan. Tegangan kerja ini menentukan tingkat perlindungan dari arrester. Tegangan pelepasan arrester untuk tegangan pengenal 24 kV dengan arus pelepasan 5 kA dan 10 kA sesuai dengan table 1, 2 dan 3 pada lampiran sebesar 87 kA. Dalam hal ini berdasarkan ketetapan dimana sebelumnya dilakukan pengujian tegangan percikan terhadap lightning arrester.

4.2.5 Faktor Perlindungan (Protection Margin)

Faktor perlindungan merupakan besar perbandingan antara perbedaan tegangan TID dan peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja arrester. Sesuai pembahasan sebelumnya tegangan kerja lightning arrester untuk sistem 20 kV ditetapkan sebesar 87 kV tingkat perlindungan arrester dengan mempertahankan kawat penghubung toleransi pabrik ditambahkan 10% sehingga:

$$TP \text{ (tingkat perlindungan)} = V_A \times 1,1 \quad (43)$$

$$TP = V_A \times 1,1$$

$$= 87 \times 1,1$$

$$= 95,7 \text{ kV}$$

Diambil tingkat perlindungan petir 95,7 kV dengan TID transformator yang telah ditetapkan sebesar 125 kV. Maka besar faktor perlindungan adalah:

$$FP = \frac{TID - TF}{TF} \times 100 \quad (4.4)$$

$$FP = \frac{125 - 93,7}{93,7} \times 100$$

$$= 23,44\%$$

Faktor perlindungan ini lebih besar 20% dari TID peralatan, sehingga lightning arrester ini sudah memberikan faktor perlindungan yang baik.

4.2.6. Analisis Penempatan dan Penyambungan Arrester

Untuk mengetahui penempatan lightning arrester maka diketahui jarak indung dan arrester yang akan dipasang. Karena dg untuk menentukan jarak indung (L) maka perlu diketahui kecuraman dan gelombang datang (du/dt) dan besar tegangan gelombang datang pada peralatan (U).

Bila kecuraman gelombang datang 500 kV/ μ s, 1000 kV/ μ s, 1500 kV/ μ s, 2000/ μ s, berdasarkan $U_t = 125/1,3 = 96,15$ kV, maka rambat gelombang pada kawat udara = 3000 m/s. Kecuraman gelombang datang yang telah ditetapkan pada ULP PLN Jeneponto yaitu 500 kV/ μ s, dapat dilihat pada Lembaran tabel 6.

Maka jarak maksimum arrester terhadap transformator

$$L = \frac{U_t - U_a}{2 \times \frac{du}{dt}} \times V \quad (4.5)$$

- $du/dt = 500 \text{ kV}/\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 500} \times 3000 = 3,745 \text{ meter}$$

- $du/dt = 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 1000} \times 300 = 1,372 \text{ meter}$$

- $du/dt = 1500 \text{ kV}/\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 1500} \times 300 = 0,915 \text{ meter}$$

- $du/dt = 2000 \text{ kV}/\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 2000} \times 300 = 0,686 \text{ meter}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 4.1

Tabel 4.1 Hasil perhitungan untuk jarak maksimum arrester terhadap transformator

Kecuraman Gelombang Du/dt(Kv)	Jarak maksimum L(m)
500	2,745
1000	1,372
1500	0,915
2000	0,686

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin besar kecuraman gelombang datang pada gardu maka jarak penempatan arrester terhadap trafo semakin dekat dengan jarak maksimum arrester terhadap trafo pada lokasi terjauh 2.745 m. Perhatikan letak penempatan dan

penyambungan lightning arresier pada konstruksi pemasangannya dilapangan sangat dekat dengan transformator sebesar 2,5 meter maka dapat disimpulkan bahwa jarak penempatan dan penyambungan arrester masih dalam batas yang dibolehkan.

Dengan demikian, bila terjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir pada jaringan distribusi 20 kV lightning arrester segera dapat mengamankannya.

4.3 Koordinasi Isolasi Sistem Distribusi 20 Kv Penyulang Empat Jeneponto

Penerapan koordinasi isolasi pada sistem distribusi 20 kV penyulang empat Jeneponto untuk mengamankan peralatan sebagai berikut:

1. Tegangan kerja 20 kV
2. Karakteristik sistem menggunakan sistem 3 fase 3 kawat yang ditanahkan dengan tahanan 40 ohm.
3. Tingkat isolasi dasar transformator 125 kV
4. Alat proteksi tegangan lebih digunakan arrester dengan tegangan pengenal 24 kV
5. Tegangan pelepasan arrester pada arus pelepasan 5 kA adalah 87 kV
6. Batasan TID trafo dan tegangan pelepasan arrester adalah $125 - 87 = 38$ kV
7. Dengan batasan 38 kV dianggap memadai perlindungan terhadap peralatan dan biaya isolasi peralatan

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

1. Karakteristik arrester pada jaringan distribusi 20 kV di PLN Rayon Jeneponto tegangan pengenal 24 kV, tegangan pelepasan 87 kV dengan arus pelepasan nominal 5 kA.
2. Jarak maksimum lightning arrester terhadap transformator sesuai karakteristik kerja arrester tidak boleh melebihi 2.745 meter (<2.745 m). Dari hasil perbandingan di lapangan jarak pemasangan arrester terhadap trafo <2.745 meter, sehingga pemasangan dan penyambungan arrester masih dalam kondisi yang diperbolehkan.
3. Faktor perlindungan arrester terhadap transformator lebih besar 20% dari TID peralatan sehingga arrester ini sudah memberikan perlindungan yang baik.

5.2 SARAN

Untuk meningkatkan tingkat keandalan proteksi petir dan lightning arrester dapat dilakukan dengan:

1. Meningkatkan tahanan isolasi hanfaran udara.
2. Menempatkan arrester pada titik-titik sepanjang jaringan yang berpotensi rawan terkena sambaran petir.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasir, M.M., (2020). *"Analisis Losses Jaringan Distribusi Primer"*, Jakarta: Erlangga.
- Hadi, Abdul., (2019). *"Sistem Distribusi Daya listrik"*, Jakarta: Erlangga.
- T. S Hutauruk., (1991). *"Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja"*, Jakarta: Erlangga.
- Ramayulis Nasution, (2019). *"Analisis Penempatan Lightning Arrester Sebagai Pengaman Gangguan Petir Gardu Induk Induk Langsa"*. (ONLINE)
<https://www.researchgate.net/publication/351274144> Diakses Pada 12 April 2023.
- (2010). *"Buku 1 Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik"*, Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- SPLN 7: 1973. *"Pedoman Pemilihan Tingkat (series) Transformator dan Penangkal Petir"*.
- SPLN 26: 1980. *"Pedoman Penerapan Sistem Distribusi 20 kV Fasa-Tiga Skawat dengan tahanan rendah dan tahanan tinggi"*.
- PT PLN PERSERO 2019. *Buku Pedoman Pemeliharaan Ligting Arrester*. Jakarta.
- Ramayulis Nasution, dkk 2019 *Analisis Penempatan Lightning Arrester Sebagai Pengaman Gangguan Petir Di Gardu Induk*

Langsa (ONLINE)

[Http://jurnal.uisu.co.id/index.php/But/article/view/1274](http://jurnal.uisu.co.id/index.php/But/article/view/1274). Di

Akses Pada 5 September 2020

Cahyaningsih, Tri. 2018. *Skripsi Arrestor Sebagai Sistem Pengaman*

Tegangan Lebih Pada Jaringan Distribusi Tegangan

Menengah 20 KV. TE FT UNNES Semarang



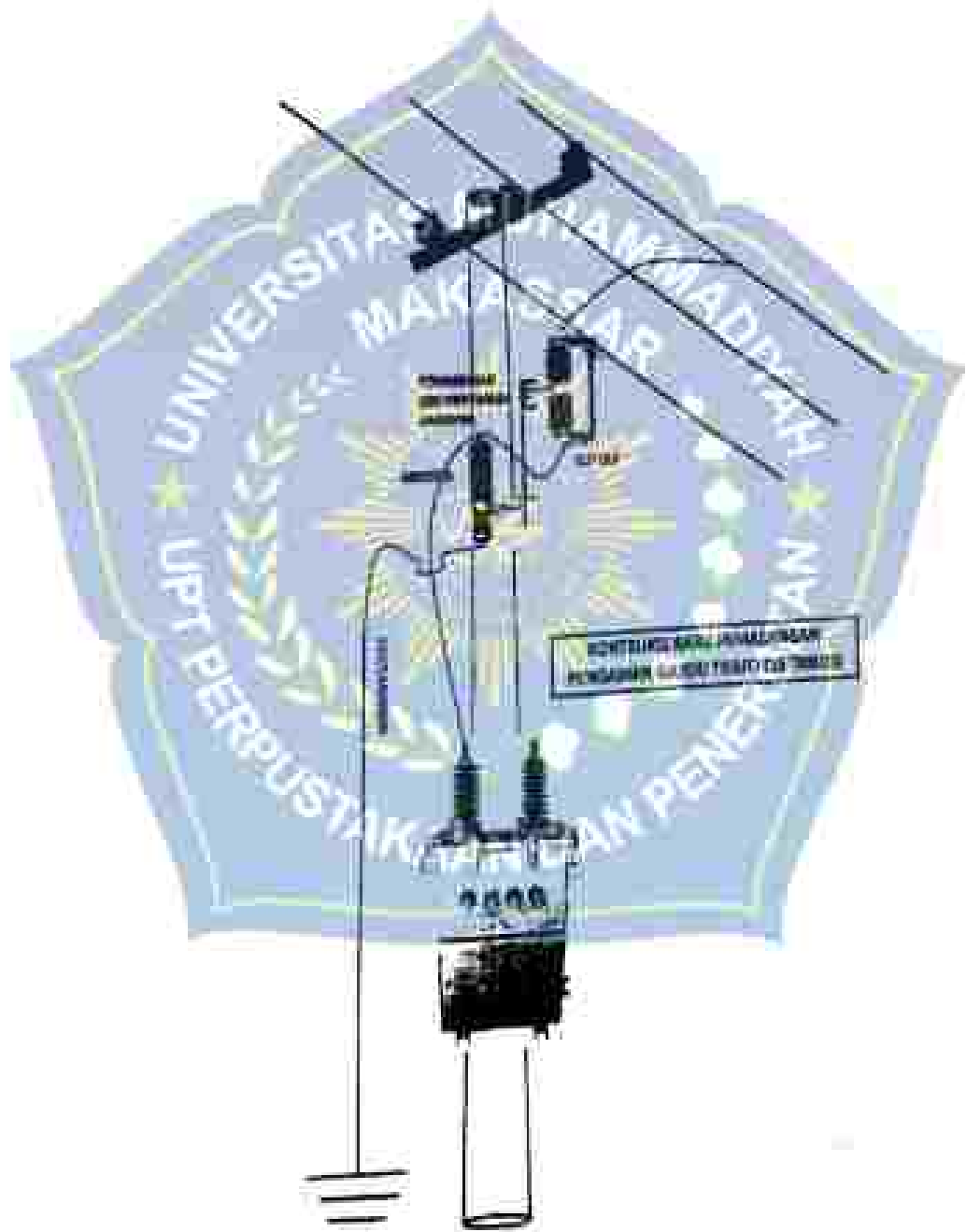


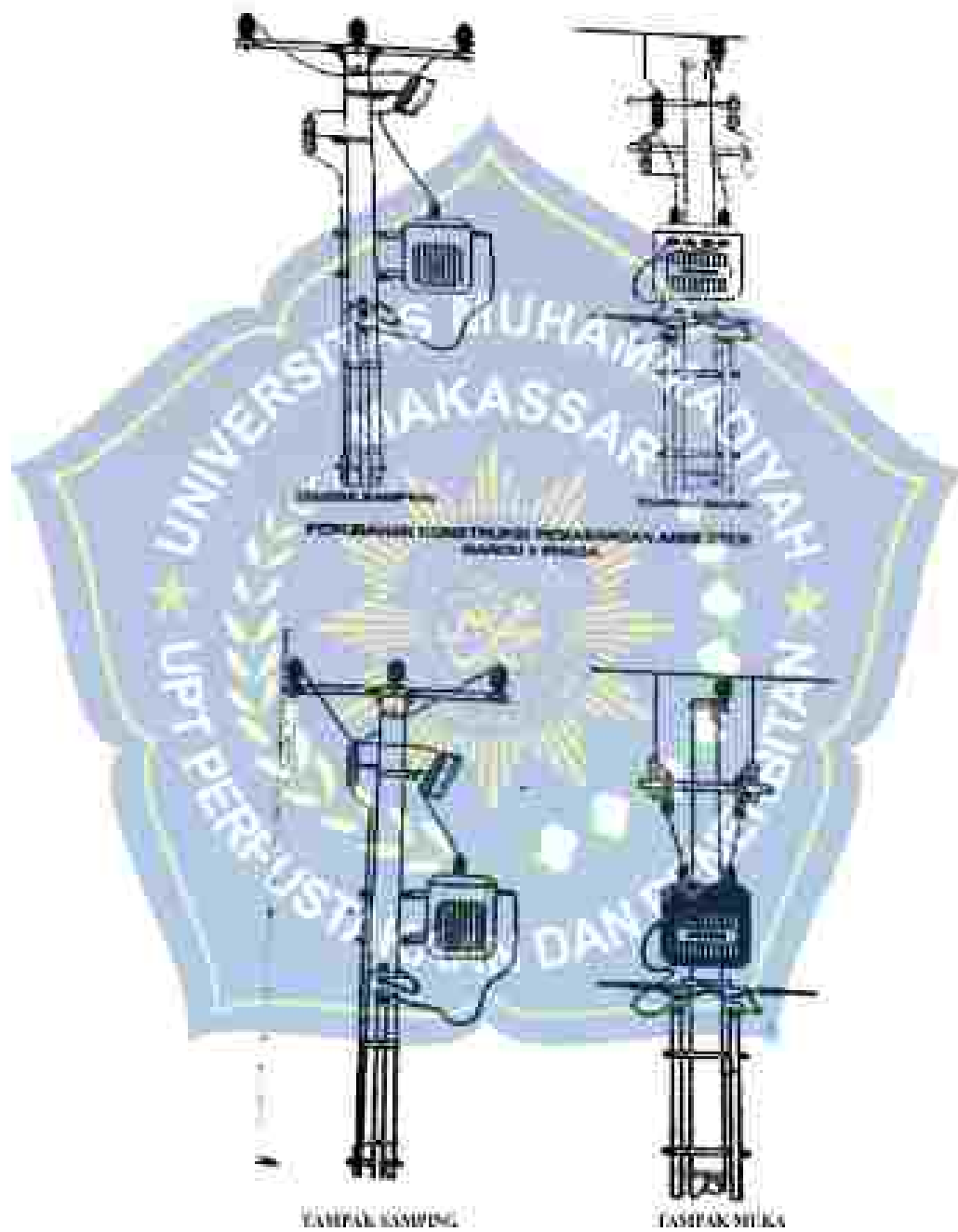
LAMPIRAN-LAMPIRAN

4. GAMBAR KONSTRUKSI PEMASANGAN ARRESTER GARDU

TRAFO 1 FASA

1000VA/250V/0,5A





KONDISI AWAL PEMASANGAN ARRESTER GARDU 1 PHASA

2. DATA KOORDINASI ISOLASI ARRESTER TERHADAP PERALATAN

Tabel 1 Penetapan Tingkat Isolasi Trajnsformator dan Penangkal Petir

Spesifikasi	Tegangan Nominal		
	150	66	20
	KV		
Tegangan tinggi untuk peralatan	170	72,5	24
peralatan	efektif	tahanan	Tahanan
trasformator			
tegangan pengenal (sisi tegangan ling)	150	66	20
Tingkat isolasi dasar (TID)	650	325	125
Penangkal petir			
Tegangan pengenal	130	75	24
Arus pelepasan nominal	10 KA	10 KA	5 KA
Tegangan pelepasan	460	270	87
Tegangan percik tegak muka			
Gelombang (MG)	530	310	100
Tegangan percik denyut standar	460	270	87
kelas	10 KA	10 KA	5 KA

Tabel 2 Maksimum Residual Voltages (Tegangan Sisa Maksimum)

Arrester rating (kV/ μ s)	10 KA Light and Heavy Heavy Duty and 5 KA Series A	5 KA series	2,5 KA
	kV peak		
0,175			2,2
0,28			2,5
0,5			3
0,68			5
3	13	18	13
4,5	17,5	24	17,5
6	22,6	31	22,6
7,5	27	39	27
9	33,5	40	33,5
10,5	38		38
12	43	54	43
15	54	64	54
18	65	73	65
21	76	83	76
24	87	91	87
27	97	99	87
30	103	107	108
33	119		119
36	130		130
39	141		
42	151		
51	184		
54	195		
60	216		
75	270		
84	302		
96	324		
102	343		
108	368		
120	400		
126	420		
138	480		
150	500		
174	570		

Tabel 3 maximum Rating of These Arreste

Arrester voltages rating	Maksimum dry or wet power frequency sparkover voltages	Virtual steepness of front of wave sparkover	Ampere Arrester		Max 100% 1,2/50 sparkover voltage	Max front of wave sparkover voltage	10000 and 5000 Ampere Arrester	2500 Ampere Arreste
			Max 100% 1,2/50 sparkover voltage	Max front of wave sparkover voltage				
		Rate of rise in kV per micro- second	kV (peak)	kV (peak)	kV (peak)	kV (peak)	kV (peak)	kV (peak)
kV (rms)	kV (rms)							
3	1,5 times	30	13	15	13	15	13	13
4,5	the rated	37	17,5	20	17,5	20	17,5	17,5
6	voltages of	52	22,5	26	22,5	26	22,5	22,5
7,5	the arrester	62	28	31	28	31	28	28
9		76	32,5 (58)	38 (62)	32,5	38	32,5	32,5
12		100	43 (70)	50 (75)	43	50	43	43
15		124	54 (80)	62 (80)	54	62	54	54
18		150	65 (86)	75 (94)	65	75	65	65

21		176	76	88	76	88	76	78
24		200	87	100	87	100	87	87
27		224	97	112	97	112	97	97
30		250	108	125	108	125	108	108
33		274	119	137	119	137	119	119
36		300	130	150	130	150	130	130
					(Se note1)			
60		500	216	250	-	-	216	
75		620	270	310	-	-	270	
96		740	324	371	-	-	324	
102		790	343	394	-	-	343	
108		840	363	418	-	-	363	
120		890	400	463	-	-	400	
138		1030	454	522	-	-	454	
(se note)					-	-	(se note2)	
188		1170	510	602	-	-	510	
198		1200	549	646	-	-	549	
318		1200	1040	1250	-	-	1040	
338		1200	1100	1250	-	-	2100	



Tabel 4 Standart Insulation Levels for 1 kV < Um < 52 kV

Highest Voltages for equipment Um (r.m.s)	Rated lightning withstand voltage (peak)		Rated Power-frequency short duration withstand voltage (r.m.s)
	List 1	List 2	
Kv	kV	kV	kV
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12	60	75	25
17.5	75	95	30
24	95	125	50
36	145	170	70

Tabel 5 FOV (Flash Over Voltages) Standart Discs

NO of Discs	Dry FOV kV rms	Wet FOV kV Rms	Impuls FOV (Standard Full Waves KV Crest)
1	80	50	150
2	185	90	25
3	215	130	355
4	270	170	440
5	325	215	525
6	380	255	630
7	435	295	695
8	495	335	790
9	540	377	860
10	590	415	945
11	640	450	1025
12	690	490	1105
13	735	525	1185
14	785	565	1265
15	830	600	1345
16	875	630	1425
18	985	690	1585
19	1010	720	1555
20	1055	750	1745
25	1280	900	2145
30	1505	1050	2580

Tabel 6 Karakteristik Arrester

Pengenal Arrester (kV)	Kecuraman Gelombang: (kV/μs)	10 kA dan 5 kA		5 kA	
		STD (kV)	FOW (kV)	STD (kV)	FOW (kV)
3	25	13	15	13	15
4.5	37	17.5	20	17.5	20
6	50	22.6	26	22.6	26
7.5	62	28	31	28	31
9	76	32.5	38	32.5	38
12	100	43	50	43	50
15	125	54	62	54	62
18	150	65	75	65	75
21	250	78	88	78	88
24	500	87	100	87	100
27	750	97	112	97	112
30	1000	108	125	108	125
33	1250	119	137	119	137
36	1500	130	150	130	150

3. SINGLE LINE DIAGRAM JARINGAN 20 KV WILAYAH JENEPONTO





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
 UPT PERPUSTAKAAN DAN PENELITIAN

Jl. Satrio No. 125A, Makassar 90231 (Telp. 0411-8530255) Fax 0411-8530254

Surat Keterangan Bebas Plagiat

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penelitian Universitas Muhammadiyah Makassar,
 Menyerahkan bahwa mahasiswa yang tertera namanya di bawah ini:

Nama: Hidayati Rizkiyah
 NIM: 101021105310000000000014
 Program Studi: Teknik Informatika

Demikian.



Ditandatangani dan dimeterai oleh Kepala UPT Perpustakaan dan Penelitian Universitas Muhammadiyah Makassar Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia,

Direktori yang bersangkutan ini ditandatangani oleh Kepala UPT Perpustakaan dan Penelitian Universitas Muhammadiyah Makassar

Makassar, 08 Desember 2023



UPT PERPUSTAKAAN DAN PENELITIAN

BAB I Riswanda/Awal yusuf

105821105316/105821103716

by Tahap Tutup



Submission date: 18-Aug-2023 01:35PM (UTC+0700)

Submission ID: 2147437313

File name: BAB_1_proposal_1.docx (29.92K)

Word count: 654

Character count: 4508

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masa sekarang kebutuhan akan listrik semakin meningkat seiring pesatnya teknologi. Perkembangan yang pesat di masa sekarang harus diikuti dengan perbaikan kelayakan energi listrik, akan harus memiliki kuantitas atau keandalan yang sangat baik.

Terjadinya gangguan yang terbesar ada dalam sistem tenaga listrik terjadi di IIRK yaitu di IIR (Indonesian Electric Grid) karena hampir semua IIR akan sudah dan generasi (G1) di antara sekian banyak gangguan yang terjadi, baik merupakan salah satu penyebab, melalui mekanisme efek Indonesia pada daerah pembangkitan dengan alam tropis dan kelembaban yang tinggi, sehingga menyebabkan kerapuhan sambungan petir Indonesia yang lebih besar dibandingkan dengan Negara lainnya.

Dari tahun ke tahun, karena permasalahan yang dihadapi diperluas mencapai kebutuhan yang cukup tinggi, baik dalam hal fungsinya maupun dilihat dari anggaran biaya yang diperlukan. Kondisi ini dapat terjadi karena sistem distribusi tenaga listrik sudah dan berkembang. Keistimewaan dalam permasalahan merupakan suatu pekerjaan yang sangat sulit untuk mendapatkan jaminan bahwa suatu sistem/peralatan dapat berfungsi secara optimal dan baik, umur teknisnya meningkat dan untuk lebih aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum.

Gangguan listrik sekecil akan berdampak tidak baik pada tatanan sosial ekonomi masyarakat. Listrik salah satu urat nadi kehidupan masyarakat kita. Pertumbuhan sektor tenaga-listrikan memberikan andil yang besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional, demikian pula sebaliknya. pertumbuhan ekonomi akan memacu peningkatan kebutuhan tenaga listrik, sehingga dipinjamkan peningkatan infrastruktur penyediaan tenaga listrik dan waktu ke-adaannya.

Komponen terpenting pada sistem tenaga adalah trafo, Trafo tersebut berfungsi sebagai pemutus tegangan step down transformasi yang menurunkannya tegangan 10 kV. Tegangan menengah menjadi 400/230 V. Trafo yang terdapat di area ini terdistribusi dengan kapasitas antara 10 kVA dan penempatannya ditempatkan sebagai berikut pada trafo dapat memiliki perlindungan ke-anggotaan lebih lanjut sementara profil secara langsung yaitu sandi-wan coil tidak langsung (indirect). Sementara pemrosesan memiliki ke-anggotaan lebih lanjut yang juga memiliki kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal.

Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan trafo distribusi 10 kV pada setiap gardu distribusi selalu dilengkapi dengan lightning arrester. Pemasangan lightning arrester pada setiap gardu distribusi penting untuk memastikan keselamatan. Pemasangan lightning arrester dapat mempengaruhi kinerja lightning arrester tersebut dalam memproteksi trafo dan peralatan lainnya pada gardu distribusi.

Oleh sebab itu pendahuluan perbandingan (atas masalah) ini jadi alasan untuk pengisian tugas akhir/riset dengan judul "Analisis pemanfaatan arrester terhadap penentuan gardu distribusi 20 kV ULP Jemponto"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian data maka rumusan masalah dan tugas akhir/riset yang dibahas yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik koil arrester untuk pemrosesan peralatan pada saluran transmisi 20 kV di ULP JENEPONTO
2. Berapa jarak maksimum arrester dengan peralatan yang ada pada saluran transmisi 20 kV di ULP JENEPONTO

1.3 Tujuan

Dalam penulisan tugas akhir/riset ini bertujuan untuk:

1. Menentukan jarak antara koil arrester dengan peralatan pada saluran transmisi 20 kV di ULP JENEPONTO
2. Menentukan jarak maksimum arrester dengan peralatan yang ada pada saluran transmisi 20 kV di ULP JENEPONTO

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini di berikan batasan yaitu karakteristik prinsip kerja arrester dan jarak maksimum arrester dengan peralatan pada jaringan 20 kV ULP JENEPONTO.

1.5 Manfaat

Kemudahan penelitian ini adalah

1. Kegunaan teoritis, semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat memberikan referensi yang berguna untuk mengembangkan dibidang elektronika
2. Kegunaan praktis, diharapkan penelitian ini bisa menjadi referensi pada Kabupaten Jeneponto guna meningkatkan teknik yang berkualitas dan membantu pemoguan-komunikasi pada saat penelitian untuk teknik sehingga dapat meningkatkan kualitas pada elektronika di Kabupaten Jeneponto
3. Menjadi acuan penduan penelitian dan bahan perbandingan penelitian penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan gambaran umum dan seluruh penelitian ini berdasarkan sistematika penulisan yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berupa pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, pernyataan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berupa teori yang berisi tentang level dasar pentanahan arrester terhadap penentuan tegangan pada gardu distribusi.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang waktu dan tempat penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

Kons Arrester terhadap Bebanan Tegangan Pada Gardu Distribusi dan faktor pendukung dan peng-hambat dalam penentuan arrester terhadap penentuan tegangan pada gardu distribusi.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan penelitian dan saran akhir dari hasil penelitian.



ORIGINALITY REPORT

9%	9%	0%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	7%
2	kc.umn.ac.id Internet Source	2%

- Exclude quotes
- Exclude bibliography

Exclude matches



BAB II Riswanda/Awal yusuf

105821105316/105821103716

by Tahap Tutup



Submission date: 18-Aug-2023 01:36PM (UTC+0700)

Submission ID: 2147438102

File name: bab_2_proposal_1.docx (379,73K)

Word count: 4227

Character count: 26189

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tegangan Lebih Surja Petir

2.1.1 Umum

Isotrik ialah salah satu bentuk energi. Banyak peristiwa keelektrikan yang terjadi di sekitar alam ini, salah satunya ialah petir. Petir ialah gas kawat listrik berenergi tinggi yang terjadi di atmosfer bumi yang sebenarnya merupakan pembebasan energi. Salah satu sifat medan listrik adalah saling tarik menarik antara muatan positif dan muatan negatif. Sifat ini digunakan untuk memahami proses terjadinya petir dan upaya meminimasi bahaya sambaran petir dengan memanfaatkan petir sebagai petir yang lebih.

Petir merupakan fenomena alam yang sudah dikenal oleh manusia secara ribuan tahun. Petir atau kilat adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan dimana dilangi muncul kilatan cahaya besar yang berenergi dan biasanya disebut kilat yang beberapa saat kemudian disertai dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Peristiwa munculnya kilatan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya. Penelitian mengenai petir telah lama dilakukan,

tetapi masih ada beberapa bagian yang belum dapat dijelaskan secara ilmiah yang dianggap sebagai misteri alam. Fenomena petir sudah ada sejak zaman dulu. Pada zaman dahulu ada yang menganggap petir sebagai perwujudan kekuatan dewa-dewi, ada pula yang menganggap petir sebagai hawa roh jahat, dan lain sebagainya. Dari waktu ke waktu terbentuklah persepsi hawa roh jahat, dan lain sebagainya. Dan waktu ke waktu berkembang persepsi yang berbeda tentang petir dan bentuk petir yang akan dibahas dalam tugas. Selain itu adalah petir yang diprediksikan secara ilmiah yang lahir dari ilmu pengetahuan teknologi.

Persepsi yang berbeda tentang petir dan bentuk petir yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah petir yang diprediksikan secara ilmiah yang lahir dari ilmu pengetahuan teknologi.

2.1.2. Proses Terjadinya Petir

Petir merupakan fenomena alam yang bisa kita analogikan dengan Kapasitor raksasa dimana; pelat pertama adalah awan (pisa pelat negatif, dan pelat positif) dan pelat kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti diketahui, Kapasitor merupakan komponen pasif dalam rangkaian listrik yang dapat menyimpan energi listrik (energy storage). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intercloud*), dimana satu awan bermuatan positif dan awan lainnya bermuatan negatif.

Awan terdiri dari daerah bermuatan positif dan negatif. Pusat-pusat muatan ini menginduksikan muatan berlawanan bertawaran keawan terdekat atau ke bumi. Gradien potensial di udara antara pusat-pusat muatan di awan atau antara awan dan bumi tidak seragam tapi gradien terbesar timbul pada bagian konsentrasi muatan tinggi. Ketika gradien tegangan tinggi pada titik konsentrasi muatan dari awan melebihi harga tumbus udara yang terionisasi, maka udara di daerah konsentrasi terapan tinggi mengionisasi atau tumbus berawadani.

Muatan dari pusat muatan menggerakkan udara ke arah terionisasi, mengintensifkan gradien tegangan yang pada ujung lokal dan menimbulkan proses tumbus lokal. Sementara petir ke bumi mulai ketika suatu muatan sepanjang pinggir awan melaksanakan suatu muatan (awan ke bumi) (diperlihatkan pada Gambar 2.1).

Sementara itu, tumbus lokal pada arah bawah menyebarkan dari awan ke bumi (seperti terlihat pada Gambar 2.2).

**Gambar 2.1 Muatan sepanjang pinggir awan menginduksikan muatan
lawan pada bumi**



Gambar 2.2 Lidah petir menalar ke arah bumi

Begitu udara petir mendekati bumi, sambaran ke arah atas kelihatan. Biasanya dari titik tertinggi awan turun lidah petir ke arah atas dan ke arah bawah bertamu (seperti terlihat pada Gambar 2.2), suatu gelombang awan ke-bumi terbentuk dari energi muatan awan dilepaskan ke dalam tanah.



Gambar 2.3 Kilat sambaran balik dari bumi ke awan

Muatan-muatan dapat terinduksi ke awan lain yang ada di sekitar sambaran petir ketanah. Walaupun muatan awan dan bumi dinetralkan (seperti terlihat pada Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Kumpulan muatan pada saluran, dinetralkan

2.1.3. Tahapan Sambaran Petir

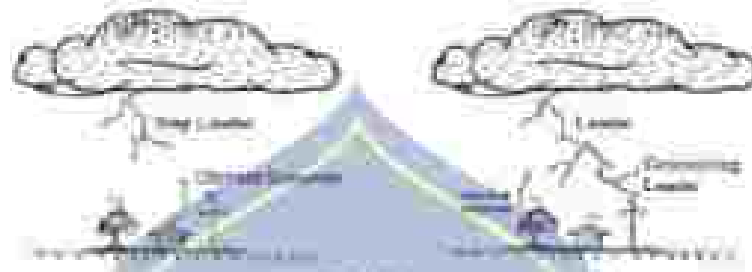
Pada saat graden tegangan di tanah melebihi harga tertentu udara yang terionisasi terjunlah pilet streamer yang menunjukkan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya sudah hal ini diikuti oleh adanya cahaya. Kemudian gerbukan pilet streamer yang diikuti dengan lonjakan-lonjakan titik-titik cahaya yang dinamakan stepped leader (ditunjukkan pada gambar 2.5a) arah setiap stepped leader berisikan ion dimana ia menuju udara yang mempunyai kekuatan dielektra yang paling rendah untuk dilalui sehingga secara keseluruhan jalannya tidak lurus dan patok-patok. Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (stepped leader) yang bergerak turun (down leader) dari awan bermuatan. Panjang stepped leader kurang

lebih 50 μ s (30-125 μ s), dan waktu ke waktu, dalam perambatannya ini stepped leader mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.

Ketika leader bergerak mendekati bumi, akan terdapat beda potensial yang makin tinggi antara ujung stepped leader dengan bumi sehingga terbentuklah molekul muatan muda yang berasal dari bumi atau obyek pada bumi yang bergerak ke atas menuju ujung stepped leader. Pergerakan muatan muda ini disebut *current surges*. Apabila umpan arus ini telah masuk daerah zona jarak sambatan (*striking distance*), terbentuklah jalur penghubung (*connecting leader*) yang mengaitkan ujung stepped leader dengan obyek yang disambat (hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.5.b). Setelah itu timbulah sambaran balik (*return stroke*) yang bercahaya sangat terang bergerak dari obyek yang disambat awan dan kemudian melepaskan muatan di awan (hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.5.c).

Jalur yang ditampak oleh return stroke sama dengan jalur turunnya stepped leader, hanya arahnya yang berbeda. Setelah itu terjadi juga sambaran susulan (*subsequent strokes*) dari awan menuju bumi akibat belum pulihnya udara yang menjadi tempat jalannya sambaran yang pertama. Sambaran susulan tidak memiliki percepatan dan bisa disebut lidah panah (*dart leader*) sebagaimana

diperlihatkan pada (Gambar 2.5 d), pergerakan dari leader ini sekitar 10 kali lebih cepat dari leader yang pertama (*first strike*).



Gambar 2.5 Tahapan proses sambaran petir

2.1.4. Gelombang Berjalan

Pada Sistem Tenaga Bersifat statik ini gelombang dari gelombang berjalan yang diizinkan adalah:

- a. Sambaran flash udara langsung pada kawat.
- b. Sambaran kilat tidak langsung pada isolasi pemutus
- c. Operasi pemutusan (*switching operation*)
- d. Buai tanah (*arching ground*)
- e. Gangguan-gangguan pada sistem oleh berbagai kesalahan.



f. Tegangan manfa sistem.

Dari sudut energi, dapat dikatakan bahwa surja pada kawat disebabkan oleh penyuntikan energi secara tiba-tiba pada kawat. Energi ini merambat pada kawat, yang terdiri dari arus dan tegangan.

Kecepatan merambat gelombang berjalan tergantung dari konstanta-konstanta kawat. Pada kawat di udara, kecepatan merambat ini kira-kira 300 mps jadi sama dengan kecepatan cahaya. Pada kabel tanah kira-kira 100 mps.

Bila gelombang merambat tiba-tiba dihentikan akan terjadi perubahan-perubahan pada gelombang tersebut sehingga terjadi refleksi perantara dengan gelombang asal.

1. Kecepatan merambat Kecepatan rambat gelombang berjalan pada kawat udara sama dengan kecepatan cahaya di dalam hampa udara, yaitu sebesar 300 cm/s. Sedangkan untuk kabel konduktor padat dengan $\mu = \mu_0$ dan isolasi sempurna $\epsilon = \epsilon_0$ beraturan R serta permeabilitas E maka dapat

$$\frac{3 \times 10^{10}}{\sqrt{\epsilon}} \text{ (cm/s)} \quad (2.1)$$

Untuk kabel-kabel yang bermedia umumnya (arga E=2,5-4) jadi kecepatan merambat dalam kabel kira-kira 1/3 sampai 2/3 dari kecepatan cahaya.

2. Impedansi surja

(Untuk hantaran udara:

$$z = 60 \ln \frac{2h}{r} \text{ ohm} \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk kabel,

$$z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{2h}{r} \text{ ohm} \quad (2.3)$$

Besar impedansi surge untuk kawat udara = 400-600 ohm, dan untuk kabel = 5-60 ohm.

2.1.5. Gangguan Sambaran Petir Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Bisa petir mengenai langsung ke penghantar SUTM kemungkinan besar disebabkan tersebut akan pulsa karena gelombang petir yang menimbulkan tegangan induksi melalui EIL (Rising Time dan Level dan pengaliran. Kalau petir yang mengenai SUTM sambaran langsung terjadi induksi dari petir, gempa dan gelombang petir itu menjalar ke segala arah dengan perantara lain tidak terombang-ambing seperti dengan yang menjadi suatu titik lain yang dapat menyalurkan arus petir tersebut yaitu menuju ke titik pemantahan).

Kontaminasi tegangan yang menabakan petir disebabkan oleh sambaran langsung atau sambaran tidak langsung (induksi) dapat di jelaskan sebagai berikut:

a. Sambaran langsung

Yang di maksud sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran kawat tanah). Pada waktu kilat menyambar langsung kawat fasa akan timbul arus besar dan sepanjng gelombang berjalan yang merambat pada kawat. Arus yang besar ini membahayakan peralatan-peralatan yang ada pada saluran.

Pesannya akan lebih besar untuk saluran transmisi di lompatung pada dasar arus kuat, waktu muka dan jenis lang saluran. Oleh karena saluran tegangan menengah tidak begitu tinggi di atas tanah, maka jumlah sambaran langsung pun rendah, maka tinggi tegangan akan makin tinggi lingkungannya, dan makin besar jumlah sambaran ke saluran itu.

b. Sambaran Tidak Langsung Atau Sambaran Induksi

Jika terjadi sambaran petir di tanah di dekat saluran uripun, akan terjadi fenomena transien yang disebabkan oleh medan elektromagnetik dari saluran petir. Fenomena petir ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat kejadian ini terjadi tegangan lebih dan gelombang berjalan yang merambat di kedua sisi kawat di tempat sambaran langsung. Fenomena transien dalam kawat terjadi hanya di bawah pengaruh gaya yang memaksa muatan untuk bergerak di sepanjang konduktor. Atau dengan

kata lain, transien dapat terjadi di bawah pengaruh komponen vertikal dan vektor kuat medan, tidak akan mempengaruhi atau menyebabkan fenomena transien pada konduktor.

2.2. Protokol Jampan

Tujuan dari suatu sistem proteksi pada saluran tenaga tegangan menengah (SUTM) adalah mengurangi kejadian mungkin gangguan gangguan pada penyakut tenaga listrik serta memperbesar perlindungan yang maksimal bagi saluran. Ungkungan dari peristiwa dapat hal terjadinya gangguan yang merambat (permanen). Sistem proteksi pada SUTM permak:

- a. Fasil rotang tanah dan rekasi fusing antara fase-fasa kerangka: gangguan pemantulan dengan bumi dan antar penghantar
- b. Pemutus Bata Otomatis PBO (Automatic Recloser), Saklar Sekai Otomatis SSC (Automatic Sectionalizer) PBO dipasang pada saluran utama; sementara SSC di pasang pada saluran percabangan, sedangkan di Gardu Induk di mgkapi dengan *auto reclosing relay*.

- c. Lightning Arrester (LA) sebagai pelindung kenaikan tegangan peralatan akibat surja petir. Lightning Arrester di pasang pada tiang awal/tiang akhir, kabel TeeOff (TO) pada jaringan dan gardu transformator serta pada isolator tumbu.
- d. Pembumahan bagian kerdil terbuka dan bagian konduktif extra pada tiap-tiap 4 tiang atau pertambahan lain dengan nilai perantaraan tidak melebihi 10 Ohm.
- e. Kawat tanah (sheet steel) untuk melindungi gangguan akibat sambaran petir langsung. Ibatan kabel tanah padat di pasang pada SUTM di daerah pedatar petir yang terbuka.
- f. Penggunaan Fused Cut-Out (FCO) pada jaringan pemukiman.
- g. Penggunaan Sila tanah (Acing Henti)

2.3. Lightning Arrester Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Pusat-pusat pembangkit listrik umumnya terhubung dengan saluran transmisi daya yang menyalurkan listrik ke pusat-pusat konsumsi listrik yaitu Gardu Induk (GI). Sedangkan saluran transmisi daya ini rawan sambaran petir yang menghasilkan gelombang berjalan (lonjakan/voltase) yang dapat masuk ke pusat pemukiman. Oleh karena itu, pada pusat tenaga listrik harus terdapat perangkap petir *Lightning arrester* yang berfungsi untuk mencegah gelombang penjalaran petir yang akan masuk ke instalasi pusat pembangkit listrik.

Seluruh udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus di beri lightning arrester. Selain itu, lightning arrester harus berada 15 di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator.

Hal ini perlu karena petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat transformator sebagai suatu ujung terbuka (karena transformasi mempunyai suatu rasio transformasi) sehingga gelombang petir akan tidak terrefleksi dengan gelombang yang datang. Berarti transformator dapat mengalami tegangan dua kali besarnya tegangan gelombang arus yang datang.

2.3.1. Prinsip Kerja Arrester

Lightning arrester bekerja pada tegangan normal di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surge petir dan beresolusi beroperasi pada tegangan normal di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi.

Pada prinsipnya arrester memisalkan jaman yang mudah ditaklukkan oleh petir. Sehingga tidak timbul tegangan lebih yang dapat menyebabkan. Pada kondisi normal arrester bekerja sebagai isolasi tetapi bila timbul surge, arrester berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi katakanlah. Setelah surge menghimpang arrester harus membuka dengan cepat kembali, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka.

Pada dasarnya arrester terdiri dari dua bagian yaitu : selubung (over gap) dan tahanan kran (valve resistor). Keduanya di hubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan perolehan di tentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang di lindungi. Untuk penggunaan yang lebih khusus arrester mempunyai satu bagian lagi yang di sebut dengan tahanan kitap dan sistem pengaturan atau pembagian tegangan (grading sistem). Jika hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak mempedulikan akibatnya terhadap pelayan, maka risiko dibekali satu busbar yang memungkinkan terjadinya perokan pada waktu tegangan mencapai keadaan bahaya.

Dalam hal ini, tegangan sistem busbar-drift akan tetap memertahankan busbar api sampai pemutus busbarnya dibuka. Dengan menyambungkan selubung ini dengan sebuah tahanan maka kemungkinan api dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanananya mempunyai harga tetap, maka jatuh tegangannya rupa jadi besar sekali sehingga mungkin untai melampaui tegangan lebih tidak terlaksana, dengan akibat busbar melubangi isolasi busbar. Oleh sebab itu di sarankan memakai tahanan kran (valve resistor), yang mempunyai sifat khusus, yaitu tahanananya kecil secara normal, tegangannya dan arusnya besar. Proses pengaliran tahanan berarahnya cepat yaitu selama tegangan lebih mencapai harga puncak.

Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan drastis pada tahanan sehingga jatuh tegangannya di busbar meskipun arusnya besar. Bila

tegangan lebih tinggi dari tingkat tegangan normal, tahananannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi kira-kira 50 ampere.

Arus susulan ini akhirnya di matikan oleh seilah api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang memutuskan arus. dari sini di dapatkan nama tahanan kran.

2.3.2. Karakteristik Arrestor

Oleh karena itu arrestor digunakan sebagai perlindungan terhadap surge pada suatu saluran tenaga listrik di letakkan sebagai berikut.

- a. Mempunyai tegangan dasar (rating) 50 kV yang tidak boleh di kurangi.
- b. Mempunyai karakteristik yang di batasi oleh tegangan (voltage limiting) bila di letak oleh berbagai macam arus petir.
- c. Mempunyai belah kendia.

Bermungkinan dengan hal yang diatas, maka agar interferensi pada isolasi dapat di buat semakin mungkin suatu sistem tenaga listrik dengan mendidik lebih perlu maintenance perawatannya sebagai berikut.

- a. Dapat melepas tegangan lebih ketanah tanpa memutuskan hubung singkat ketanah (grounding current flow).
- b. Dapat memutuskan arus susulan.
- c. Mempunyai tingkat perlindungan (*protection level*) yang rendah, artinya tegangan percikan sela dan tegangan pelepasannya rendah.

2.3.3. Jenis-jenis Arrestor

a. Lightning Arrestor Jenis Katup (Valve)

Alat pengaman arrestor jenis katup (valve) ini terdiri dari sebuah celah api (spark gap) yang dihubungkan secara seri dengan tahanan non linear atau tahanan katup (valve resistor). Dimana ujung dari celah api dihubungkan dengan kawat tesa, sedangkan ujung dari tahanan katup dihubungkan ke ground (tanah). Saat terjadi tegangan lebih maka pada celah api akan terjadi percikan yang akan menyebabkan timbulnya bunga api (arcing).

Apa percikan ini timbul karena tahanan katup mempunyai tegangan lebihnya sudah tidak bisa. Untuk menghentikan percikan bunga api pada celah api tersebut, maka resistor non linear akan memadamkan percikan bunga api tersebut. Nilai tahanan non linear ini akan turun saat tegangan lebih besar. Tegangan lebih akan mengakibatkan penurunan secara drastis nilai tahanan katup, sehingga tegangan lebihnya dibatasi walaupun arusnya besar.



Gambar. 2.6 Arrestor Katup

Arrester katup ini dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. Arrester katup jenis gardu Arrester katup jenis gardu ini adalah yang paling efisien dan juga paling mahal. Umumnya dipakai untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian-rangkaian mulai dari 2400 volt sampai 287 kV dan linca.
2. Arrester katup jenis saluran Arrester katup jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu. Arrester jenis saluran ini dipakai untuk melindungi transformator dan pemutus daya yang terdapat pada sistem tenaga 15 kV sampai 69 kV.
3. Arrester katup jenis gardu untuk mesin mesin Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Fungsinya untuk tegangan 24 kV sampai 15 kV.
4. Arrester katup jenis distribusi untuk mesin mesin Arrester jenis distribusi ini khusus melindungi mesin-mesin berputar seperti pompa dan juga melindungi instalasi instalasi dengan pendingin udara tanpa minyak. Arrester jenis ini dipakai pada pemukiman dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.

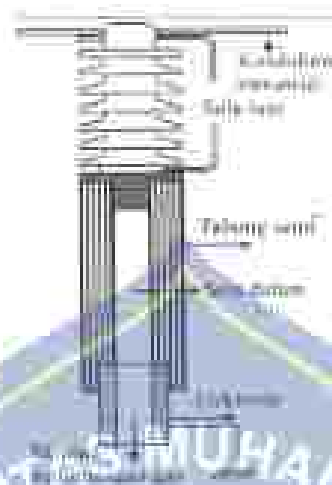
b. Lightning Arrester jenis spark gap

Lightning arrester jenis spark gap mempunyai dua celah api yang satu berada diluar dan satu lagi berada didalam. Ketika terjadi tegangan lebih pada jaringan maka pada elektroda batang sebagai celah api 1 akan terjadi loncatan busur api (kover).

Loncatan busur api ini akan turun ke dalam tabung fiber (*fiber tube*) di antara elektroda atas dan bawah yang merupakan selah api 2. Temperatur pelepasan dari busur api akan menimbulkan tekanan dalam tabung fiber, sehingga tabung fiber akan menghasilkan uap gas. Makin tinggi temperatur busur api makin banyak uap gas yang dihasilkan. Uap gas yang dihasilkan oleh tabung fiber akan berinteraksi dengan busur api, sehingga akan membinasakan busur api dan menguar uap gas yang tak berpindah ke luar tabung gas. Jika dengan pemakan daya busur api akan cenderung mengikuti pelepasan pemukiman (*to be an discharge*) ke ground tanpa ada kebuntuan selama jalannya tegangan lebih rendah.

Arrester jenis ini mempunyai karakteristik sebagai yang lebih baik dari satu batang dan dapat memutuskan arus susulan tetapi tegangan perlekmpokannya lebih tinggi dari arrester jenis lain. Tambahkan lagi kemampuan untuk memutuskan arus susulan terganggu dan tingkat arus hubung singkat dan sistem pada itu dimana arrester ini dipasang.

Dengan demikian perlindungan dengan arrester jenis ini dipandang tidak memadai untuk perlindungan transformator daya, kecuali untuk sistem distribusi. Arrester jenis ini hanya saja digunakan pada saluran transmisi untuk melindungi busbar busbar yang memasuki gardu induk. Dalam penggunaan yang terakhir arrester ini disebut sebagai tabung pelindung.



Gambar 2.7 Arrester elispulsi

2.3.4 Pemilihan Arrester:

Dalam memilih arrester yang sesuai untuk keperluan tertentu, beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

- Kebijakan perlindungan, hal ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dan alat yang harus dilindungi dan karakteristik implus dari arrester.
- Tegangan sistem bus tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jejalin arrester.
- Arus hubung singkat sistem, hal ini hanya diperlukan untuk arrester jenis aksipulsi.
- Faktor kondisi lingkungan apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih di atas permukaan laut), temperature dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran.
- Faktor ekonomi.

2.3.5. Data Pengenal Arrestor

a. Tegangan Pengenal

(*Nominal voltage Arrestor*) adalah tegangan dimana arrestor masih dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya. Arrestor tidak dapat bekerja pada tegangan maksimum sistem yang direncanakan, tetapi mampu membatalkan arus listrik dari sistem secara efektif. Tegangan pengenal dan arrestor harus lebih tinggi dari tegangan fase sehat ke tanah, jika tidak demikian maka arrestor akan memindahkan arus listrik sistem ke bus bar yang menyebabkan arrestor rusak akibat beban tidak normal (*Normal overvoltage*). Tegangan tertinggi sebagai berikut:

- 1) Tegangan sistem tertinggi (sistem highest voltage) umumnya diambil harga 110% dari harga tegangan nominal sistem.
- 2) Koefisien pemertaaan disediakan pembuat peralatan antara tegangan rms fase sehat ke tanah dan beban pemertaaan pada tempat dimana arrestor dipasang, dengan tegangan rms fase ke fase tertinggi dari sistem data. Koefisien tidak ada pengaruh dari tegangan pemertaaan dari arrestor (*arrestor rating*) adalah tegangan rms fase ke fase $\times 1,10 +$ koefisien pemertaaan.

3) Sistem yang ditanahkan langsung koefisien pentanahannya 0,8. Arrester ini disebut arrester 80%. Sistem yang tidak ditanahkan langsung koefisien pentanahannya 1,0. Arrester ini disebut arrester 100%.

b. Arus Pelepuhan Nominal Adalah arus pelepasan dengan harga puncak dan bentuk gelombang tertentu yang digunakan untuk menentukan kelas dari arrester sesuai dengan kemampuannya untuk melewatkan arus dan karakteristik perinduksinya. Bentuk gelombang arus pelepasan tersebut adalah:

- 1) Mematu standar Inggris/Eropa (IEC) 8 μ s/ 20 μ s
- 2) Mematu standar Amerika 10 μ s/ 20 μ s dengan kelainan:
 - 1) 10 kA, 10/20 μ s digunakan pada busbar induk busbar yang berada dikawataman yang sering terjadi pelepasan dengan perbandingan 58 kV
 - 2) 5 kA, 10/20 μ s digunakan pada busbar bertegangan 58 kV
 - 3) 7,5 kA, 10/20 μ s digunakan pada sistem bertegangan 522 kV
 - 4) 1,5 kA, 10/20 μ s digunakan pada sistem distribusi bertegangan 522 kV

c. Frekuensi pengenal Sama dengan frekuensi sistem dimana arrester terpasang.

d. Tegangan Percik Frekuensi Daya Adalah besar tegangan efektif frekuensi daya yang membuat terjadinya di sela pemutus tidak terpercik jika terjadi hubung-singkat atau fasa ke tanah maupun pada saat terjadi operasi hubung-buka (*switching operation*). Untuk alasan ini maka ditentukan tegangan percikan frekuensi jala-jala minimum.

1) Menurut standar IEC tegangan percikan jala-jala minimum adalah 1,5x tegangan penggerak pemutus.

2) Menurut standar IEC tegangan percikan jala-jala minimum adalah 1,5x tegangan penggerak pemutus.

e. Tegangan Percik Impuls Maksimal Adalah puncak tegangan selai $1,250 \mu s$ yang membuat sela pemutus pada pemutus atau yang membuat pemutus pada busbar. Misalnya ada suatu pemutus mempunyai tegangan percik impuls maksimal 65 kV. Jika pemutus ini diberi tegangan 65 kV $1,250 \mu s$ sebanyak 5 kali maka pemutus akan terpercik 5 kali.

f. Tegangan Pelepasan atau Tegangan Sisa Adalah tegangan di terminal pemutus saat mengalirkan arus yang besarnya sama dengan arus pelepasan nominal. Tegangan sisa dan luangan nominal dari suatu pemutus tergantung kepada kecutaman gelombang arus yang datang (di/dt dalam A/ μs) dan amplitudo dari arus pelepasan. Untuk menentukan tegangan sisa ini digunakan impuls arus sebesar 8 $\mu s/20 \mu s$ (standar IEC) dengan harga puncak arus pelepasan 5 kA dan 10 kA.

Untuk harga arus petrusasan yang lebih tinggi maka tegangan sesa tidak akan naik lebih tinggi lagi. Hal ini disebabkan karena karakteristik tahanan yang tidak linear dari arrester. Umumnya tegangan sesa tidak akan melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) dan peralatan yang dilindungi walaupun arus petrusasan maksimum mencapai 65 kA hingga 100 kA.

- g. Tegangan dasar (*Cut-off Voltage*) Adalah tegangan AC maksimal yang dipertahankan terjadi di terminal arrester dimana arus sesulan yang diakibatkan tegangan tersebut harus dapat dipadamkan.
- h. Tegangan Gagal Sesa: Adalah besar tegangan yang membuat sesa arrester terputus saat dimana tegangan sesa yang sekurannya mulai gagal besarnya 100 kV dan 12 kV tegangan percobaan arrester.
- i. Karakteristik Volt Waktu (*V-t*): Adalah karakteristik yang menyatakan hubungan tegangan percobaan sesa arrester dan waktu percobaan.
- j. Margin: Pada bahan suatu peralatan memiliki tegangan sesa kecil. Jika dipasang pada suatu sistem bertegangan tertentu disebut (*Basic Insulation Level*). Untuk tegangan sistem tertentu, maka dipasang pada sistem tersebut. Selain BIL, perlatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya disebut margin. Margin biasanya ditetapkan (20-30)% dari BIL peralatan yang dilindungi.

- k. Arus Peluahan Maksimal Adalah nilai puncak tertinggi dari arus turga $5/10 \mu s$ yang dapat dialirkan arrester tanpa merusak arrester. Dewasa ini arus peluahan maksimal arrester dirancang 100 kA untuk jenis gardu 65 kA untuk arrester jenis saluran.

2.4. Isolasi Peralatan Listrik

2.4.1 Bahan Dan Jenis Isolasi

Dalam sistem tenaga listrik, perlengkapan dielektrik digunakan sebagai memisahkan dan melindungi alat-alat yang bermuatan listrik untuk mencegah kebocoran arus arus ke sekitarnya. Dari segi penguatannya, bahan nonkonduktif haruslah memenuhi persyaratan dasar isolasi, sehingga fungsi memisahkan dan melindungi alat-alat yang bermuatan listrik dari tabrakan arus dapat dipertahankan dengan tidak menimbulkan isolasi yang terganggu dalam penerapannya.

- a. Bahan harus mempunyai kekuatan dielektrik (dielektrik strength) dan ketahanan panas yang tinggi.
- b. Bahan isolasi tidak mudah beraksi dengan bahan dielektrik, sifat isolasinya tetap dapat dipertahankan.
- c. Larutan paman gas haruslah mempunyai temperatur penguapan yang rendah sehingga pada tekanan yang besar tidak mudah menguap.
- d. Selama masa isolasi sifat konduktivitas bahan tidak boleh berubah.

e. Harga bahan isolasi haruslah murah diinjau dari bahan pembuatnya.

Isolasi digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

- 1) Isolasi bahan gas : seperti N_2 , SF_6 ;
- 2) Isolasi bahan cair : seperti minyak CB, distilat B
- 3) Isolasi bahan padat : seperti porselin, keramik.

2.4.2. Peristiwa Tembus

Pada Bahan Isolasi Peristiwa tembus dapat diartikan pada peristiwa berubahnya susunan partikel suatu bahan isolasi sedemikian rupa sehingga bahan nonkonduktor berubah jadi menjadi konduktor. Jadi dalam keadaan tembus, isolasi sudah tidak berfungsi lagi untuk mengisolasi. Akibat pemutusan aliran terdapat kecacatan arus ke sekitarnya.

Tembus pada isolasi di sebabkan tingginya tegangan yang diberikan pada isolasi. Dimana tegangan ini lebih besar dari kekuatan tegangan tembus isolasi bahan digunakan.

Pada (ujung busbar) pada tembus dapat terjadi tegang pada tengah isolator yang sebab ut tembus langgung (break down) melalui permukaan yang disebut flashover, dan melalui bagian samping isolator yang disebut tembus samping. Ada tiga gejala tembus pada sistem tenaga pada, yaitu:

1. Insulasi Breakdown Terjadi jika kuat medan E sedemikian tinggi sehingga insulasi menyebabkan pelepasan muatan.

2. Thermal breakdown: Kenaikan temperatur menyebabkan terjadinya pemanasan berlebihan pada bahan isolasi sehingga tahanan isolasi bahan menurun.
3. Tembus erosi: Penggunaan isolasi yang teralu lama mengakibatkan terjadinya perubahan kimiawi pada isolasi daya tahan bahan menurun yang mana akan mempengaruhi terjadi tembus pada tegangan yang lebih rendah.

2.4.3. Karakteristik Isolasi Peralihan listrik

Karakteristik isolasi suatu peralatan listrik adalah bahan isolasinya dan jumlah padai yang digunakan. Karakteristik isolasi padai di tentukan oleh tegangan breakdown dan tegangan flashover. Dalam perbuatannya isolasi padai di kelompokkan sedemikian sehingga tegangan breakdownnya lebih besar satu tingkat dari tegangan flashover. Penentuan kuat elektrik dan Escar tegangan yang masih dapat di tahan oleh isolasi sehingga akan terjadi breakdown atau flashover di gambarkan oleh tiga karakteristik umum:

1. Tegangan flashover kering pada frekuensi daya. Yaitu tegangan pada frekuensi jala-jala yang dapat menimbulkan kegagalan pada isolasi.
2. Tegangan flashover basah pada frekuensi daya. Tegangan frekuensi jala-jala yang dapat menimbulkan kegagalan pada isolasi jika isolasi tersebut di semprot oleh suatu sumber air dengan persyaratan tertentu.

antara lain di beri tegangan persyaratannya tertentu, antara lain di beri tegangan 20 kV selama 1 menit.

3. Karakteristik tegangan waktu pada gelombang impuls standar.

2.4.4. Tingkat Isolasi Dasar (TID)

Tingkat isolasi dasar (TID) dikenal juga sebagai basic impulse insulation level (BIL) dari suatu peralatan. Untuk mencapai standar sistem yang tinggi ada beberapa metode untuk mengoptimalkan isolasi peralatan jaringan dengan alat alat profesional. Salah satu metode yang baik adalah menentukan level tertinggi isolasi level tertinggi pada bus bus yang lebih tinggi dari level isolasi di tentukan dengan pertimbangan biaya sebagai berikut:

1. Mengetahui level isolasi yang optimal
2. Jaminan Estima breakdown dan kelengkapan insulasi seluruh isolasi peralatan lebih besar atau sama dengan level yang di pilih.
3. Penggunaan alat profesional yang cukup baik dan ekonomis. Penentuan level isolasi di sistem jika bisa menggunakan di lapangan dan laboratorium yang di kombinasikan dengan karakteristik tegangan impuls, testasi peralatan yang di gunakan tidak boleh mempunyai level isolasi yang lebih rendah dari TID pada sistem 2 tabel 2.1. Harga yang dapat di ambil sebagai acuan dalam pemilihan standar BIL permukaan yang akan digunakan tanpa melihat apakah sistem tersebut di tanahkan atau tidak.

Tabel 2.1 TID (BIL peralatan sistem yang di tanahkan)

Kelas Refronsi (kV)	BIL (kV)	80%BIL (kV)
2.1	30	24
3.7	75	60
12	90	72
21	120	96
34.5	200	160
46	250	200
72	325	260
92	450	360
115	550	440
138	640	512
150	750	600
161	875	700
170	1050	840
240	1275	1020
275	1350	1080
345	1500	1200

Misalnya untuk kelas refrensi 23 kV, maka sistem yang di tanahkan di ambil BIL 120 kV, sedangkan untuk sistem yang tidak di tanahkan di ambil BIL 150 kV.

ORIGINALITY REPORT

23%	19%	0%	14%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journals.itb.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to itera Student Paper	2%
3	eprints.undip.ac.id Internet Source	2%
4	eprints.unpal.ac.id Internet Source	2%
5	nari-elektro.blogspot.com Internet Source	2%
6	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	2%
7	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	2%
8	feriansaddhusilzaputra.blogspot.com Internet Source	2%
9	jurnal.untan.ac.id Internet Source	2%

10

eltek.polinema.ac.id

Internet Source

2%

11

ejournal.undip.ac.id

Internet Source

2%

12

dte.usu.ac.id

Internet Source

2%

Exclude quotes



Exclude bibliography



BAB III Riswanda/Awal yusuf 105821105316/105821103716

by Tahap Tutup

Submission date: 18-Aug-2023 01:36PM (UTC+0700)

Submission ID: 2147438332

File name: BAB_3_proposal_3.docx (33.9K)

Word count: 854

Character count: 6215

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian "Analisis pemanfaatan arrester terhadap pemertuan gardu distribusi 20 KV UEP Jeneponto" penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dan pengukurannya disajikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengujian kuantitatif.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



3.3 Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya dan jurnal-jurnal dan internet yang berhubungan atau yang dapat mendukung teori penyelesaian penelitian 'Analisis pemanfaatan arrester terhadap penentuan gardu distribusi 20 kV ULP Jemberonto'.

3.4 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengambilan data di ULP Jemberonto, pengambilan data dilakukan dengan cara meminta data yang sudah ada pada ULP Jemberonto dan diperoleh dengan mengikuti prosedur yang ada pada instansi tersebut yaitu dengan cara mengirimkan surat permohonan data dari pihak Universitas. Seluruhnya monitoring dilakukan dan hasil PLN setelah surat sudah diperoleh baru dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian.

3.5 Analisis Data

Metode yang digunakan dalam analisis data pada penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana dari data-data yang diperoleh kemudian dihitung TLO transformator, tegangan penutupan arrester, serta jarak penempatan arrester terhadap transformator.

3.5.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar

Pencapaian sistem perlindungan transformator distribusi dalam menentukan posisi peralatan pelindung dari kemungkinan bahaya surja petir, yang paling awal dilakukan adalah menentukan tingkat kekuatan isolasi impuls dasar. Transformator yang akan dilindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) dengan data-data yang bervariasi antara lain:

- Kapasitas transmisi: 250 KVA
- Tegangan primer: 10 Kv
- Tegangan sekunder: 220 / 380 V

3.5.2 Menentukan Perkiraan Besar Tegangan Pengenal Arrester

Menentukan perkiraan besarnya tegangan pengenal arrester, maka harus diketahui terlebih dahulu tegangan tinggi dan tahanan dan koefisien pembalikan. Dengan disetujuinya semua data tersebut, maka perkiraan besarnya tegangan pengenal arrester dapat dihitung secara kasar. Tegangan pengenal tidak boleh lebih rendah dari perkiraan kedua harga diatas. Dalam perhitungan tegangan secara tinggi ditambah 10% kemudian untuk pentaahan tidak lektir dan pentaahan terionisasi dalam praktek biasanya diambil koefisien 100%.

3.5.3 Menentukan Arus Pelepasan Impuls dari Arrestor

Dalam menentukan arus pelepasan impuls dari arrestor sewaktu melepas arus surja petir dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$I_a = \frac{200 \cdot U_d}{Z_s} \quad (3.1)$$

Dimana:

I_a = arus pelepasan arrestor

U_d = tegangan gelombang datang

Z_s = impedansi surge sistem datang

U_a = tegangan kerja/tegangan sisa

Besar tegangan gelombang datang diperoleh dari FGV

(Waveform W Wave) dengan mengikuti rancangan sabuk saluran

3.5.4 Menentukan Tegangan Pelepasan Arrestor

Tegangan pemisahan (tegangan kerja) bernilai lebih pada arus pelepasan arrestor dan keamanan arus (TID) yang masuk ke peralatan. Tegangan pemisahan ini adalah karakteristik yang paling penting dari arrestor untuk perlindungan peralatan. Selain itu, tegangan kerja ini untuk menentukan tingkat perlindungan arrestor apabila tegangan kerja arrestor berada TID peralatan yang dilindungi dengan

faktor keamanan yang cukup perlindungan peralatan yang optimum dapat dicapai.

3.5.5 Faktor Perlindungan dari Arrestor

Faktor perlindungan terhadap arrestor adalah perbandingan antara sesak tegangan tingkat isolasi dasar peralatan (TID) yang dilindungi dengan tingkat perlindungan (TP) dan arrestor terhadap tingkat perlindungan dari arrestor. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$FP = \frac{TID - TP}{TP} \times 100\% \quad (3.10)$$

Dimana:

FP = Faktor perlindungan

TID = tingkat isolasi dasar

TP = Tingkat perlindungan

Faktor tingkat perlindungan dari arrestor adalah harga puncak tegangan yang terjadi pada terminal arrestor saat kondisi kerja, yaitu pada saat menyalurkan arus tona ke tanah. Ada dua harga yang biasa diperimbangkan sebagai harga tingkat perlindungan implus dan tegangan arrestor. Dalam menentukan tingkat perlindungan peralatan

yang akan dilindungi oleh arrester umumnya diambil harga 10% lebih tinggi dari tegangan pelepasan arrester.

Besarnya faktor perlindungan pada umumnya 20% dari T10 peralatan untuk lightning arrester yang dipasang dekat dengan peralatan yang akan dilindungi.

3.5.6 Jarak Lindung Lightning Arrester

Arrester ditempatkan sebagai "titik" dengan peralatan yang dilindungi. Tujuan utamanya memperluas kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arrester ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan yang dilindungi. Jarak arrester dengan peralatan yang dilindungi dipengaruhi terutama besarnya tegangan yang tiba pada peralatan itu atau arrester, tetapi ada juga tegangan yang tiba pada peralatan dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya.

Salah satu faktor yang menyebabkan itu adalah karena terjadinya "geser" akibat adanya muatan-muatan yang menghubungkan arrester dengan transformator dan adanya kapasitansi dan transformator itu sendiri. Di samping itu, saat arrester bekerja mengakibatkan arus surya ke bumi, maka terjadi jatuh tegangan pada tahanan penghantar penghubung arrester dengan jaringan dan penghubung arrester dengan elektroda pembumian. Jatuh tegangan ini

dipengaruhi oleh kenaikan arus surge dan akan menaikan kenaikan tegangan antara terminal arrester dengan bumi. Artinya perbedaan potensial pembumian transformator dengan potensial pembumian arrester juga menamoah tegangan transformator. Oleh karena itu lebih baik membuat penghantar yang cukup pendek mungkin dan menghubungkan elektroda pembumian arrester dengan elektroda pembumian transformator. Tanah pembumian diusahakan serendah mungkin, akan lebih baik jika dapat dibuat di bawah satu Ohm.

Jika diketahui tegangan maksimum yang dapat diikul transformator (B-L) dalam kV, maka jarak maksimum arrester dari busbar dapat ditentukan sebagai berikut:

$$L = \frac{m - U_0}{2U_1} \times V \quad (3)$$

dimana:

U₀: tegangan tinggi arrester (kV)

U₁: tegangan gelombang datang pada-jepitan transformator (kV)

U₂: kecuraman gelombang datang (kV/m)

L: jarak antara arrester dan transformator (m)

V: kecepatan merambat gelombang (m/μs)

Faktor lain yang menentukan besarnya gelombang datang pada perataan adalah banyaknya percabangan jaringan, maka gelombang surja tersebut akan terbagi ke masing-masing cabang, sehingga besar tegangan yang dapat diterima pada masing-masing adalah;

$$U_i = U_0 \left(\frac{1}{n} \right) \quad (34)$$

Dimana n adalah jumlah cabang.

Dari persamaan di atas dapat ditunjukkan bahwa semakin banyak percabangan jaringan maka tegangan gelombang datang ke perataan semakin kecil sehingga kerja anaster melalui gelombang tidak terlalu besar.



ORIGINALITY REPORT

9%	9%	0%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	paparisa.unpatti.ac.id Internet Source	7%
2	a-research.upi.edu Internet Source	2%

- Exclude quotes
- Exclude bibliography

Exclude matches



BAB IV Riswanda/Awal yusuf

105821105316/105821103716

by Tahap Tutup



Submission date: 18-Aug-2023 01:37PM (UTC+0700)

Submission ID: 2147438561

File name: BAB_IV_awal_yusuf_1.docx (34.25K)

Word count: 1027

Character count: 6211

BAB IV

Hasil Dan Pembahasan

4.1 Data Teknik Arrester Terpasang

Untuk membandingkan dan mencari analisis sistem distribusi 20 kV di PLN Sulawesi Selatan terhadap konsep koordinasi isolasi, maka perlu diketahui data peralatan sumber pada penyulang Empat Rayon Jeneponto yang ada dan terpasang saat ini. Oleh karena itu arrester dibagi 3 bagian, yaitu:

1. Kondisi Alam, meliputi

- | | |
|-------------------------|---|
| a. Pesisir geografis | daerah ekuator |
| b. Ketinggian lokasi | < 500 meter dari permukaan air laut |
| c. Kelembaban | > 20 wilayah dengan 80% |
| d. Amplitudo temperatur | maksimal 37°C minimal 20°C
maksimum 17°C |

2. Karakteristik Saluran

- Jari-jari kawat hardware udara: 6,626 mm
- Ketinggian kawat di atas permukaan tanah: 11 m
- Titik nol volt sistem tanah dengan tahanan 20 ohm

3. Karakteristik lightning arrester:

- a. Tegangan pengenal 24 kV
- b. Arus pelepasan nominal 5 kA
- c. Tegangan percobaan muka gelombang 100 kV
- d. Tegangan percobaan standar 0,7 kV
- e. Tegangan sisa maksimum pada arus nominal 0,7 kV

4.2 Analisis Lightning Arrester Terpasang pada Jaringan Distribusi 20 kV perantara Ensal Jeneponto

Lightning arrester berfungsi sebagai pembatas terhadap arus yang lebih terpasang, jika suatu sistem, maka keadaannya akan berkaitan dengan perantara. Cara karena itu harus dibatasi dengan tegangan pengenal, tegangan pelepasan sebagai dengan tingkat karakteristik rezangin impedansi dengan pemukiman yang dilindungi.

4.2.1 Penentuan Tingkat Isolasi Dasar

Pemilihan sistem pemukiman transformator listrik dalam menentukan posisi pemukiman pelindung dan kemampuan cahaya juga perlu yang paling awal dilakukan adalah menentukan tingkat kesulitan isolasi impedansi dasar.

Transformator yang akan dilindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) dengan data-data yang bervariasi antara lain:

- Kapasitas terpasang : 250 KVA
- Tegangan primer : 20 kV
- Tegangan sekunder : 220 / 380 V

Transformator jenis ini merupakan jenis gardu yang terpasang pada tiang dengan tegangan sistem primer 20 kV, jadinya diperoleh tegangan tertinggi peristeen:

$$V_{max} = V_{nominal} \times 1,1$$

$$V_{max} = 20 \times 1,1$$

$$= 22 \text{ kV}$$

4.2.2. Perhitungan Besarnya Tegangan Pengenal Lightning Arrestor

Untuk menentukan ar kV peroviding jenis Arapona manapun dengan bahan resin (ar kV) penunjukan ar kV 100% (berdasarkan data ar kV) dengan tegangan sistem tertinggi adalah 20 kV, maka tegangan pengenal ar kV menjadi:

Tegangan ar kV manapun

$$V_{okasional} = 1,05 \times \text{faktor kombinasi}$$

$$V_{okasional} = V_{okasional} \times 1,1$$

$$= 22 \times 1,1$$

$$V_{max} = 22 \text{ kV}$$

Tegangan pengenal arrestor:

$$V_0 = V_{max} \times 1,0$$

$$= 22 \times 1,0 \text{ V}_0$$

$$= 22 \text{ kV}$$

Menurut tabel 1 pada lampiran, standar tegangan personal lebih besar yang mendekati 24 kV, sehingga tegangan tertinggi yang diambil untuk sistem 20 kV adalah 24 kV.

4.2.2. Penilaian Arus Pelapasan Impuls Dari Lightning Arrestor

Sistem 20 kV perantara Small Jerspondi memiliki jumlah pemutus tenaga tertinggi sebesar 1 busbar. Dari busbar 3 pada kumpulan pemutus tenaga dengan gelombang kemalar sebesar 20 kV, dengan kabel transmisi ke busbar 20 kV, serta tanggapan fawat dan alat tanah sebesar 1) meter. Maka impedansi tanah akan adalah

$$Z = 60 \left(\frac{L}{100} \right) \text{ ohm} \quad (4.1)$$

$$Z = 60 \left(\frac{1}{100} \right)$$

$$= 0,6 \text{ ohm}$$

Dalam impedansi tanah dan kabel sebesar 500 ohm, maka besar arus pelapasan impuls dan arrester

$$I_a = \frac{110 \text{ kV}}{Z} \quad (4.2)$$

$$= \frac{110 \times 10^3}{0,6}$$

$$= 183,3 \text{ kA}$$

$$= 1,246 \text{ kA}$$

Diperoleh arus pemutusan sebesar 1,246 kA, sehingga pemilihan kelas arus 5 kA tepat.

4.2.3. Tegangan Pelepasan (Tegangan Kerja) Lightning Arrester

Tegangan pelepasan adalah karakteristik paling penting dari arrester untuk perlindungan peralatan. Tegangan kerja ini memiliki tingkat perlindungan dan analisis. Tegangan pelepasan arrester untuk tegangan pengenal 24 kV dengan arus pelepasan 5 kA dan 10 kA sesuai dengan tabel 4.2 dan 5 pada lampiran terbesar 27 kA. Oleh karena itu ini berdasarkan standar dimana sebelumnya dilakukan pemilihan tegangan pemutus terhadap lightning arrester.

4.2.4 Faktor Perlindungan (Protection Margin)

Faktor perlindungan merupakan besar perbandingan antara perbedaan tegangan TLD dari peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja arrester. Sistem pemertahanan sebelumnya tegangan kerja lightning arrester untuk sistem 24 kV diturunkan sebesar 27 kV, tingkat perlindungan arrester dengan menggunakan level penghubung internal tidak ditambahkan 10% sehingga

$$TP \text{ (tingkat perlindungan)} = V_a \times 1,1 \quad (4.3)$$

$$TP = V_a \times 1,1$$

$$= 27 \times 1,1$$

$$= 95,7 \text{ kV}$$

Diamodi tingkat perlindungan petir 95,7 kV dengan TID transformator yang telah ditetapkan sebesar 125 kV. Maka besar faktor perlindungan adalah:

$$FP = \frac{U_{TID} - U_{pr}}{U_{pr}} \times 100 = (4,4)$$

$$FP = \frac{125 - 95,7}{95,7} \times 100$$

$$= 31,44\%$$

Faktor perlindungan ini jauh besar 20% dan TID petir akan sehingga lightning arrester ini sudah mempunyai faktor perlindungan yang baik.

4.2.6. Analisa Penempatan dan Penyambungan Arrester

Untuk mengetahui penempatan tegangan petir maka dilakukan jarak indung dan arrester yang akan dipasang. Karena itu untuk menentukan jarak indung (L) maka perlu diketahui kemampuan dari gelombang datang (f_{max}) dan faktor keamanan gelombang datang pada peralatan (K_f).

Bila kemampuan gelombang datang 500 kV_{ps}, 1000 kV_{ps}, 1500 kV_{ps}, 2000_{ps}, besar L_f = 125/1,5 = 83,33 kV. Maka rambat gelombang pada kawat udara = 300 m_{ps}. Kemampuan gelombang datang yang telah ditetapkan pada UTS PLN Indonesia yaitu 500 kV_{ps}, oleh karena itu (sampingan tabel 6):

Maka jarak maksimum arrester terhadap transformator

$$L = \frac{25 - 10k}{300} \times 2 \times 2 \text{ --- (4.5)}$$

- $di/dt = 500 \text{ kV/}\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{25 \times 1000} \times 1000 = 2,45 \text{ meter}$$

- $di/dt = 100 \text{ kV/}\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{25 \times 10000} \times 10000 = 3,72 \text{ meter}$$

- $di/dt = 1500 \text{ kV/}\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{25 \times 100000} \times 100000 = 3,72 \text{ meter}$$

- $di/dt = 20000 \text{ kV/}\mu\text{s}$

$$L = \frac{96,15 - 87}{25 \times 1000000} \times 1000000 = 0,685 \text{ meter}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1

Tabel 4.1 Hasil perhitungan untuk jarak maksimum arrester terhadap transformator

Kecuraman Gelombang $du/dt(Kv)$	Jarak maksimum $L(m)$
500	2,746
1000	1,372
1500	0,915
2000	0,686

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin besar kecuraman gelombang datang pada suatu maka jarak pemotatan arrester terhadap trafo semakin dekat dengan jarak maksimum arrester terhadap trafo pada lokasi tersebut 2,746 m. Hal ini dikarenakan jarak pemotatan dari penyambungan lighting arrester pada konduktor pemasungannya dibesarkan sangat dekat dengan transformator sebesar 2,3 m atau maka dapat disimpulkan jarak dari pemotatan dan penyambungan arrester masih dalam batas yang dibidai ada.

Dengan demikian bila terjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir pada jaringan distribusi 25 kV, lighting arrester segera dapat mengemannya.

4.3 Koordinasi Isolasi Sistem Distribusi 20 Kv Penyulang Empat Janeponto

Penerapan koordinasi isolasi pada sistem distribusi 20 kV penyulang empat Janeponto untuk mengamankan peralatan sebagai berikut:

1. Tegangan kerja 20 kV
2. Karakteristik sistem mengadopsi sistem 3 fase 3 kawat yang ditanahkan dengan seaman 40 ohm
3. Tingkat isolasi dalam bentuk busbar 125 kV
4. Arah proteksi dilakukan lebih diutamakan arisan busbar dengan pemangkal 24 kV
5. Tegangan proteksi pemangkal pada busbar busbar 5 x A adalah 87 kV
6. Batasan TIC two dan tegangan pelepasan busbar adalah 125-87 + 38 kV
7. Busbar saluran 20 kV dianggap memiliki perlindungan terhadap peralatan dan busbar isolasi pemangkal

ORIGINALITY REPORT

2% SIMILARITY INDEX	2% INTERNET SOURCES	0% PUBLICATIONS	0% STUDENT PAPERS
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1 repository.upi.edu Internet Source	2%
--	-----------

Exclude quotes

Exclude matches

Exclude bibliography



BAB V Riswanda/Awal yusuf 105821105316/105821103716

by Tahap Tutup



Submission date: 18-Aug-2023 01:37PM (UTC+0700)

Submission ID: 2147436714

File name: BABA_V_awal_yusuf_1.docx (16.29K)

Word count: 146

Character count: 966

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berikut hasil analisis yang dilakukan, diperoleh dan dapat kesimpulan:

1. Karakteristik arrester pada jaringan distribusi 20 kV wilayah PLN Raydi Jember yang memiliki tegangan nominal 20 kV, tegangan pelapasan 67 kV dengan arus pelapasan nominal 5 kA.
2. Jarak antara tiang-tiang yang memiliki bobol yang sama kemungkinan besar pada arrester tidak boleh melebihi 2,745 meter <math>< 2,745</math> m, atau yang menjadi hasil perbandingan diabaikan jenis pemetaan arrester terhadap nilai <math>< 2,745</math> meter, sehingga dapat di bentuk pemetaan dan penyambungan antara tiang-tiang dalam rangka yang dapat diperbaharui.
3. Faktor efisiensi pada arrester terhadap pemeliharaan yang baik 20% dan TID optimal yang ditetapkan pada penelitian, sehingga arrester ini akan bisa memberikan perlindungan yang baik.

5.2 SARAN

Agar dapat meningkatkan tingkat keandalan proteksi pblir dari lightning arrester bisa dilakukan dengan:

1. Mengikatkan tahanan pada isolasi hantaran udara.
2. Meletakkan arester pada tiap titik sepanjang jaringan yang dapat terpacutnya pawai lekana sambungan pelir.



ORIGINALITY REPORT

5%	5%	0%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	vinelkaryamandiri.blogspot.com	5%
Internet Source		

Exclude quotes

Exclude matches

Exclude bibliography

