STUDI PENENTUAN JARAK OPTIMAL ARRESTER PADA TRANSFORMATOR DAYA DI GARDU INDUK 150 kV SIANTAN

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Oleh:

MICHAEL LORDIAN TARIHORAN

NIM. D1021201067



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Michael Lordian Tarihoran

NIM : D1021201067

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul **"Studi Penentuan Jarak Optimal Arrester Pada Transformator Daya di Gardu Induk 150 kV Siantan"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 15 April 2025

Penulis,



Michael Lordian Tarihoran

NIM D1021201067

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Studi Penentuan Jarak Optimal Arrester Pada Transformator Daya Di Gardu Induk 150 kV Siantan"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura:

Nama	: Michael Lordian Tarihoran
NIM	: D1021201067
Jurusan	: Teknik Elektro
Program Studi	: Sarjana Teknik Elektro
Konsentrasi	: Teknik Tenaga Listrik

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 15 April 2025

Pembimbing Utama,

Ir. Danial, M.T., IPM.
NIP. 196202121992031002

Pembimbing Pendamping,

Ir. Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197211162000031001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENENTUAN JARAK OPTIMAL ARRESTER PADA TRANSFORMATOR DAYA DI GARDU INDUK 150 kV SIANTAN

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh:

Michael Lordian Tarihoran
NIM. D1021201067

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 15 April 2025
Dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Danial, M.T., IPM. NIP. 196202121992031002
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM. NIP. 197211162000031001
Dosen Penguji Utama	: Dr. Ir. Usman A. Gani, S.T., M.T., IPM. NIP. 197002161995011001
Dosen Penguji Kedua	: Prof. Dr. Eng. Ir. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM. NIP. 196705271995011001

Pontianak, 15 April 2025

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. Danial, M.T., IPM.
NIP. 196202121992031002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segenap hati, saya mempersembahkan skripsi ini kepada kedua orang tua saya Bapak Nicoluas Tarihoran dan Ibu Rompina Situmorang dan Kakak, Abang, Adik, dan Maktua Ucok. Terima kasih atas segala doa, usaha, kasih sayang, motivasi, dan support yang diberikan kepada saya. Kalian adalah alasan saya bisa sampai di titik ini.

Apa yang kalian telah berikan melebihi daripada
apa yang pernah saya inginkan.

"Segala yang tampak tidak mungkin, pasti Tuhan izinkan untuk menjadi mungkin. Usahakan dulu, percaya, karena tangan Tuhan pasti akan menolongmu"

ALMAMATERKU TERCINTA TEMPATKU MENIMBA ILMU
UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis diberikan kesanggupan, kelancaran, dan kemudahan sehingga mampu menyusun tugas akhir yang berjudul "Studi Penentuan Jarak Optimal Arrester Pada Transformator Daya di Gardu Induk 150 kV Siantan" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mengalami berbagai hambatan. Namun, semua hal itu dapat dilewati dengan pertolongan Tuhan Yang Maha Esa melalui bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Prof. Dr. Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Elang Derdian Marindani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Ir. Danial, M.T., IPM. selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan proposal tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM. selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan proposal tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. Usman A. Gani, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan dan kritikan yang membangun untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
7. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Pendamping yang telah memberikan masukan dan kritikan yang membangun untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura yang telah membekali ilmu baik berupa teori maupun praktik.

9. Manager Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Siantan yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan kerja praktek dan belajar mengenai hal-hal yang berkaitan dengan skripsi ini.
10. Manager dan staff Unit Layanan Transmisi Gardu (ULTG) Siantan yang telah menyediakan data yang diperlukan pada penulisan skripsi ini.
11. Kedua orang tua, saudara dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
12. Sahabat, orang terdekat serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, masukan, saran serta solusi dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu penulis masih mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan pada masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dalam menambah wawasan pengetahuan dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 15 April 2025
Penulis,



Michael Lordian Tarihoran
NIM. D1021201067

ABSTRAK

Energi listrik merupakan faktor penting dalam menunjang kehidupan dan aktivitas masyarakat, terutama untuk penerangan serta sebagai sumber utama di sektor industri. Saluran transmisi listrik berperan dalam menyalurkan energi listrik secara efisien dan stabil kepada konsumen. Salah satu komponen utama dalam sistem transmisi adalah Arrester, yang berfungsi melindungi peralatan dari kerusakan akibat lonjakan tegangan petir dan gangguan hubung singkat. Arrester membatasi tegangan lebih agar tetap berada di bawah tingkat isolasi dasar peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penempatan arrester terhadap transformator pada Gardu Induk 150 kV Siantan. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis data sambaran petir, spesifikasi transformator, spesifikasi arrester, serta spesifikasi kabel transmisi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jarak arrester dengan transformator sebesar 3 meter masih sesuai standar, dengan jarak minimum 2,1 meter dan jarak maksimum 5,44 meter. Standar SPLN T5.007:2014 menetapkan jarak minimum 2,6 meter dan maksimum 7,2 meter, sehingga penempatan yang digunakan masih berada dalam batas toleransi. Dari hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa penempatan arrester pada Gardu Induk 150 kV Siantan telah sesuai dengan standar dan mampu memberikan proteksi optimal terhadap gangguan tegangan lebih.

Kata Kunci: Arrester, jarak minimal, jarak maksimum, transformator, SPLN T5.007:2014

ABSTRACT

Electrical energy is an essential factor in supporting human life and activities, particularly for lighting and as a primary power source in the industrial sector. Transmission lines play a crucial role in efficiently and stably delivering electrical energy to consumers. One of the key components in the transmission system is the arrester, which functions to protect equipment from damage caused by lightning overvoltage and short-circuit faults. Arresters limit overvoltage to remain below the basic insulation level of the equipment. This study aims to evaluate the placement of arresters in relation to transformers at the 150 kV Siantan Substation. The evaluation was conducted by analyzing lightning strike data, transformer specifications, arrester specifications, and transmission cable specifications. The calculation results show that the arrester placement at a distance of 3 meters from the transformer remains within standard limits, with a minimum distance of 2.1 meters and a maximum distance of 5.44 meters. According to SPLN T5.007:2014, the standard minimum distance is 2.6 meters, and the maximum distance is 7.2 meters, indicating that the placement used remains within the allowable tolerance range. Based on this analysis, it can be concluded that the placement of arresters at the 150 kV Siantan Substation complies with standards and is capable of providing optimal protection against overvoltage disturbances.

Keywords: Arrester, minimum distance, maximum distance, transformer, SPLN T5.007:2014.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
PRAKATA v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Pembatasan Masalah 2
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Penelitian Terdahulu 4
2.2 Landasan Teori 6
2.2.1 Peristiwa Petir 6
2.2.2 Gelombang Berjalan 7
2.2.3 Proses Terjadinya Tegangan Lebih Akibat Surja Petir 8
2.2.4 Gardu Induk 9
2.2.5 Transformator Daya 11
2.2.6 Arrester 12
2.2.7 Arrester Sebagai Peralatan Proteksi 22
2.2.8 Koordinasi Isolasi 23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 27
3.1 Bahan Penelitian 27
3.2 Alat Yang Dipergunakan 31

3.3 Metode Penelitian 31
3.4 Variabel atau Data 39
3.5 Analisa Hasil 39
3.6 Diagram Alir Penelitian 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Perhitungan Jarak Optimal Arrester 42
4.1.1 Tegangan Pengenal Arrester 42
4.1.2 Perhitungan Kerapatan Sambaran Petir 42
4.1.3 Perhitungan Arus Puncak Petir 43
4.1.4 Perhitungan Kecuraman Gelombang Arus Datang 43
4.1.5 Perhitungan Impedansi Saluran 44
4.1.6 Perhitungan Kecuraman Gelombang Tegangan Datang 44
4.1.7 Perhitungan Jarak Optimum Arrester Dengan Transformator 44
4.2 Perhitungan Faktor Perlindungan 50
4.2.1 Perhitungan BIL Arrester 50
4.2.2 Faktor Perlindungan 51
4.3 Analisa Perhitungan 51
BAB V PENUTUP 53
5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN 56

DAFTAR GAMBAR

.

Gambar 2.1 Proses Terjadi Petir.....6
Gambar 2.2 Gelombang Berjalan.....7
Gambar 2.3 Sambaran langsung pada kawat fasa yang mengalir dua arah.....9
Gambar 2.4 *Single Line* diagram GI Siantan.....10
Gambar 2.5 Transformator Tegangan.....11
Gambar 2.6 Penempatan arrester dengan transformator.....13
Gambar 2.7 Gelombang tegangan lebih.....13
Gambar 2.8 Grafik level tegangan sistem yang dilewatkan menggunakan arrester dan tanpa arrester akibat sambaran petir.....14
Gambar 2.9 Konstruksi arrester.....16
Gambar 2.10 *Metal oxide varistor* (MOV).....17
Gambar 2.11 Pemisah (*disconnector*).....18
Gambar 2.12 Sistem penyegelan dan pelepas tekanan MO arrester.....19
Gambar 2.13 Susunan arrester tegangan tinggi dengan *grading ring*.....19
Gambar 2.14 Isolator dudukan arrester.....20
Gambar 2.15 Struktur penyangga arrester.....20
Gambar 2.16 Elektroda pada arrester.....21
Gambar 2.17 *Spark gap* arrester.....21
Gambar 2.18 Tahanan katup varistor (*valve resistor*).....22
Gambar 3.1 Transformator daya.....27
Gambar 3.2 Arrester.....28
Gambar 3.3 *Single Line* diagram *Bay* Transformator.....28
Gambar 3.4 Kabel saluran transmisi.....29
Gambar 3.5 Lokasi gardu induk.....31
Gambar 3.6 Jarak arrester dengan transformator.....37
Gambar 3.7 Diagram alir penelitian.....40
Gambar 4.1 Jarak maksimum arrester dengan transformator.....45
Gambar 4.2 Grafik arak minimum arrester dengan transformator.....45
Gambar 4.3 Jarak minimum arrester dengan transformator.....47
Gambar 4.4 Grafik jarak minimum arrester dengan transformator.....48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penetapan tingkat isolasi transformator dan arrester 25

Tabel 3.1 Spesifikasi transformator 27

Tabel 3.2 Spesifikasi arrester.....29

Tabel 3.3 Spesifikasi kabel saluran transmisi 29

Tabel 3.4 Rata-rata sambaran petir per kecamatan 30

Tabel 3.5 Data luas wilayah per kecamatan.....30

Tabel 3.6 Koefisien pentanahan netral 32

Tabel 3.7 Kategori nilai kerapatan sambaran petir 33

Tabel 3.8 Arus puncak sambaran petir 34

Tabel 3.9 Jarak antara menara transmisi 34

Tabel 3.10 Nilai faktor redaman bahan umum kabel saluran transmisi.....34

Tabel 3.11 Nilai faktor redaman berbagai jenis tanah 35

Tabel 3.12 Rentang waktu naik arus berdasarkan profil sambaran petir.....35

Tabel 3.13 Rating dan spesifikasi arrester gardu induk Siantan 150 kV 38

Tabel 4.1 Parameter sistem transmisi tegangan tinggi 46

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan faktor penting untuk menunjang kehidupan dan kegiatan masyarakat terutama untuk keperluan penerangan, serta sebagai sumber utama dalam sektor industri [1]. Kebutuhan energi listrik yang semakin besar harus diikuti stabilitas yang semakin baik agar keselamatan produksi dan konsumsi energi listrik dapat terjamin baik dari segi teknis maupun parameter kebaikan energi listrik yaitu tegangan, frekuensi dan kehandalan. Adanya gangguan yang terjadi pada sistem akan mengakibatkan turunnya kontinuitas penyaluran energi listrik.

Gangguan yang terjadi pada penyaluran energi listrik dapat diakibatkan bila sambaran pada kawat penghantar di saluran transmisi yang menyebabkan gelombang surja petir dan surja hubung merambat menuju peralatan di gardu induk. Dimana besar tagangan puncaknya dapat menggagalkan isolasi peralatan [2]. Untuk itu dalam melindungi peralatan-peralatan tersebut dalam gardu induk dikenal "Koordinasi Isolasi".

Koordinasi isolasi adalah pemilihan kekuatan isolasi. Koordinasi isolasi pada gardu induk dapat didefinisikan sebagai korelasi antara tahanan-tahanan isolasi pada setiap peralataan penting di gardu induk. Faktor Perlindungan merupakan parameter dalam menentukan tingkat kualitas koordinasi isolasi pada peralatan-peralatan pada gardu induk. Faktor perlindungan pada umumnya bernilai 20% dan faktor perlindungan yang baik tidak boleh berada di bawah 20%. Tujuan koordinasi isolasi adalah untuk melindungi peralatan dan penghematan (ekonomis). Perlindungan peralatan pada gardu induk biasa menggunakan arrester yang dapat membatasi tegangan surja di bawah tingkat isolasi dasar peralatan. Setiap isolasi memiliki BIL (*Basic Isolation Level*) dari peralatan, dimana BIL merupakan tingkat isolasi suatu peralatan yang diperoleh dari tegangan puncak impuls standar, dimana kekuatan isolasi dari peralatan harus sama atau lebih besar dari BIL [3]. Penelitian koordinasi isolasi ini dilakukan pada gardu induk 150 kV Siantan karena adanya gangguan akibat petir yang sering terjadi pada isolasi, seperti tegangan lebih petir (*Lightning over voltage*) dan tegangan lebih surja hubung (*Switching over voltage*).

Untuk itu perlu dilakukan analisa untuk menghitung tingkat isolasi serta penentuan BIL dari setiap peralatan untuk menghindari kegagalan-kegagalan isolasi pada gardu induk ketika bekerja sehingga konsep perlindungan terhadap peralatan dalam hal ini koordinasi isolasi dapat tercapai secara optimal. Untuk itu penulis mencoba membuat penelitan tugas akhir dengan judul "Studi Penentuan Jarak Optimal Arrester pada Transformator Daya di Gardu Induk 150 kV Siantan".

1.2 Perumusan Masalah

Dari pembahasan di atas maka, dapat ditentukan masalah – masalah yang akan dibahas pada penelitian kali ini diantaranya.

1. Menghitung kecuraman gelombang arus datang dan kecuraman gelombang tegangan datang pada gardu induk 150 kV Siantan.
2. Menghitung jarak optimal arrester dengan transformator dan membandingkannya dengan jarak yang terpasang di lapangan.
3. Menghitung nilai faktor perlidungan pada gardu induk 150 kV Siantan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai kecuraman gelombang arus datang dan kecuraman gelombang tegangan datang petir pada gardu induk 150 kV Siantan.
2. Menentukan jarak optimal arrester dengan transformator dan membandingkannya dengan jarak yang terpasang di lapangan.
3. Mengetahui nilai faktor perlindungan pada gardu induk 150 kV Siantan.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar tidak memperluas penelitian ini maka, penulis membuat pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Perhitungan dan analisa dilakukan di gardu induk 150 kV Siantan.
2. Pembahasan tugas akhir ini hanya menganalisa koordinasi isolasi arrester pada gardu induk dan penentuan jarak optimal arrester dengan transformator.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penulisan penelitian tugas akhir ini sistematis, maka penulisan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan kajian terdahulu, memberikan referensi penelitian terkait kepadatan sambaran petir, penentuan jarak optimal arrester dengan transformator dan faktor perlindungan arrester. Pada bab ini juga membahas landasan teori dasar yang berkaitan sambaran petir, gelombang berjalan, gardu induk, gangguan pada gardu induk 150 kV dan koordinasi isolasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan bahan penelitian, alat yang dipergunakan, metode penelitian, variabel atau data hasil penelitian, analisis hasil, dan diagram alir penelitian.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini berisikan tentang perhitungan arus puncak petir, kecuraman gelombang arus datang, impedansi saluran, kecuraman gelombang tegangan datang, jarak optimal arrester dengan transformator dan faktor perlindungan arrester.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran, yaitu merupakan inti dari keseluruhan serta persoalan yang dibahas pada bab-bab sebelumnya dan beberapa saran yang diusulkan.