

SKRIPSI

**PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN PROTOTIPE
ALAT PEMBANGKIT TEGANGAN IMPULS UNTUK
PENGUJIAN ARRESTER TEGANGAN RENDAH
DENGAN KONSEP SUMBER DC SERI**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

BALQIS NAFISAH RAMADHANI

03041181924016

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN PROTOTIPE ALAT
PEMBANGKIT TEGANGAN IMPULS UNTUK PENGUJIAN ARRESTER
TEGANGAN RENDAH DENGAN KONSEP SUMBER DC SERI**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkannya Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

BALQIS NAFISAH RAMADHANI

03041181924016

Indralaya, 4 Juni 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui

Pembimbing



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU

NIP. 197108141999031005

M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197110012006041001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Balqis Nafisah Ramadhani

NIM : 03041181924016

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 2%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Perancangan Dan Pembangunan Prototipe Alat Pembangkit Tegangan Impuls Untuk Pengujian Arrester Tegangan Rendah Dengan Konsep Sumber DC Seri” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 4 Juni 2023



Balqis Nafisah Ramadhani

NIM.03041181924016

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing Utama

: M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D.

Tanggal

: 13 / 7 / 2023

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Balqis Nafisah Ramadhani
NIM : 03041181924016
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT TEGANGAN IMPULS UNTUK PENGUJIAN ARRESTER TEGANGAN RENDAH DENGAN KONSEP SUMBER DC SERI

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya
Pada tanggal : 4 Juni 2023



Balqis Nafisah Ramadhani
NIM.03041181924010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan limpahan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Perancangan Dan Pembangunan Prototipe Alat Pembangkit Tegangan Impuls Untuk Pengujian Arrester Tegangan Rendah Dengan Konsep Sumber DC Seri”. Tugas akhir saya buat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat terwujud atas bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai macam pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu sehingga pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

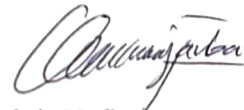
1. Bapak M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku pembimbing tugas akhir yang telah senantiasa memberikan bimbingan, waktu, arahan, ilmu, dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Ir. Sri Agustina, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama awal perkuliahan hingga selesai.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., Ibu Dr. Syarifa Fitria, S.T. M.T., dan Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M. Eng. selaku dosen penguji.
6. Dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama proses perkuliahan.
7. Keluarga tercinta yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Teman-teman saya Destri Mutiara, Sindy Daisy Cahyany, Tiara Sukmawati, Ainun Khairunnisak, Annisa Shalsabillah, Ariq Mitsal, Rian Alto Belly, Dani Setiawan, Annisa Sitorus, Yukita Sari, dan Meydinda Anugrah yang telah memberikan motivasi, semangat, dukungan, masukan dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Seluruh teman-teman dari Teknik Elektro, Komunitas Sains Teknik, dan Bujang Gadis Teknik yang telah menemani masa perkuliahan, memberikan bantuan, ilmu, dan semangat sehingga memberikan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki dari isi laporan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu bagi semuanya terutama mahasiswa Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

Palembang, 4 Juni 2023

Penulis,



Balqis Nafisah Ramadhani

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT TEGANGAN IMPULS UNTUK PENGUJIAN ARRESTER TEGANGAN RENDAH DENGAN KONSEP SUMBER DC SERI

(Balqis Nafisah Ramadhani, 03041181924016, 2023, 67 Halaman)

Lightning Arrester (LA) merupakan salah satu peranti dalam sistem proteksi internal yang berperan sebagai pemotong arus impuls petir ketika terjadi injeksi sambaran petir pada sistem. *Metal Oxide Varistor* (MOV) merupakan jenis arrester yang banyak digunakan pada sistem tegangan rendah karena kemampuan penjepitannya yang unggul dalam menekan lonjakan tegangan. MOV dapat mengalami penurunan kinerja proteksi saat terpapar arus petir yang melebihi kemampuan nominalnya secara berkelanjutan sehingga pemantauan dan penggantian MOV secara berkala diperlukan agar sistem proteksi tetap efektif. Metode diagnostik kondisi arrester seperti pengujian tegangan impuls telah ditetapkan dalam IEC 60099-1. Pengujian dengan metode impuls masih terbatas karena keterbatasan peralatan dan hanya dapat dilakukan dalam skala laboratorium dengan perangkat yang tidak praktis. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe alat pembangkit tegangan impuls yang terjangkau dan praktis. Hasil perancangan dan pembangunan prototipe alat pembangkit tegangan impuls menunjukkan bahwa prototipe sudah berjalan dengan baik sesuai dengan standar terpa petir untuk pengujian arrester dengan tegangan keluaran sebesar $\pm 3.270\text{V}$ dan nilai T1/T2 sebesar $\pm 1,4/51\text{us}$.

Kata Kunci: *Lightning Arrester*, *Metal Oxide Varistor*, Pembangkit Tegangan Impuls.

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN IMPULSE VOLTAGE GENERATOR PROTOTYPE FOR TESTING LOW VOLTAGE ARRESTERS WITH THE SERIES DC SOURCE CONCEPT

(Balqis Nafisah Ramadhani, 03041181924016, 2023, 67 Pages)

A Lightning Arrester (LA) is one of the components in an internal protection system that acts as a lightning impulse current cutter when lightning strikes are injected into the system. Metal Oxide Varistor (MOV) is a type of arrester widely used in low voltage systems due to its superior voltage clamping ability in suppressing voltage surges. MOVs can experience a decline in protective performance when continuously exposed to lightning currents that exceed their nominal capacity, necessitating periodic monitoring and replacement to maintain an effective protection system. Diagnostic methods for assessing arrester conditions, such as impulse voltage testing, have been established in IEC 60099-1. However, testing using impulse methods is limited due to equipment constraints and can only be conducted on a laboratory scale using impractical devices. Therefore, this study aims to design and construct an affordable and practical prototype of an impulse voltage generator. The design and construction results of the impulse voltage generator prototype demonstrate its successful operation, conforming to the lightning exposure standards for testing arresters with an output voltage of $\pm 3.270V$ and $T1/T2$ values of $\pm 1.4/51\mu s$.

Keywords: *Lightning Arrester, Metal Oxide Varistor, Impulse Voltage Generator.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Hipotesis Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Petir.....	6
2.3 Jenis – Jenis Petir.....	7
2.4 Gangguan Petir	7
2.5 Karakteristik Petir.....	8
2.6 Sistem Proteksi Internal.....	8
2.7 Arrester Tegangan Rendah MOV	9
2.8 Pengukuran Tingkat Proteksi MOV	10
2.9 Pemeliharaan Arrester	11
2.10 Pengujian Tegangan Impuls Pada Arrester	13
2.11 Rangkaian Pembangkit Tegangan Impuls.....	13
2.11.1 Pembangkit Tegangan Tinggi Searah.....	14
2.11.2 <i>Charging</i> Kapasitor	15
2.11.3 Celah Percik (<i>Switching</i>)	15
2.11.4 Pembentuk Gelombang Tegangan.....	16

2.12	Konsep Seri dan Paralel Kapasitor	17
2.13	Pengukuran Pembangkit Tegangan Impuls dan Tegangan Residu MOV ..	18
2.14	<i>Software</i> PSpice.....	19
2.15	Penelitian Terkait	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Pendahuluan	23
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.3	Metode Penelitian.....	23
3.3.1	Studi Literatur	23
3.3.2	Perancangan Prototipe	24
3.3.2.1	Perancangan Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah	24
3.3.2.2	Perancangan Rangkaian <i>Charging</i> Kapasitor	25
3.3.2.3	Perancangan Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang.....	28
3.3.2.4	Setup Rangkaian Pengukuran	35
3.3.3	Pembuatan Prototipe	38
3.3.4	Pengujian Prototipe.....	45
3.3.5	Pengambilan Data	45
3.3.6	Pembahasan.....	47
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Pendahuluan.....	48
4.2	Pembuatan Prototipe.....	48
4.2.1	Perakitan Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah	49
4.2.2	Perakitan Rangkaian <i>Charging</i> Kapasitor.....	49
4.2.3	Perakitan Rangkaian <i>Trigger</i>	52
4.2.4	Perakitan Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang	52
4.3	Pengujian Prototipe.....	53
4.3.1	Prosedur <i>Safety</i> Pengujian.....	54
4.3.2	Prosedur Pengujian Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah ...	54
4.3.3	Prosedur Pengujian Rangkaian <i>Charging</i> Kapasitor.....	55
4.3.4	Prosedur Pengujian Rangkaian <i>Trigger</i>	55
4.3.5	Prosedur Pengujian Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang .	55

4.3.6	Prosedur Pengujian Rangkaian Prototipe Dengan MOV	56
4.4	Pengambilan Data.....	56
4.5	Pembahasan Hasil Data	61
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA		68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis – Jenis Petir	7
Gambar 2.2 Sambaran Petir Pada Kawat Fasa.....	8
Gambar 2.3 Gelombang Terpa Sambaran Petir	8
Gambar 2.4 Arrester Tegangan Rendah MOV	9
Gambar 2.5 Bagan Pemeliharaan Arrester.....	11
Gambar 2.6 Rangkaian Pembangkit Tegangan Impuls (<i>Single Strike Impuls Generator</i>)	14
Gambar 2.7 Tegangan Setengah Gelombang.....	15
Gambar 2.8 Konsep Kerja <i>Switching</i> Pada Celah Percik	16
Gambar 2.9 Rangkaian Konsep Seri dan Paralel Kapasitor	17
Gambar 2.10 Osiloskop FNIRSI	18
Gambar 2.11 Rangkaian Pembagi Tegangan	19
Gambar 2.12 Tampilan Utama PSpice.....	20
Gambar 2.13 Tampilan <i>Library</i> PSpice	20
Gambar 3.1 Urutan Perancangan Prototipe	24
Gambar 3.2 Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah	25
Gambar 3.3 Rangkaian Paralel Kapasitor.....	26
Gambar 3.4 Rangkaian Seri Kapasitor.....	26
Gambar 3.5 Pin Relay MK3P	27
Gambar 3.6 Soket Relay MK3P.....	27
Gambar 3.7 Aplikasi Relay Pada Rangkaian <i>Charging</i>	27
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Supply</i> Relay	28
Gambar 3.9 Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang	29
Gambar 3.10 Uji Coba Pertama Rangkaian Pembentuk Gelombang.....	30
Gambar 3.11 Hasil Grafik Uji Coba Pertama Rangkaian Pembentuk Gelombang.....	31
Gambar 3.12 Uji Coba Kedua Rangkaian Pembentuk Gelombang	31
Gambar 3.13 Hasil Grafik Uji Coba Kedua Rangkaian Pembentuk Gelombang	32
Gambar 3.14 Busi Sebagai Celah Percik	32
Gambar 3.15 Konsep Kerja Celah Percik Dengan Pemicu	33
Gambar 3.16 Rangkaian Busi Pemicu.....	33
Gambar 3.17 Pin Relay MY4N	34

Gambar 3.18 Soket Relay MY4N	35
Gambar 3.19 Rangkaian <i>Adjustment</i> Pada Osiloskop	36
Gambar 3.20 Rangkaian Pengukuran Trafo Tegangan Tinggi	36
Gambar 3.21 Rangkaian Pengukuran Tegangan Tinggi Arus Searah.....	36
Gambar 3.22 Rangkaian Pengukuran <i>Full Charging</i> Kapasitor	37
Gambar 3.23 Rangkaian Pengukuran <i>Trigger</i>	37
Gambar 3.24 Rangkaian Pengukuran <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang.....	37
Gambar 3.25 Rangkaian Pengukuran Untuk Pengujian MOV	38
Gambar 3.26 Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar 4.1 Tata Letak Komponen Prototipe	48
Gambar 4.2 Perakitan Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah	49
Gambar 4.3 Perakitan Rangkaian Charging Kapasitor	50
Gambar 4.4 Rangkaian Resistor <i>Discharge</i>	50
Gambar 4.5 Relay Pengatur Tegangan <i>Supply</i>	51
Gambar 4.6 Push Button Pembangkit Gelombang Tegangan Impuls.....	51
Gambar 4.7 Perakitan Rangkaian <i>Trigger</i>	52
Gambar 4.8 Perakitan Rangkaian <i>Switching</i>	52
Gambar 4.9 Perakitan Rangkaian Pembentuk Gelombang	53
Gambar 4.10 Tempat Keluaran Rangkaian Pembentuk Gelombang	53
Gambar 4.11 Grafik Pengukuran Trafo Penaik Tegangan	57
Gambar 4.12 Grafik Pengukuran Rangkaian Pembangkit Tegangan Tinggi Searah	57
Gambar 4.13 Grafik Pengukuran Rangkaian <i>Charging</i> Kapasitor	58
Gambar 4.14 Grafik Pengukuran <i>Trigger</i>	58
Gambar 4.15 Grafik Pengukuran <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang	59
Gambar 4.16 Grafik Pengukuran Tegangan Residu Pada MOV 20D121K.....	60
Gambar 4.17 Grafik Pengukuran Tegangan Residu Pada MOV 20D221K.....	61
Gambar 4.18 Grafik Pengukuran Tegangan Residu Pada MOV 20D241K.....	61
Gambar 4.19 Rangkaian Ilustrasi Gangguan <i>Parasitic Inductance</i>	63
Gambar 4.20 Grafik Rangkaian Ilustrasi Gangguan <i>Parasitic Inductance</i>	64
Gambar 4.21 Grafik Tegangan Residu Pengujian MOV	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter MOV	10
Tabel 2.2 Penelitian Terkait	21
Tabel 3.1 Komponen dan Alat	38
Tabel 3.2 Pengukuran Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang.....	46
Tabel 3.3 Pengukuran Tegangan Residu MOV	46
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Switching</i> dan Pembentuk Gelombang ..	59
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Residu Pada MOV.....	60

DAFTAR RUMUS

Persamaan (2.1)	14
Persamaan (2.2)	17
Persamaan (2.3)	17
Persamaan (2.4)	17
Persamaan (2.5)	18
Persamaan (2.6)	19

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Curah hujan merupakan salah satu penyebab utama bencana alam dalam data petir melalui aktivitas kelistrikan atmosfer yang menunjukkan adanya relevansi antara curah hujan dengan jumlah sambaran petir [1]. Petir adalah fenomena kelistrikan udara yang bermula dari proses konvergensi udara hangat vertikal dan udara yang lebih dingin sehingga terbentuk embun-embun yang menimbulkan aktivitas badai konvektif [2]. Petir terjadi akibat adanya perbedaan potensial muatan baik pada awan atau bumi sehingga terjadi pelepasan muatan berupa sambaran petir dengan arus cukup tinggi dan bersifat singkat (*transient*) [3]. Sambaran petir menyebabkan gangguan serius bagi daerah yang berpotensi terkena sambaran petir baik sambaran petir langsung maupun sambaran petir tidak langsung [4]. Gangguan sambaran petir dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian fatal seperti gangguan tegangan lebih pada saluran listrik, kebakaran pada bangunan, bahkan kematian pada manusia [5]. Berdasarkan salah satu data insiden akibat sambaran petir di seluruh dunia, diperkirakan total kematian akibat sambaran petir berkisar antara 6.000 sampai 24.000 orang per tahun [6]. Melihat bahaya yang terjadi akibat sambaran petir maka dibutuhkanlah suatu usaha untuk mengatasi efek buruk dari sambaran petir.

Sistem proteksi petir (SPP) adalah suatu usaha dalam mengatasi efek buruk sambaran petir. Merujuk pada standar SNI 3-7015-2004 tentang sistem proteksi petir, dimana bangunan terdiri dari dua jenis sistem proteksi yakni sistem proteksi eksternal dan sistem proteksi internal [7]. Sistem proteksi eksternal adalah peranti yang terpasang pada luar struktur bangunan dengan fungsi sebagai penangkap muatan arus petir yang kemudian diteruskan menuju sistem pentanahan. Sedangkan, proteksi internal adalah peranti yang terpasang pada suatu sistem di dalam struktur dengan fungsi sebagai pemotong arus petir untuk diteruskan pada sistem pentanahan sehingga tidak mengganggu frekuensi aliran daya yang ada pada sistem [8]. Terdapat tiga peranti pada sistem proteksi internal yakni proteksi arrester, penghantar arus petir, dan pentanahan.

Lightning arrester (LA) atau yang lebih dikenal dengan arrester merupakan salah satu peranti dalam sistem proteksi internal yang berperan sebagai pemotong arus impuls petir ketika terjadi injeksi sambaran petir atau surja pada sistem [5]. Arrester terdiri dari beberapa jenis berdasarkan material, karakteristik, serta spesifikasinya [9]. *Metal Oxide Varistor* (MOV) merupakan salah satu jenis arrester yang saat ini banyak digunakan pada sistem tegangan rendah karena sifat penjepitannya yang unggul dalam menekan lonjakan tegangan [10]. MOV didesain tanpa menggunakan celah (*gapless*) yang terdiri dari beberapa keping varistor [4]. Dalam operasinya, MOV bisa saja mengalami penurunan performa proteksi ketika diterpa arus petir secara terus menerus yang melebihi kemampuan nominalnya [10]. Salah satu parameter yang dijadikan sebagai indikasi penurunan performa pada MOV adalah berdasarkan hasil dari pengukuran tegangan residunya, yakni tegangan sisa yang masih ada pada MOV [9], [10]. Untuk mendapatkan nilai tegangan residu pada arrester maka dibutuhkan pengujian yang dilakukan melalui suatu pemeliharaan arrester [11].

Pemeliharaan arrester merupakan kegiatan yang memegang peranan penting dalam mengetahui keandalan arrester untuk beroperasi sesuai dengan fungsinya. Pemeliharaan preventif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan analisa dari kondisi suatu peralatan (*condition based maintenance*) yang didapat melalui pengujian dan pengukuran [12]. Berdasarkan IEC 60099-1, terdapat beragam metode untuk mendiagnosa kondisi arrester diantaranya dengan melakukan pengujian tegangan impuls, yakni dengan memberikan tegangan impuls sebagai simulasi dari arus petir pada arrester untuk dilakukan pengukuran pada tegangan residunya [13]. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pengujian impuls pada arrester memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam menentukan kemampuan proteksi dari arrester jika dibandingkan dengan pengukuran yang hanya menggunakan pendekatan sebagai acuan dalam menentukan kondisi arrester [10]. Namun, saat ini pengujian dengan metode impuls masih sedikit dilakukan karena peralatan yang terbatas dan hanya dapat dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan perangkat besar yang tidak ringkas, maka dari itu diperlukanlah studi terhadap perancangan prototipe alat pembangkit tegangan impuls dengan komponen yang terjangkau dan ringkas.

Pengujian tegangan impuls pada arrester harus dilakukan sesuai dengan standar terpa tegangan surja petir yakni 1,2/50us, untuk mendapatkan bentuk standar gelombang tegangan petir tersebut diperlukan beberapa rangkaian dasar yakni rangkaian pembangkit tegangan tinggi searah, rangkaian *charging*, switching, dan rangkaian pembentuk gelombang [13], [14]. Dalam penelitian ini, peneliti menambahkan kebaruan penelitian dengan menggunakan konsep seri dan paralel pada kapasitor *charging* untuk menghasilkan keluaran tegangan yang lebih tinggi dari sumber tegangan yang terbatas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pengujian impuls pada arrester memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran yang hanya menggunakan pendekatan sebagai acuan dalam menentukan kondisi arrester [10]. Pengujian tegangan impuls pada arrester saat ini masih sedikit dikarenakan peralatan yang terbatas dan harus dilakukan dalam skala laboratorium sehingga diperlukan penelitian terkait perancangan prototipe alat pengujian impuls dengan komponen yang terjangkau dan ringkas dalam penggunaannya. Penelitian ini juga menambahkan kebaruan inovasi yakni menggunakan konsep seri dan paralel pada kapasitor *charging* untuk menghasilkan keluaran tegangan yang lebih tinggi dari sumber tegangan yang terbatas.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah membuat prototipe alat pengujian tegangan impuls pada *surge arrester* yang ringkas dengan mengimplementasikan konsep seri pada sumber tegangan searah, sebagaimana yang terdiri dari:

1. Pembangkit tegangan
2. Rangkaian pembentuk gelombang
3. Setup pengujian

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun prototipe alat pengujian tegangan impuls untuk arrester tegangan rendah.
2. Mensimulasikan rangkaian prototipe pembangkit tegangan impuls menggunakan *software* PSpice.
3. Melakukan simulasi prototipe alat pengujian tegangan impuls dengan MOV.

1.5 Hipotesis Penelitian

Arrester tegangan rendah (MOV) dapat mengalami penurunan performa proteksi ketika diterpa arus petir secara terus menerus yang melebihi nilai nominalnya sehingga menjadikan sistem proteksi kurang efektif, maka dari itu diperlukan suatu pengujian dan pengukuran terkait kemampuan proteksi arrester. Berdasarkan hasil studi literatur dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [10], pengujian tegangan impuls pada arrester dinilai lebih akurat dalam menentukan kemampuan proteksi dari arrester melalui pengukuran tegangan residu. Pembuatan pembangkit tegangan impuls yang telah dilakukan menggunakan *software* PSpice menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar terpa tegangan petir sehingga pembuatan prototipe pembangkit tegangan impuls diyakini juga dapat menghasilkan standar tegangan petir sebagaimana sesuai pada simulasi yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan demikian pembuatan prototipe pembangkit tegangan impuls ini akan didapat sebuah sistem sistem pengujian pada arrester tegangan rendah yang sesuai standar.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini dibagi kedalam lima bab sebagaimana yang dijelaskan berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian sebagai dasar pengetahuan untuk membantu peneliti dalam penyusunan tugas akhir, diantaranya seperti : petir, gangguan sambaran petir, sistem proteksi internal, arrester, pemeliharaan arrester, dan lain-lain.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian yang dimulai dari studi literatur, perancangan prototipe, simulasi prototipe dengan *software*, diagram alir penelitian dan lain-lain.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang proses pembuatan prototipe, pengambilan data, dan pembahasan hasil data penelitian, kemudian menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan sebagaimana sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Agung Pratama, R. Budi Kurniawan, And Rahma Dica, “Korelasi Frekuensi Sambaran Petir Terhadap Intensitas Curah Hujan Di Kota Manado Tahun 2016,” *Unnes Physics Journal*, Vol. 6, No. 2, 2017.
- [2] S. Shivalli, “Lightning Phenomenon, Effects And Protection Of Structures From Lightning,” *Iosr Journal Of Electrical And Electronics Engineering* , Vol. 11, Pp. 44–50, 2016, Doi: 10.9790/1676-1103014450.
- [3] Erwan Susanto, Muhamad Rizky Noor Wahyuddin, Akbar Rian Setyahagi, And Roby Hidayat, “Analisis Spasial Dan Temporal Tingkat Ancaman Sambaran Petir Cg Di Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan,” In *Prosiding Seminar Nasional Fisika Pps Unm*, Feb. 2020, Pp. 96–99.
- [4] D. Suwarti Widyastuti, “Dampak Pemberian Impuls Arus Terhadap Tingkat Perlindungan Arrester Tegangan Rendah,” *Jurnal Angkasa*, Vol. 7, No. 2, Pp. 75–84, 2015.
- [5] Priya Surya Harijanto, Moch. Dhofir, And Soemarwanto, “Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal Pada Condotel Borobudur Blimbing Kota Malang,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, Vol. 2, No. 2, Pp. 1–6, 2014.
- [6] U. Elfiah And W. R. Akbar, “Major Burns After Lightning Strikes At Field: A Case Report,” *Journal Of Agromedicine And Medical Sciences*. 2022, Vol. 8, No. 3, Pp. 134–139, 2022.
- [7] Standar Nasional Indonesia (Sni) 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Jakarta, 2004.
- [8] S. Bandri, R. Andari, And Z. Anthony, “Studi Koordinasi Proteksi Tegangan Lebih Pada Peralatan Elektronik,” In *Seminar Nasional Riset Dan Inovasi Teknologi*, 2022, Pp. 204–2013.
- [9] Bonggas L. Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*, 2nd Ed. Jakarta: Erlangga, 2012.
- [10] Y. S. Kim, “Failure Prediction Of Metal Oxide Varistor Using Nonlinear Surge Look-Up Table Based On Experimental Data,” *Transactions On Electrical And Electronic Materials*, Vol. 16, No. 6, Pp. 317–322, Dec. 2015.
- [11] International Electrotechnical Commission (Iec) 60099-1, *Surge Arresters - Part 1: Non-Linear Resistor Type Gapped Surge Arrester For Ac Systems*. 1999, Pp. 1–96.

- [12] Team O&M, *Pedomanan Operasi Dan Pemeliharaan Lightning Arrester*. Jakarta: Pt Pln (Persero), 2010.
- [13] Devia Eka Yunida, "Tegangan Residu Keping Arester Sebagai Fungsi Dari Cacah Keping Arester," *Teknosains*, Vol. 3, No. 2, Pp. 81–166, 2014.
- [14] International Electrotechnical Commission (Iec) 61000-4-5, *Electromagnetic Compatibility (Emc) – Part 4 - 5: Testing And Measurement Techniques – Surge Immunity Test*. 2014, Pp. 1–160.
- [15] John Smith, "The Role Of Literature Review In Research: A Comprehensive Analysis," *Journal Of Research Methodology*, 2018.
- [16] Eritech, *Erico Lightning Protection Handbook Designing To The Iec 62305 Series Of Lightning Protection Standards*. Solon (Us): Erico International Corporation, 2009.
- [17] G Vijayaraghavan, Mark Brown, And Makolm Barnes, *Practical Grounding, Bonding, Shielding And Surge Protection*, 1st Ed. London: Butterworth Heinemann, 2004.
- [18] Berlin Saragih, Jhonson M. Siburian, And Jaya Lukita Purba, "Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Kemang Gallery Medan," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 9, No. 1, Pp. 44–61, 2020.
- [19] V. Cooray, *Lightning Protection (Energy Engineering)*. The Institution Of Engineering And Technology, 2009.
- [20] Zoro Reynaldo, *Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tenaga Listrik*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2018.
- [21] International Electrotechnical Commission (Iec) 60-2/73, *Household And Similar Electrical Appliances - Safety - Part 2-73: Particular Requirements For Fixed Immersion Heaters*. 2006.
- [22] Puil, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. Indonesia, 2014.
- [23] F. I. Pasaribu, N. Evalina, And P. Harahap, "Varistor In The Inverter Circuit Starting Energy Saver To Reduce Water Pump Electric Current," *Budapest International Research In Exact Sciences (Birex) Journal*, Vol. 3, No. 4, Pp. 244–253, 2021.
- [24] Yageo Group, "Applications Of Metal Oxide Varistors (Mov) In Power Supply."
- [25] F. A. Abd Rahman, M. Z. A. Ab Kadir, U. A. Ungku Amirulddin, And M. Osman, "Computation Of Energy Absorption And Residual Voltage In A Fourth Rail Lrt Station Arresters In Emtp-Rv: A Comparative Study," *Urban Rail Transit*, Vol. 7, No. 2, Pp. 71–83, Jun. 2021.

- [26] Y. Rodiah, N. T. Putri, I. N. Anggraini, A. Herawati, And M. Rizki, "Rancang Bangun Pembangkitan Generator Marx 10 Tingkat Pada Uji Kapasitor 220 Pf Dan Lightning Protector," *Jurnal Amplifier*, Vol. 12, No. 2, Pp. 1–7, 2022.
- [27] International Electrotechnical Commission (Iec) 60099-5, *Surge Arresters - Part 5: Selection And Application Recommendations*. 2018.
- [28] Tofan Bimantara, Juningtyastuti, And Mochammad Facta, "Kinerja Rangkaian R-C Dan R-L-C Dalam Pembangkitan Tegangan Tinggi Impuls," *Transient*, Vol. 5, No. 4, Pp. 1–7, Dec. 2016.
- [29] D. Hendra Kurniawan, I. Wiwik Handajadi, And D. Pembimbing Pertama, "Analisis Penambahan Transformator Daya Baru (60 Mva) Untuk Menambah Suplai Daya Area Distribusi Pada Gardu Induk Kentungan 150 kV" 2017.
- [30] Jessy Kris Dayanti, Trias Andromeda, And Yuli Christyono, "Perancangan Current Limiter Sebagai Proteksi Sistem Charging Baterai," *Transient*, Vol. 4, No. 4, Pp. 1–8, 2018.
- [31] Atmam, "Penggunaan Filter Kapasitif Pada Rectifier Satu Phasa Dan Tiga Phasa Menggunakan Power Simulator (Psim)," *Sainetin*, Vol. 2, No. 1, Pp. 18–26, Dec. 2017.
- [32] E. Kuffel, W. S. Zaengl, And J. Kuffel, *High Voltage Engineering: Fundamentals*. 2000.
- [33] C. S. Reddy Bhoomireddy, "Recovery Times Of A Spark Gap With High Pressure Gases As Insulation Suitable For Repetitive Applications," Homi Bhabha, Mumbai, 2016.
- [34] T. J. Williams, *The Theory And Design Of The Triggered Spark Gap*. Sandia Corporation, 1959.
- [35] A. E.-M. A. Mosleh, "Design And Analysis The Operation Of Schmitt Trigger Circuit In Radiation Environment," *Technology Audit And Production Reserves*, Vol. 6, No. 1(56), Pp. 49–57, Dec. 2020.
- [36] Arisfati Fauzi, Ayong Hiendro, And Syaifurrahman, "Rancang Bangun Battery Control Unit Panel Surya Terhadap Efek Bayangan," *Untan*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–7, 2019.
- [37] I Wayan Lastera, "Peningkatan Kapasitas Rentang Tegangan Uji Osiloskop Tipe Hm 203-7 Dengan Pemanfaatan Alat Konverter," *Jurnal Spektrum*, Vol. 6, No. 3, 2019.
- [38] "Fnirsi 1014d Product Instructions."

- [39] Bagas Risky, Abdul Syakur, And Yosua Alvin Soetrisno, “Perancangan Prototipe Alat Ukur Tegangan Ujung Feeder Menggunakan Metode Pembagi Tegangan,” *Transient*, Vol. 10, No. 1, Pp. 1–6, Mar. 2021.
- [40] Lilik Eko Nuryanto, “Analisa Rangkaian Elektronika Dengan Menggunakan Program Simulasi Spice,” Pp. 155–164, Nov. 2017.
- [41] E. Susanto, “Automatic Transfer Switch,” *Jurnal Teknik Elektro* , Vol. 5, No. 1, Pp. 1–4, 2013.
- [42] Omron, “General Purpose Relays Mks.”
- [43] A. S. Eljugmani And M. S. Kamarudin, “Development Of Portable 1o Stages Marx Generators,” Vol. 11, No. 7, 2016.
- [44] Omron, “General-Purpose Relay My General-Purpose Relay My Versatile, Multi-Featured, Miniature Power Relay For Sequence Control And Power Switching Applications.”
- [45] Henry W Ott, *Electromagnetic Compatibility Engineering*. A John Wiley , 1936.