

SKRIPSI

**DESAIN SISTEM PROTEKSI PETIR *INTERNAL*
PADA GEDUNG GRAHA BUKIT ASAM PASCASARJANA FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

ARI GUNAWAN

03041381722108

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN SISTEM PROTEKSI PETIR *INTERNAL* PADA GEDUNG GRAHA BUKIT ASAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA



SKRIPSI

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

OLEH :

ARI GUNAWAN

03041381722108

Palembang, November 2022

Mengetahui

Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Pembimbing Utama

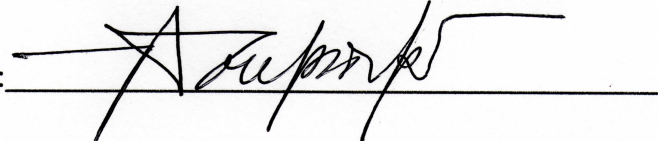


M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197108141999031005

M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197108141999031005

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

Tanggal : / November / 2022

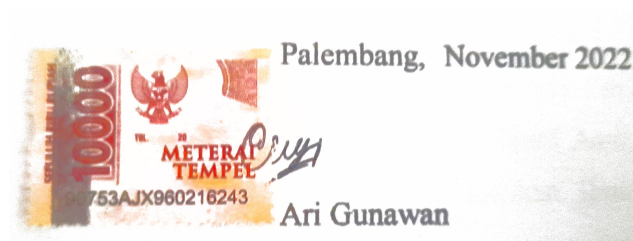
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ari Gunawan
NIM : 03041381722108
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Desain Sistem Proteksi Petir Internal Pada Gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Desain Sistem Proteksi Petir Internal Pada Gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya”**. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa dalam Penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku pembimbing tugas akhir dan ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan bantuan kepada penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga Pak Abu selalu dalam lindungan Allah SWT dan diberikan rezeki yang berlimpah serta kesehatan tubuh sehingga dapat berbuat kebaikan selama hayatnya.
2. Bapak Muhammad Irfan Jambak, S.T., M.Rng., Ph.D., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., Ibu Dr. Syarifita Fitria, S.T., dan Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, ilmu, dan pengetahuan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan mengenai teknik elektro.
4. Seluruh Pegawai Teknik Elektro yang telah membantu mengurus Administrasi selama penulisan skripsi ini.

5. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberi dukungan dan dorongan serta do'a kepada penulis selama dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Teman seangkatan Elektro 2017 yang telah memberikan semangat, dorongan, dan motivasi dalam penulisan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan bimbingan skripsi, Indah Febiola S.T., Mayang Agustini S.T., Tino Setiawan S.T., Yusup Alkaf S.T., M Ilham Andri Suyadi S.T., Dinda Yuliana S.T., Kak Suci S.T., Muhammad Luthfi Alif Naufal S.T., Khofifah S.T., Rizky Komala Batin S.T, dan Bayu yang telah membantu dan saling mengingatkan dalam penulisan skripsi ini.
8. Seluruh rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Sriwijaya

Penulis menyadari dalam pembuatan skripsi ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis.

Palembang, November 2022



Ari Gunawan

NIM. 03041381722108

ABSTRAK**DESAIN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA GEDUNG
GRAHA BUKIT ASAM PASCA SARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

(Ari Gunawan, 03041381722108, 2022, xv +45 pages + lampiran)

Pada penelitian kali ini membahas mengenai tentang desain sistem proteksi *internal* menggunakan penambahan *Arrester* pada sebuah gedung graha bukit asam pasca sarjana fakultas teknik universitas sriwijaya, untuk melakukan penelitian kali ini penulis mmebuat skema dengan menggunakan *Software Visio-16*, penulis melakukan penelitian ini di kota Palembang, tepatnya di gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang berlokasi di jalan Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Dimana nantinya *Software* ini berguna untuk mempermudah pembuatan skema dan dapat menentukan lokasi penempatan dari *Arrester* pada setiap ruangnya. Jika telah terpasang proteksi *Internal*/penambahan *Arrester* padan setiap ruangnya maka ruangan tersebut sudah menjadi cukup baik untuk mengatasi arus lebih yang disebabkan oleh bencana alam seperti *Lightning*/Petir yang menyambar gedung tersebut.

Kata Kunci – *Zona Perlindungan Petir; Perlindungan Internal; Arrester, Desain Proteksi Sistem; Hubung Singkat.*

ABSTRACT**DESIGN OF INTERNAL LIGHTNING PROTECTION SYSTEM IN GRAHA BUKIT
ASAM BUILDING POST-GRADUATE FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

(Ari Gunawan, 03041381722108, 2022, xv +45 pages + lampiran)

In this study discusses the design of an internal protection system using the addition of an arrester in a Graha Bukit Asam building after a post-graduate degree in architectural architecture at the University of Sriwijaya, to conduct this research the author makes a scheme using Visio-16 Software, the author conducted this research in the city of Palembang, to be exact. at the Graha Bukit Asam postgraduate building, Faculty of Engineering, Sriwijaya University, which is located on Jalan Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Palembang City, South Sumatra. Where later this software is useful to facilitate the creation of the scheme and can determine the location of the placement of the arrester in each room. If internal protection / additional arresters have been installed in each room, then the room is good enough to overcome the overcurrent caused by natural disasters such as Lightning / Lightning striking the building.

Keywords – *Lighning Protection Zone; Protection Internal; Arrester, Desain System Protection; Short Circuit.*

SURAT KETERANGAN PENGECEKAN SIMILARITY

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Gunawan
NIM : 03041381722108
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa benar hasil pengecekan similarity skripsi yang berjudul **“Desain Sistem Proteksi Petir Internal Pada Gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya “** adalah 14 %.

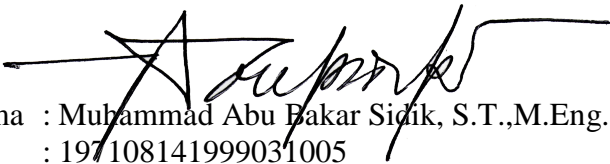
Dicek oleh operator *: ①. Dosen Pembimbing
2. UPT Perpustakaan
3. Operator Perpustakaan

Demikianlah surat keterangan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat saya pertanggung jawabkan.

Palembang, November 2022

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Yang Menyatakan


Nama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T.,M.Eng.,Ph.D. Nama : Ari Gunawan
NIP : 197108141999031005 NIM : 03041381722108

*Lingkari salah satu jawaban tempat anda melakukan pengecekan Similarity

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
SURAT KETERANGAN PENGECEKAN SIMILARITY.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Petir.....	5
2.2 Mekanisme Sambaran Petir	7
2.3 Jenis Sambaran Petir	10
2.4 Parameter Petir	11
2.5 Dampak Sambaran Petir	12
2.5.1 Dampak Sambaran Petir Langsung	12
2.5.2 Dampak Sambaran Petir Tidak Langsung	13
2.6 Ground Potential Rise	14
2.7 Sistem Proteksi Petir <i>Internal</i>	14
2.8 <i>Arrester</i>	15
2.9 Pembagian Zona Proteksi Petir.....	16
2.10 Peralatan Penyama Tegangan (<i>Bounding Ekipotensial</i>)	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20

3.1	Lokasi Penelitian	20
3.2	Waktu Penelitian	20
3.3	Metode Penelitian.....	20
3.4	<i>Software Visio</i>	21
3.5	Objek Penelitian	21
3.5	Komponen Pada Instalasi Listrik Gedung	22
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Data Penelitian	25
4.2	Hasil Penelitian	26
4.3	Penjelasan Skema pada Rangkaian Gedung	28
4.4	Tabel Komponen–komponen Pada Skema	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		30
5.1	Kesimpulan	30
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sambaran Petir	5
Gambar 2.2 Proses Terjadinya <i>Up-draft</i> dan <i>Down-draft</i> . (a) <i>Up-draft</i> dalam awan, (b) Pertemuan <i>up-draft</i> dan <i>down-draft</i> , (c) Terjadinya <i>down-draft</i>	6
Gambar 2.3 Struktur Distribusi Muatan di dalam awan guru(<i>thundercloud</i>).....	7
Gambar 2.4 Proses terjadinya sambaran pertama. (a) <i>stepped leader</i> , (b) <i>stepped leader</i> mencapai bumi, (c) <i>Upward streamer</i> menuju awan.....	8
Gambar 2.5 Proses Terjadinya Dart Leader. (a) Terjadi <i>upward streamer</i> , (b) Terbentuknya <i>connecting leader</i> , (c) Terjadi <i>return stroke</i> , (d) Turunnya <i>dart leader</i> menuju bumi	9
Gambar 2.6 Pembagian Kelas <i>Arrester</i>	16
Gambar 2.7 Pembagian Zona Proteksi Petir	17
Gambar 3.1 <i>Icon Visio</i>	21
Gambar 3.2 Atap Gedung melalui Aplikasi <i>Google Earth</i>	21
Gambar 3.3 Gedung Graha Bukit Asam atau Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang	22
Gambar 3.4 <i>Flow Chart</i> Penelitian	24
Gambar 4.1 Gedung Graha Lantai 1	26
Gambar 4.2 Gedung Graha Lantai 2	27

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Komponen – komponen pada Skema	29
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Stop Kontak
- Lampiran 2 *Switch*
- Lampiran 3 *Television*
- Lampiran 4 Panel *Box* Lantai 2
- Lampiran 5 Komputer Lenovo
- Lampiran 6 *Air Conditioner* (AC) Panasonic
- Lampiran 7 *Air Conditioner* (AC) LG
- Lampiran 8 Komputer Asus
- Lampiran 9 Panel *Box* lantai 1
- Lampiran 10 Sumber PLN
- Lampiran 11 *Arrester*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia, dikarenakan energinya diperlukan di dalam setiap aspek kehidupan manusia, dan harus memiliki proteksi instalasi listrik yang baik, dikarenakan banyak terdapat pada beberapa bangunan yang masih kurang dalam pemasangan sistem proteksi listrik yang baik dan benar [1]. Sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang fatal yang memicu terjadinya kebakaran, salah satu penyebabnya adalah bencana alam seperti petir [2].

Dengan adanya sistem proteksi petir (SPP) dalam suatu bangunan dibedakan menjadi sistem proteksi petir *internal* dan sistem proteksi petir *eksternal*. Pada SPP *eksternal* terdiri dari *termination* udara, *down conductor*, serta sistem pembumian [3]. Sedangkan untuk SPP *internal* merupakan tindakan tambahan yang dilakukan untuk mencegah pengaruh gelombang elektromagnetik yang diakibatkan oleh arus petir yang masuk ke dalam gedung. Sistem proteksi petir *internal* dapat berupa *Arrester* dan ikatan *ekipotensial*.

Pada gedung Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang terdiri dari dua lantai dan lantai yang paling atas merupakan atap kosong tanpa konstruksi genteng, didalam gedung tersebut terdapat banyak peralatan elektronik, komputer, dan manusia yang beraktifitas didalamnya, apabila gedung ini tersambar oleh petir maka dapat membahayakan aset yang terdapat pada gedung ini, pada proteksi *eksternal* telah didesain pada pembangkit tersebut [4]. Selain itu juga adanya sambaran petir secara langsung maupun tidak

langsung pada suatu bangunan memberikan dampak dapat menyebabkan kerusakan yang fatal [5] [6]. Hal ini disebabkan oleh adanya arus petir yang menghasilkan medan elektromagnetik, sehingga menimbulkan tegangan induksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis melakukan desain atas proteksi *internal* pada gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

1.2 Perumusan Masalah

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan simulasi Sistem Proteksi Petir (SPP) pada suatu bangunan.

Proteksi petir pada suatu bangunan akan sangat berguna untuk menyelamatkan alat elektronik yang terdapat pada bangunan tersebut, dibutuhkanlah penambahan *Arrester* yang akan membuat batasan terhadap arus lebih yang masuk kedalam instalasi gedung

Mengenai proteksi listrik, salah satu alat yang akan membantu untuk memproteksikan arus lebih yang disebabkan oleh petir yaitu penambahan *Arrester*, dimana *Arrester* dapat membatasi arus lebih yang terjadi pada instalai listrik pada gedung, dari arus yang masuk akan di kirimkan langsung ke tanah (*grounding system*) [6].

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat skema rangkaian sistem proteksi *internal* pada gedung Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya menggunakan *software Visio*.
2. Menentukan peletakan *Arrester* pada skema gedung Bukit Asam Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Menggunakan *software Visio*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar pembahasan dari penelitian ini dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka lingkup kerja penelitian ini hanya dibatasi pada beberapa hal yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan di gedung Graha Bukit Asam Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang.
2. Menentukan skema sistem proteksi petir *internal* yang diperlukan oleh gedung Graha Bukit Asam Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun bahasan dari setiap bab dalam penelitian ini dijelaskan dalam uraian berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas Latar belakang, masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan struktur penulisan makalah ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori yang berkaitan dengan topik yang dapat mendukung serta menunjang penulisan tugas akhir, yaitu mengenai petir, SPP *internal*, dan lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang lokasi dan waktu penelitian serta menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian, seperti komponen-komponen yang digunakan dalam simulasi, rangkaian ekivalen pada *visio*, prosedur percobaan dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang data hasil penelitian berupa skema berdasarkan tujuan dari penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang saran dan kesimpulan yang telah di dapat pada penelitian kali ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Nugroho, "Investigasi Tegangan Lebih Transien Akibat Sambaran Petir Pada Gardu Induk 150 Kv," *J. Edukasi Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 27–31, 2021, doi: 10.21831/jee.v5i1.39315.
- [2] S. Bandri, "Sistem Proteksi Petir Internal Dan Eksternal," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 3, no. 1, p. 6, 2014.
- [3] M. A. Abd-Allah, N. A. Mahmoud, and A. Said, "Towards an accurate modeling of frequency-dependent wind farm components under transient conditions," *WSEAS Trans. Power Syst.*, vol. 9, no. September, pp. 395–407, 2014, doi: 10.11591/ijape.v3i2.6351.
- [4] A. S. W. dan R. Zoro, "Evaluasi Sistem Proteksi Eksternal dan Analisa Resiko Sambaran Petir pada Bangunan," *Semin. Nas. Tek. Ketenagalistrikan*, pp. 29–35, 2008.
- [5] T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, D. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "ANALISIS KEBUTUHAN SISTEM PROTEKSI SAMBARAN PETIR PADA GEDUNG BERTINGKAT Arif Karta Ir . Achmad Imam A M . Pd ., Mahendra Widyartono S . T ., M . T ., Aditya Chandra H S . ST ., M . T . Abstrak Abstact Jurnal Teknik Elektro , Volume 09 No 03 Tahun 2020 , ," pp. 773–780.
- [6] M. Royhan, "Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Pemasangan Arester Tegangan rendah pada daya 6 , 6 KVA / 380V di Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," vol. 13, no. 2, pp. 214–222, 2021.
- [7] R. Ainun, "Evaluasi Sitem Proteksi Petir Eksternal pada Gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya," 2020.
- [8] S. H. Chen, M. D. Ker, and H. P. Hung, "Active ESD protection design for interface circuits between separated power domains against cross-power-domain ESD stresses," *IEEE Trans. Device Mater. Reliab.*, vol. 8, no. 3, pp. 549–558, 2008, doi: 10.1109/TDMR.2008.2002492.

- [9] G. Parise, L. Martirano, and M. Lucheroni, "Level, class, and prospected safety performance of a lightning protection system for a complex of structures (LPCS)," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 46, no. 5, pp. 2106–2110, 2010, doi: 10.1109/TIA.2010.2059370.
- [10] S. A. HUTAGAOL, "Studi Tentang Sistem Penangkal Petir pada BTS (Base Transceiver Station)," Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [11] Z. Jiang, W. Wu, B. Wang, P. Xie, H. Li, and F. Lin, "Design and test of 500-kv lightning protection insulator," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 135957–135963, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2941749.
- [12] J. Yang, J. E. Fletcher, and J. O'Reilly, "Multiterminal DC wind farm collection grid internal fault analysis and protection design," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 25, no. 4, pp. 2308–2318, 2010, doi: 10.1109/TPWRD.2010.2044813.
- [13] I. Petrovic, S. Nikolovski, H. R. Baghaee, and H. Glavas, "Determining Impact of Lightning Strike Location on Failures in Transmission Network Elements Using Fuzzy Decision-Making," *IEEE Syst. J.*, vol. 14, no. 2, pp. 2665–2675, 2020, doi: 10.1109/JSYST.2019.2923690.
- [14] S. Shevchenko, D. Danylchenko, S. Dryvetskyi, and K. Minakova, "Influence of direct lightning strikes and lightning strikes near power lines with protected and non-insulated wires," *2018 IEEE 3rd Int. Conf. Intell. Energy Power Syst. IEPS 2018 - Proc.*, vol. 2018-Janua, no. 1, pp. 17–21, 2018, doi: 10.1109/IEPS.2018.8559565.
- [15] E. Susanto *et al.*, "Analisis Spasial dan Temporal Tingkat Ancaman Sambaran Petir CG di Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan," vol. 2, 2020.
- [16] R. Brocke, P. Hasse, and P. Zahlmann, "Lightning current arresters with low protection level - Chance and challenge," *2003 IEEE Bol. PowerTech - Conf. Proc.*, vol. 3, pp. 6–11, 2003, doi: 10.1109/PTC.2003.1304408.
- [17] B. Saragih, J. M. Siburian, and J. L. Purba, "Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Kemang Gallery Medan," *J. Teknol. ENERGI UDA J. Tek. ELEKTRO; Vol 9 No 1 MARET*, vol. 9, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/622>.
- [18] B. G. Bertingkat, "Implementasi penangkal petir tipe emisi aliran mula (.")

- [19] T. Akhir, “PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL,” 2021.
- [20] M. D. Ker, C. Y. Chang, and Y. S. Chang, “ESD protection design to overcome internal damage on interface circuits of a CMOS IC with multiple separated power pins,” *IEEE Trans. Components Packag. Technol.*, vol. 27, no. 3, pp. 445–451, 2004, doi: 10.1109/TCAPT.2004.831762.
- [21] Z. Bo, G. Weller, and T. Lomas, “A new technique for transformer protection based on transient detection,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 15, no. 3, pp. 870–875, 2000, doi: 10.1109/61.871346.