

SKRIPSI
**KARAKTERISTIK *RETURN STROKE* SAMBARAN PETIR
NEGATIF AWAN KE TANAH DARI BADAI PETIR TROPIS
DI WILAYAH OBSERVASI PALEMBANG**



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

Oleh :

JULIO WILLIAM BAKARA

03041381823096

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN
**KARAKTERISTIK *RETURN STROKE* SAMBARAN PETIR
NEGATIF AWAN KE TANAH DARI BADAI TROPIS DI
WILAYAH OBSERVASI PALEMBANG**



SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Mengikuti Wisuda ke-175
Universitas Sriwijaya

OLEH:

JULIO WILLIAM BAKARA

03041381823096

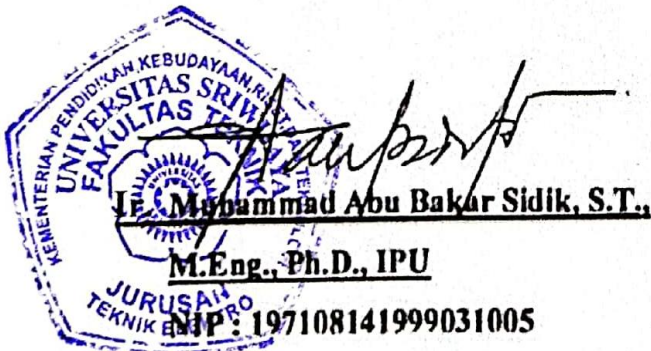
Palembang, 8 November 2024

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

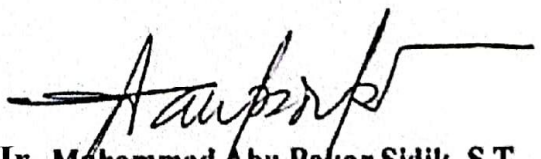
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T.,

M.Eng., Ph.D., IPU

NIP: 197108141999031005


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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Julio William Bakara
NIM : 03041381823096
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil pengecekan software iThenticate/Turnitin : 8 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul "Karakteristik Return Stroke Sambaran Petir Negatif Awan Ke Tanah Dari Badai Tropis Di Wilayah Observasi Palembang" merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari ditemukan unsur penjiplak/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.

Palembang, 18 November 2024



Julio William Bakara

NIM 03041381823096

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang 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., IPU

Tanggal

: 18 /November/ 2024

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Julio William Bakara

NIM : 03041381823096

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**KARAKTERISTIK RETURN STROKE SAMBARAN PETIR
NEGATIF AWAN KE TANAH DARI BADAI PETIR TROPIS DI
WILAYAH OBSERVASI PALEMBANG**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan , mengola 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 Palembang

Pada tanggal : 18 November 2024

Yang menyatakan,



Julio William Bakara

NIM. 03041381823096

KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur kepada Tuhan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Karakteristik Return Stroke Sambaran Petir Negatif Awan Ke Tanah Dari Badai Petir Tropis Di Wilayah Observasi Palembang”. Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU selaku pembimbing tugas akhir ini yang telah banyak membantu penulis selama proses menyelesaikan tugas akhir.
3. Dosen pembimbing akademik, bapak Muhammad Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D. yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. Seluruh staff jurusan Teknik elektro atas segala bantuan yang telah diberikan selama penulis menempuh perkuliahan dan proses administrasi.
6. Kedua orangtua penulis, Bapak Ivan Bakara dan Mamak Mutiha Siagian yang selalu mendorong penulis untuk menyelesaikan skripsi penulis dan mendoakan penulis. Dan selalu sabar dalam segala apa penulis lakukan dalam masa perkuliahan penulis.
7. Keluarga besar penulis yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Kedua adik penulis, Steven dan Kenzi yang selalu membuat penulis semakin semangat lagi dalam menyelesaikan masa studi penulis.
9. Kepada orang yang spesial Fedra Rosa Tambunan yang membantu penulis dalam penulisan skripsi dan selalu memberi penulis semangat dalam menyelesaikan perkuliahan penulis.

10. Kepada sahabat saya Eben Ezer Silaen yang membantu penulis dalam pendaftaran Wisuda dan memberi saran kepada penulis dalam masa pendaftaran.
11. Untuk Teman teman saya yang lain yang selalu memberi semangat pada penulis.
12. Teman seperjuangan Teknik Elektro 2018 yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis.
13. Kepada saudari Kak Ira Teknik Elektro 17 yang juga turut membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.

Saya sangat bersyukur dan berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian dan penyusunan skripsi ini. Saya menyadari dalam penulisan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat.

Palembang, 18 November 2024

Julio William Bakara
NIM.03041381823096

ABSTRAK

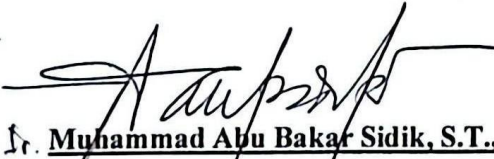
Karakteristik *Return Stroke* Sambaran Petir Negatif Awan Ke Tanah Dari Badai Tropis Di Wilayah Observasi Palembang

(Julio William Bakara, 03041381823096, 2024, 50 Halaman + Lampiran)

Ada banyak penelitian yang dilakukan pada karakteristik return stroke pada CG flash negatif, terutama dengan menggunakan antena plat paralel yang terintegrasi dengan sirkuit buffer. (slow-field and fast-field). Pengamatan ini akan mengidentifikasi data kilat dari badai kilat yang terjadi di daerah pengamatan Palembang. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk memantau urutan pulsa Return Stroke dari strom tropis di wilayah observasi Palembang. Beberapa fase penelitian ini, termasuk pengukuran alat pengukur medan listrik dari kilat, akan dilakukan di gedung Graha PT Bukit Asam di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. (30139). Stasiun rekaman di area observasi Palembang sebagai data kilat negatif awan ke tanah. Ciri-ciri Return Stroke di daerah observatorium Palembang, yang dekat dengan fenomena ini, ditemukan lebih pendek dalam hal durasi denyut nadi tetapi lebih lama dalam hal Time Rise, Zero Crossing Time, dan Full Width di Half Maximum berdasarkan perbandingan antara hasil studi ini dan yang dari penelitian sebelumnya.

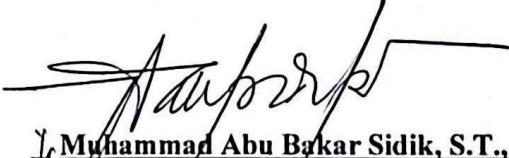
Kata kunci: Karakteristik Return Stroke, Strom Tropis, Negative CG Flashes, Parallel Plate Antenna.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Palembang, 8 November 2024

Menyetujui,
Pembimbing Utama


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

ABSTRACT

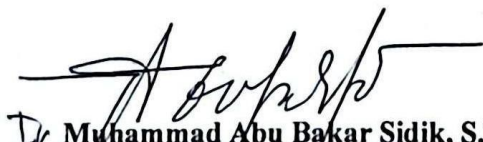
Return Stroke Characteristics Of Cloud To Ground Negative Lightning Strikes From Tropical Storms In Palembang Observation Area

(Julio William Bakara, 03041381823096, 2024, 50 Halaman + Lampiran)


There has been a great deal of research done on the characteristics of return strokes on negative CG-flashes, primarily using parallel-plate antennas integrated with buffer circuits (slow-field and fast-field). These observations will identify lightning data from lightning storms occurring in the Palembang observation area. Thus, the goal of this study is to monitor the tropical storm's Return Stroke pulse sequence in the Palembang observation region. Several phases of this research, including the measurement of electrical field measurement devices from lightning, will be conducted in the Graha PT Bukit Asam building at the Faculty of Engineering University of Sriwijaya, Jl. Sriwijaya State, Bukit Besar, Palembang, South Sumatra, Indonesia (30139). The recording station in the Palembang observation area as cloud-negative lightning data to the ground. The features of Return Stroke in the Palembang observatory area, which is close to the phenomenon, were found to be shorter in terms of pulse duration but longer in terms of Rise Time, Zero Crossing Time, and Full Width at Half Maximum based on comparisons between the results of this study and those from earlier research.

Keywords: *Karakteristik Return Stroke, Strom Tropis, , Negative CG Flashes, Parallel Plate Antenna.*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Palembang, 8 November 2024
Menyetujui,
Pembimbing Utama


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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	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.....	2
1.5 Hipotesis Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gambaran Tentang Petir.....	6
2.2 Proses Terjadinya Petir	6
2.3 Menjelaskan Kerugian Terjadinya <i>Lightning Strike</i>	8
2.4 <i>Lightning Discharge</i>	9
2.4.1 <i>Stepped Leader</i>	10
2.5 <i>Cloud Flashes</i>	10
2.6 <i>Menentukan Lokasi Kilatan</i>	11

2.7 Mekanisme Kilatan <i>Return Stroke</i>	12
2.8 Intervals Antar Gaya (<i>Interstroke Intervals</i>).....	13
2.9 Penelitian yang pernah dilakukan.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Lokasi Penelitian	17
3.2 Waktu Penelitian	17
3.3 Peralatan dan Bahan.....	17
3.3.1 <i>Antenna Parallel Plate</i>	17
3.3.2 Coaxial Cable RG-58	18
3.3.3 Rangkaian Penyangga <i>Buffer</i>	18
3.3.4 <i>Power Supply DC</i>	19
3.3.5 <i>Picoscope 5000 Series</i>	20
3.3.6 <i>Personal Computer (PC)</i>	20
3.3.7 <i>Wifi Repeater</i>	21
3.3.8 <i>Uninterruptible Power Suply</i>	22
3.3.9 <i>NI Multisim 13.0</i>	22
3.3.10 <i>Anydesk</i>	23
3.3.11 Antena Broadband <i>E-field</i>	23
3.4 Metode Pelaksanaan Penelitian	25
3.4.1 Rancang Bangun Konfigurasi.....	25
3.4.2 Perancangan Penelitian.....	25
3.5 <i>Flow Chart</i> Penelitian	27
BAB IV HASIL PENDAHULUAN	28
4.1 Hasil Identifikasi Data.....	28
4.2 Hasil Seleksi Data Sambaran Petir Negatif Awan Ke Tanah Dari Badai Petir Tropis Di Wilayah Palembang.....	28
4.3 Bentuk Pulsa Kilatan <i>Return Stroke</i> Sambaran Petir Negatif Ke	

Tanah.....	29
4.4 Hasil Identifikasi Data Karakteristik Deretan Pulsa <i>Return Stroke</i>	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	34

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terbentuknya Penguapan Di bawah Tanah.....	7
Gambar 2.2 Pergerakan <i>Stepped Leader</i> Menuju Tanah.....	10
Gambar 2.3 Bentuk Gelombang Pada Medan Listrik Pita Lebar.....	11
Gambar 2.4 Distribusi Frekuensi <i>Interval Interstroke</i> Di <i>Ground Flash Negative</i>	13
Gambar 3.1 Antena <i>Pararell Plate</i>	18
Gambar 3.2 <i>Coaxial Cable RG-58</i>	18
Gambar 3.3 <i>Fast-Field</i>	19
Gambar 3.4 <i>Slow-Field</i>	19
Gambar 3.5 <i>Power Supply DC</i>	19
Gambar 3.6 <i>Picoscope 5000 Series</i>	20
Gambar 3.7 <i>Software Picoscope 6</i>	20
Gambar 3.8 <i>Personal Computer (PC)</i>	21
Gambar 3.9 <i>Wifi Repeater</i>	21
Gambar 3.10 <i>UPS (Uninterruptible Power Suply)</i>	22
Gambar 3.11 <i>NI Multisim 13.0</i>	23
Gambar 3.12 <i>Anydesk</i>	23
Gambar 3.13 Sistem Pengukuran Dan Perekaman Terhadap Perubahan Medan Listrik Dan Kilatan Petir	25
Gambar 4.1 Peta Sambaran petir Wilayah Palembang	29
Gambar 4.2 Pulsa Kilatan Petir RS.....	30
Gambar 4.3 Karakteristik Umum Petir Yang Turun Di Alam	30
Gambar 4.4 Histogram <i>Rise Time</i> Pada RS.....	31
Gambar 4.5 Histogram <i>Zero Crossing Time</i> Pada RS.....	31
Gambar 4.6 Histogram <i>Full Width At Half Macimum</i> pada R.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Resume</i> Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya	15
Tabel 4.1 Hasil Data RS Yang Diperoleh	28

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Petir adalah penyebab tunggal transien, gangguan, pemadaman listrik terbesar sistem transmisi dan distribusi di daerah rawan petir. Selain itu, petir merupakan suatu penyebab utama elektromagnetik. Untuk mengukur dan memperbaiki bahaya pada petir, suatu Riset Tenaga Listrik Institusi (EPRI) telah mendistribusikan instalasi dan pengembangan dari jaringan Deteksi Petir Nasional.

Sekarang, semakin tinggi tingkat suatu urbanisme dan konstruksi bangunan terutama di daerah yang beriklim panas, animo yang sangat besar adalah pada keselamatan fasilitas dan manusia yang menjadi korban akibat adanya sambaran petir. Penelitian ini sangatlah berguna dalam tujuan menyelamatkan manusia dari adanya sambaran petir dan untuk sistem proteksi petir. Dalam hal ini juga ada yang diuntungkan yaitu suatu perusahaan asuransi dan organisasi prakiraan cuaca.

Metode yang saat ini digunakan menentukan atau mencari lokasi sambaran petir dengan tingkat keakuratan yang lebih baik, berdasarkan suatu pengukuran tegangan induksi karena adanya petir disekitar saluran telepon. Jadi dalam kondisi seperti ini, metode TOA sangat digunakan untuk menemukan keberadaan petir tersebut.

Tetapi, ada banyak juga faktor yang bisa mempengaruhi tingkat keakuratan teknik TOA menggunakan baseline pendek. Faktor - faktor yang mempengaruhinya adalah model matematis dari sistem pengukuran yang diambil, panjang sinyal suatu petir yang di rekam dan dari mana sinyal petir itu berada.

1.2 Perumusan Masalah

Return stroke atau yang disebut pukulan balik merupakan *stepped leader* yang terhubung dengan *ground*, gelombang potensi yang ada di dekat tanah akan bergerak keatas menuju *leader*. peristiwa kecerahan ini, yang bergerak keatas dengan kecepatan yang hampir sama dengan cahaya di ruang kosong, dikenal sebagai pukulan balik atau *return stroke*.

Studi ini akan mengenali informasi petir dari badai petir yang terjadi di wilayah pengamatan Palembang. Ini terkait dengan pengamatan karakteristik *stroke* kembali pada kilat *CG negatif*, khususnya menggunakan antena pelat paralel itu digabungkan dengan sirkuit *buffer slow-field* dan *fast-field*, yang dilaksanakan secara luas..

Hingga saat ini, belum ada pengamatan terhadap sifat-sifat tersebut yang ditemukan pada *Return stroke* dari badai petir tropis yang berada di wilayah observasi Palembang.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengamati deretan pulsa *Return Stroke* dari *tropical storm* di wilayah observasi Palembang.
2. Untuk memeriksa sifat-sifat urutan pulsa *ReturnStroke* dari *tropical storm* di wilayah tersebut.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun lingkup kerja pada penelitian ini, adalah:

1. Menggunakan dua antena pelat paralel yang dipasangkan dengan

- dua sirkuit penyangga (*fast-field* dan *slow-field*), sensor jarak jauh digunakan untuk menangkap data kilat, yang kemudian dikirim ke akuisisi data dan komputer untuk analisis dan penyimpanan
2. Penelitian dilaksanakan di Gedung Graha PT Bukit Asam Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang.
 3. Perubahan medan listrik menunjukkan pengelompokan data *return stroke* yang diperoleh oleh Sistem Penyangga *slow-field* dan Antena pada kurang dari tiga puluh kilometer dari fasilitas rekaman.
 4. Analisa dan pengambilan data dengan mengidentifikasi *RS* yang direkam dalam situasi di mana medan listrik berfluktuasi, sistem antena dengan sirkuit dukungan *buffer fast-field*.

1.5 Hipotesis Penelitian

Penelitian yang dilakukan V. Cooray, M. Fernando, T. Sørensen, T. Götschl, and A. Pedesen [15] dalam penelitiannya menjelaskan tentang ulasan pengembang *luminous* sambaran petir *cloud-to-ground* (CG) yang biasanya, sekitar setengah dari kilatan ini mengenai tanah di lebih dari satu tempat, dan penelitian yang dilakukan W. H. Beasley, M. A. Uman, D. M. Jordan, and C. Ganesh [25] dalam penelitiannya menjelaskan tentang arus petir tertinggi yang diukur secara langsung dan transfer muatan terbesar ketanah dianggap terkait dengan *positive lightning*.

Berdasarkan teori dari beberapa penelitian sebelumnya maupun literatur yang berkaitan dengan penelitian ini hingga data-data yang berhubungan dengan *return stroke* sambaran petir awan ke tanah dari badai wilayah tropis di wilayah observasi Palembang, maka data yang didapatkan harus efektif karena penelitian yang dilakukan masih sedikit dikenal masyarakat dan bisa memberikan pengetahuan mengenai apa itu *return stroke* agar menambah wawasan kepada masyarakat Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk membuat penulisan lebih terfokus dan teratur, sistematika penulisan tesis ini dibagi menjadi lima bab berturut-turut. Ini adalah bab-bab yang digunakan:

BAB I PENDAHULUAN

Sejarah masalah, tujuan penulisan, bagaimana masalah tersebut dirumuskan, keuntungan dari bab ini mencakup penulisan, ruang lingkup penelitian, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan tinjauan teoretis yang luas tentang topik terkait petir dan kilat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi, waktu, alat dan perlengkapan yang digunakan, urutan eksperimen, protokol pencatatan, strategi pengumpulan data, dan teknik pemrosesan data yang digunakan dalam proses penelitian yang direncanakan semuanya dibahas dalam bab ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari data yang terdeteksi dan dianalisis, bersama dengan diskusi, disajikan dalam bab ini. .

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Temuan penelitian yang dibahas dalam BAB IV disimpulkan dalam bab ini, bersama dengan saran-saran terkait dengan studi yang telah dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Griffiths, D.J. 1995. Introduction to Electrodynamics, 2nd edition. Prentice Hall of India Private Limited
- [2] Wahid, R.M. 2009. Studi Tingkat Potensi Petir di Sulut. Skripsi Sarjana FMIPA Unsrat.
- [3] Tjasyono, B.HK. 2001. Mikrofisika Awan dan Hujan. ITB Bandung.
- [4] <https://www.merdeka.com/jatim/proses-terjadinya-petir-serta-dampaknya-yang-perlu-anda-ketahui-klm.html>
- [5] Pierce ET (1977) Atmosfer dan kebisingan radio. Dalam: Golde RH (ed) Petir, vol. 1, Fisika Petir. Academic Press, New York, hlm 351384
- [6] V. Cooray, "Basic Physics of Electrical Discharges," in *An Introduction to Lightning*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2015, pp. 7–27
- [7] .Rakov VA (1999) Petir medan listrik dan magnet. Dalam: Prosiding Zurich Internasional ke-13 Simposium tentang EMC, Zurich, Swiss, 16–18 Februari 1999, hlm 561–566
- [8] Rakov VA (1999) Lightning electric and magnetic fields. In : Proceedings of the 13th International Zurich Symposium on EMC, Zurich, Switzerland, 16-18 Feb, 1999.
- [9] Cooray, V., and S. Lundquist, Characteristics of the radiation fields from lightning in Sri Lanka in the tropics, *J. Geophys. Res.*, 90, 6099-6109, 1985.
- [10] Jayaratne, K. P. S. C., On fair-weather and thunderstorm electricity Basis for construction of an atmospheric electrical station Sri Lanka, Ph.D. thesis, Univ. of Colombo, Sri Lanka, 1992.
- [11] B. Inc, "Technical Specifications Product Overview Physical Characteristics(Overall)," 2018.
- [12] V. A. Rakov and M. A. Uman, "Long continuing current in negative lightning ground flashes," *J. Geophys.*, p. 5455, 1990.
- [13] M. R. M. Esa, M. R. Ahmad, and V. Cooray, "Wavelet analysis

of the first electric field pulse of lightning flashes in Sweden,”
Atmos. Res., vol. 138, pp. 253–267, Mar. 2014.

- [14] A. Galvan and M. Fernando, “Operative characteristics of a parallel plate antenna to measure vertical electric fields from lightning fields from lightning flashes, Report UURIE 285-00, Uppsala University,” Uppsala, 2000.
- [15] V. Cooray, M. Fernando, T. Sørensen, T. Götschl, and A. Pedesen, “Propagation of lightning generated transient electromagnetic fields over finitely conducting ground,” *J. Atmos. Terr. Phys.*, vol. 62, pp. 583–600, 2000.
- [16] V. Rakov and M. Uman, “Long continuing current in negative lightning ground flashes,” *J. Geophys. Res.*, vol. 95, pp. 5455 – 5470, Apr. 1990.
- [17] V. Cooray and Y. Ming, “Propagation effects on the lightning generated electromagnetic fields for homogeneous and mixed sea land paths,” *J. Geophys. Res.*, vol. 99, pp. 10 641–10 652, 1994.
- [18] E. P. Krider, C. Letenturier, and J. C. Willett, “Submicrosecond field radiated during the onset of first return strokes in cloud-to-ground lightning,”
- [19] E. P. Krider, C. Letenturier, and J. C. Willett, “Submicrosecond field variations in natural lightning processes,”
- [20] C. Weidman and E. P. Krider, “The fine structure of lightning return stroke waveforms,”
- [21] C. Weidman and E. P. Krider, “Submicrosecond risetimes in lightning return stroke fields,”
- [22] C. Weidman and E. P. Krider, “Variations à l’échelle submicroseconde des champs électro-magnétiques rayonnés par la foudre,”
- [23] J. C. Willett and E. P. Krider, “Rise times of impulsive high-current processes in cloud-to-Ground lightning,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. 48, Sept. 2000
- [24] J. C. Willett, E. P. Krider, and C. Letenturier, “Submicrosecond field variations during the onset of first return strokes in cloud-to-ground lightning,” *J. Geophys.*

- [25] W. H. Beasley, M. A. Uman, D. M. Jordan, and C. Ganesh, "Positive cloud to ground lightning return strokes," *J. Geophys.*
- [26] V. Cooray, "07. Mechanism of Lightning Flashes," in *An Introduction to Lightning*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2015, pp. 1–386.
- [27] R. H. Bruce, C.E.R., Golde, "The lightning discharge," *J. Inst. Electr.Eng. Part 2 Power Eng.*, vol. 88, no. 6, pp. 487–505, 1941.
- [28] Diendorfer G (2010) LLS performance validation using lightning to towers. In 21st international lightning detection conference, Florida, USA, 2010
- [29] M. R. M. Esa, M. R. Ahmad, M. Rahman, and V. Cooray, "Wavelet analysis of the first electric field pulse of lightning flashes in Sweden,"
- [30] Muhammad Zikri, 2018. "Karakteristik *Initial Breakdown Pulse Trains* sebelum sambaran petir negatif ke tanah dari badai tropis di wilayah sebelah selatan khatulistiwa."