

SKRIPSI
PENERAPAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBOR* PADA
KLASIFIKASI PETIR *NBE*



Diajukan Untuk Memenuhi Syarat memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

RHEVDA FEBRIAN
03041182126008

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR PADA KLASIFIKASI PETIR NBE



SKRIPSI

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

Oleh

RHEVDA FEBRIAN

03041182126008

Palembang, 9 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

APEC Eng.

NIP.197108141999031005

Ir. M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng.,

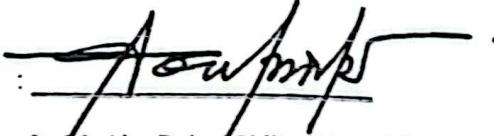
Ph.D., IPU., APEC Eng.

NIP.197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

Tanda Tangan

: 

Pembimbing Utama : Ir. M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.d., IPU., APEC
Eng.

Tanggal

: 9/Juli/2025

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rhevda Febrian
NIM : 03041182126008
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 13 %

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul "Penerapan Algoritma *K-Nearest Neighbor* pada Klasifikasi Petir *NBE*" 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, 9 Juli 2025



Rhevda Febrian

NIM. 03041182126008

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

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

Nama : Rhevda Febrian
NIM : 03041182126008
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:

**PENERAPAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBOR* PADA
KLASIFIKASI PETIR *NBE***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palembang
Pada Tanggal : 9 Juli 2025



Rhevda Febrian
NIM. 03041182126008

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Algoritma *K-Nearest Neighbor* pada Klasifikasi Petir *NBE*”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi agung kita Nabi Muhammad SAW. Penulisan tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari segala pihak.

Penulisan tugas akhir ini bukan hanya hasil dari kerja keras saya seorang, ada banyak nama yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam tiap proses maupun paragraf nya. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT beserta jujungan-Nya Nabi besar Muhammad SAW sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Terima kasih yang sebesar besarnya untuk kedua orang tua saya yaitu, Abdurahim dan Happy Darma dan saudari saya Khansa Nafisah yang tiada hentinya selalu memberikan semangat, doa, motivasi serta dukungan baik dalam bentuk materi maupun moral selama saya menyusun dan menulis skripsi ini.
3. Selanjutnya saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., APEC Eng. selaku dosen pembimbing saya serta Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. Terima kasih saya sampaikan karena bapak telah membimbing saya dengan sebaik ini, terima kasih banyak pak karena selalu mengusahakan saya sebagai anak bimbing bapak dalam menyelesaikan semua permasalahan pada laporan skripsi saya, terima kasih telah meluangkan waktu, tenaga serta bertukar pikiran dalam mendukung dan memberi arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Ibu Dr. Eng. Ir. Suci Dwi Dwijayanti, S.T., M.S., IPM.

5. Bapak M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D. dan Bapak Dr. Djulil Amri, S.T., M.T. serta Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Terima kasih juga kepada Asadel, Irfan, Ejak, Rama, Bernika, dan Tri Agus atas dukungan dan motivasinya selama masa perkuliahan berlangsung.
8. Terima kasih juga kepada Kiput, Bona, Abizal, dan Nabil karena telah menjadi saudara selama menetap di indralaya.
9. Seluruh teman-teman teknik elektro angkatan 2021 serta pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
10. Untuk Sherin Dinsi Oktaviramni, terima kasih telah menjadi penyemangat saya selama mengerjakan skripsi ini, semangat itu ada ketika saya mendengar tawamu, melihat senyummu, semoga kamu bisa mencapai cita-cita yang bahkan belum kamu andakan, dan begitu juga dengan cita-cita saya, penelitian saya dalam mewujudkan S.T ini.
11. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for, for never quitting.*

Semoga laporan skripsi yang ditulis ini dapat memberikan ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca serta dapat digunakan dengan sebaik baiknya.

Palembang, 9 Juli 2025



Rhevda Febrian

NIM. 03041182126008

ABSTRAK

PENERAPAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBOR* PADA KLASIFIKASI PETIR NBE

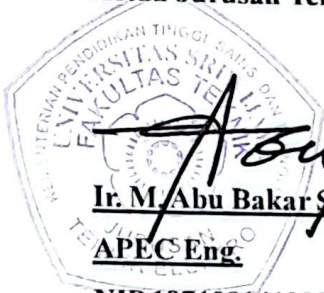
(Rhevda Febrian, 03041182126008, 2025, 114 Halaman)

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan data rekaman petir yang diperoleh di wilayah Palembang pada Januari 2020 menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python. Data mentah, yang awalnya berformat psdata, dikonversi ke format Comma Separated Values (CSV) untuk memfasilitasi analisis. Dari total 12.908 data rekaman petir, proses klasifikasi berhasil mengidentifikasi 550 data sebagai Negative Narrow Bipolar Events (NNBE) dan 2.314 data sebagai Positive Narrow Bipolar Events (PNBE), dengan 10.044 data lainnya dikategorikan sebagai Non-NBE. Analisis karakteristik menunjukkan bahwa NNBE memiliki durasi pulsa rata-rata $32,43 \pm 9,54 \mu s$ dan rise time $4,97 \pm 4,65 \mu s$. Sementara itu, PNBE menunjukkan durasi pulsa rata-rata $35,1 \pm 10,72 \mu s$ dengan rise time $5,08 \pm 6 \mu s$. Validasi model menggunakan confusion matrix menunjukkan akurasi keseluruhan sebesar 96%, dengan presisi 93% dan recall 98% untuk kelas NNBE, serta recall 91% untuk kelas PNBE. Hasil ini menunjukkan bahwa metode KNN efektif untuk klasifikasi petir NBE, meskipun terdapat sedikit kelemahan pada pembedaan antara kelas PNBE dan Non-NBE. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam otomatisasi klasifikasi petir menggunakan pendekatan machine learning dan menawarkan dasar untuk pengembangan sistem deteksi cuaca ekstrem yang lebih presisi.

Kata Kunci : Klasifikasi Petir, *Narrow Bipolar Events* (NBE), K-Nearest Neighbor (KNN), Python, Machine Learning, Karakteristik Petir

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP.197108141999031005

Palembang, 9 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, identical to the one on the left, is placed over the text of the supervisor's name.

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

NIP.197108141999031005

ABSTRACT

APPLICATION OF THE K-NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM FOR NBE LIGHTNING CLASSIFICATION

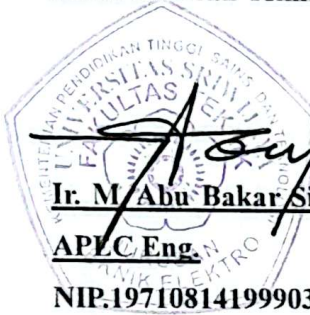
(Rhevda Febrian, 03041182126008, 2025, 114 Page)

This research aims to classify lightning recording data obtained in the Palembang region in January 2020 using the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm implemented in the Python programming language. The raw data, initially in psdata format, was converted to Comma Separated Values (CSV) format to facilitate analysis. From a total of 12,908 lightning recordings, the classification process successfully identified 550 data points as Negative Narrow Bipolar Events (NNBE) and 2,314 as Positive Narrow Bipolar Events (PNBE), with the remaining 10,044 categorized as Non-NBE. Characteristic analysis revealed that NNBE had an average pulse duration of $32.43 \pm 9.54 \mu\text{s}$ and a rise time of $4.97 \pm 4.65 \mu\text{s}$. Meanwhile, PNBE exhibited an average pulse duration of $35.1 \pm 10.72 \mu\text{s}$ with a rise time of $5.08 \pm 6 \mu\text{s}$. Model validation using a confusion matrix showed an overall accuracy of 96%, with a precision of 93% and a recall of 98% for the NNBE class, and a recall of 91% for the PNBE class. These results indicate that the KNN method is effective for NBE lightning classification, despite a slight weakness in distinguishing between the PNBE and Non-NBE classes. This study contributes to the automation of lightning classification using a machine learning approach and provides a foundation for developing more precise extreme weather detection systems.

Keywords : Lightning Classification, Narrow Bipolar Events (NBE), K-Nearest Neighbor (KNN), Python, Machine Learning, Lightning Characteristics

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

APEC Eng.

NIP.197108141999031005

Palembang, 9 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, identical to the one on the left, is placed over the text of the supervisor's name.

Ir. M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng.,

Ph.D., IPU., APEC Eng

NIP.197108141999031005

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Gambaran Umum tentang Petir	7
2.2. Inisiasi Kilatan Petir di dalam Awan.....	8
2.3. Mekanisme Kilatan Petir	9
2.4. Cloud Flash.....	11
2.5. Mekanisme Kilatan NBE.....	12
2.6. Comma Separated Value (csv).....	15
2.7. Pengenalan Python.....	16

2.8. Kelebihan Python.....	17
2.9. Library Python.....	18
2.10. Platform Pemrograman Python	19
2.11. Klasifikasi Metode K-Nearest Neighbor	20
2.12. Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1. Lokasi Penelitian	24
3.2. Waktu Penelitian	24
3.3. Peralatan dan Bahan	24
3.4.1 Peralatan	24
3.4.2 Bahan	27
3.4. Struktur Data.....	28
3.5.1 Struktur Data <i>Picoscope</i> Format Psdata	28
3.5.2 Struktur Data <i>Picoscope</i> Format csv	29
3.5. Proses Pengumpulan Data	30
3.6. Teknik Identifikasi Data	31
3.7. Metode Perhitungan K-Nearest Neighbor	35
3.8. Metode Pelaksanaan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Umum	40
4.2 Hasil Identifikasi Data	40
4.3 Hasil Seleksi Data Kilatan Petir Narrow Bipolar Events	41
4.4 Bentuk Pulsa Kilatan Petir Narrow Bipolar Events.....	42
4.5 Hasil Klasifikasi Program Python untuk Nilai Karakteristik Gelombang Narrow Bipolar Events.....	43
4.6 Perbandingan Karakteristik Dengan Penelitian Sebelumnya	46
4.7 Analisa Validitas Data.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sebuah leader yang memiliki Bidirectional Propagation [10]	10
Gambar 2. 2 Mekanisme Pembentukan Recoil leader [17].....	11
Gambar 2. 3 Gelombang IC-Flash (a) Gelombang dengan durasi 10 ms	12
Gambar 2. 4 Gelombang +NBE flash pada badai di Malaysia [29]	14
Gambar 2. 5 Gelombang -NBE flash pada badai di Malaysia [29]	14
Gambar 2. 6 Interface Google Colaboratory	20
Gambar 3. 1 Antena Paralel Plate.....	25
Gambar 3. 2 Coaxial Cable RG-58	25
Gambar 3. 3 Rangkaian Penyangga Buffer : (a) fast-field; (b) slow-field.....	26
Gambar 3. 4 Personal Computer (PC).....	26
Gambar 3. 5 Contoh file data Picoscope Format psdata yang ditampilkan pada Software Picoscope	29
Gambar 3. 6 Contoh File Data Picoscope Format csv yang ditampilkan pada Microsoft Excel [5]	29
Gambar 3. 7 Folder Sampel yang Berisi File psdata [5]	30
Gambar 3. 8 Perintah Konversi Data Pada Anaconda Prompt [5]	30
Gambar 3. 9 Hasil Konversi Menggunakan Anaconda Prompt [5]	31
Gambar 3. 10 Tampilan Pengukuran Nilai Pulsa Pada Picoscope	31
Gambar 3. 11 Identifikasi Perubahan Nilai Pulsa Pada Saat Pembentukan Lembah PNBE	32
Gambar 3. 12 Identifikasi Waktu dalam Menentukan Panjang Durasi Pulsa	32
Gambar 3. 13 Parameter Penentuan Karakteristik NBE	34
Gambar 3. 14 Flow Chart Pemrograman Python Pengembangan Model K-Nearest Neighbor.....	38
Gambar 3. 15 Flow Chart Pemrograman Algoritma Penelitian	39

Gambar 4. 1 Pencitraan Satelit Himawari IR-8 Enhanced (a) 27 Januari 2020 pukul 23.00, (b) 28 Januari 2020 pukul 18.38, (c) 29 Januari 2020 pukul 18.20, dan (d) 30 Januari 2020 pukul 13.50.....	41
Gambar 4. 2 Merupakan suatu gelombang Positive NBE dengan nomor petir 61710, memiliki durasi 45,27 μ s.....	42
Gambar 4. 3 Merupakan suatu gelombang Positive NBE dengan nomor petir 62628, memiliki durasi 23,93 μ s.....	43
Gambar 4. 4 Histogram Rise Time.....	44
Gambar 4. 5 Histogram Zero Crossing Time	44
Gambar 4. 6 Histogram Full Width at Half Maximum	45
Gambar 4. 7 Histogram Rasio Overshoot Peak Amplitude	45
Gambar 4. 8 Histogram Pulse Duration	46
Gambar 4. 9 Histogram perbandingan jumlah kilatan petir NBE	47
Gambar 4. 10 Histogram Perbandingan Rise Time.....	48
Gambar 4. 11 Histogram Perbandingan Zero Crossing Time	49
Gambar 4. 12 Histogram Perbandingan Full Width at Half Maximum	49
Gambar 4. 13 Histogram Perbandingan Rasio Overshoot Peak Amplitude.....	50
Gambar 4. 14 Histogram Perbandingan Pulse Duration	51
Gambar 4. 15 Persentase Validitas Data NBE dengan Peneliti Sebelumnya	52
Gambar 4. 16 Hasil Confusin Matrix	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Literatur Penelitian.....	21
Tabel 4. 1 Hasil Data Total Gelombang Petir.....	41
Tabel 4. 2 Keterangan Grafik Pada Perbandingan Data Penelitian.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia dikenal karena memiliki iklim tropis dikarenakan Indonesia berada pada garis katulistiwa yang menyebabkan Indonesia hanya memiliki dua musim sepanjang tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Saat memasuki musim penghujan ada beberapa fenomena alam yang memiliki potensi tinggi untuk terjadi seperti hujan disertai badai, angin yang bertiup kencang dan petir.

Petir adalah fenomena alam berupa loncatan listrik raksasa yang terjadi di atmosfer, biasanya antara awan-awan atau antara awan dan permukaan bumi. Proses ini terjadi akibat perbedaan muatan listrik yang cukup besar di dalam awan atau antara awan dan tanah. Ketika muatan tersebut cukup besar, udara yang sebelumnya bersifat isolator berubah menjadi konduktor, sehingga memungkinkan arus listrik mengalir. Hal ini menghasilkan cahaya terang yang disebut kilat, diikuti oleh seara gemuruh yang disebut guntur.

Petir dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristik dan proses pembentukannya. Berikut adalah beberapa jenis petir yang umum seperti *Cloud to Ground Lightning (CG-Flash)* adalah jenis petir yang terjadi ketika muatan listrik berpindah dari awan ke tanah. Proses ini biasanya dimulai dengan pembentukan muatan listrik di dalam awan, di mana daerah dengan muatan positif dan negatif terpisah. Ketika perbedaan muatan ini cukup besar, terjadi pelepasan energi dalam bentuk kilatan petir yang menjangkau tanah. *Intra-Cloud Flash (IC-Flash)* adalah jenis petir yang terjadi di dalam awan tanpa menyentuh tanah. Proses ini melibatkan pemindahan muatan listrik antara daerah dengan muatan positif dan negatif di dalam awan yang sama. Petir ini biasanya terjadi dalam bentuk kilatan

yang cepat dan dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik yang terdeteksi oleh alat pengukur. *Narrow Bipolar Events* (NBE) adalah jenis petir yang ditandai dengan pelepasan muatan listrik yang sangat cepat dan memiliki bentuk gelombang elektromagnetik yang sempit. NBE biasanya terjadi di dalam awan dan dapat dibedakan menjadi dua polaritas: positif dan negatif. NBE juga sering kali terkait dengan fenomena petir lainnya dan dapat menghasilkan radiasi elektromagnetik yang kuat di frekuensi tinggi [1].

Alat pendeteksi petir bekerja dengan menggunakan sensor yang dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh petir. Sensor, biasanya dalam bentuk antena, menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh petir. Sinyal ini dapat berupa gelombang radio dalam rentang frekuensi yang berbeda, termasuk *VHF* (*Very High Frequency*) dan *UHF* (*Ultra High Frequency*). Setelah sinyal ditangkap, alat ini akan menganalisis variasi frekuensi dan amplitudo dari sinyal tersebut. Proses ini sering melibatkan transformasi Fourier untuk mendapatkan spektrum frekuensi dari sinyal yang diterima. Dengan menganalisis spektrum, alat dapat mengidentifikasi karakteristik dari peristiwa petir, seperti kekuatan dan lokasi petir. Misalnya, pengukuran dari *Narrow Bipolar Events* (NBE) dapat memberikan informasi tentang medan listrik yang mendorong perkembangan streamer selama peristiwa petir [2].

Untuk dapat menganalisis spektrum yang dihasilkan oleh petir perlu untuk mengelompokkan atau mengklasifikasikan jenis-jenis petir yang didapatkan oleh alat pendeteksi petir. Cluster merupakan sekumpulan data yang memiliki karakteristik serupa, sementara titik-titik yang tergolong dalam cluster yang berbeda cenderung memiliki perbedaan yang lebih mencolok. Terdapat sejumlah metode untuk pengelompokan yang memanfaatkan algoritme dasar yang berbeda guna mengelompokkan titik-titik data berdasar pada kesamaan mereka, contohnya Linear regression, Decision trees, K-Nearest Neighbors dan lain sebagainya. Masing-masing metode ini membawa keuntungan dan kerugian tersendiri dan harus dipilih dengan teliti sesuai dengan tujuan penggunaan dan sifat data tersebut [3].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rendiyansah [4], karakteristik *NBE* pada penelitian ini memiliki durasi sambaran yang lebih panjang untuk *Rise Time*, *Zero Crossing Tim*, *Full Width at Half Maximon* dan *Overshoot Peak Amplitude Ratio* di wilayah selatan yang dekat dengan garis khatulistiwa. Namun *Pulse Duration NBE* lebih pendek jika dibandingkan dengan wilayah utara yang dekat dengan garis khatulistiwa. Selain itu pada daerah sub tropis semakin tinggi derajat lintang pada suatu daerah maka semakin tinggi pula durasi *NBE* yang terjadi.

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan oleh Satria Sadam Husein [5], karakteristik *NBE* pada penelitian ini memiliki durasi sambaran yang lebih panjang untuk *Positive Narrow Bipolar Events (PNBE)* dibandingkan dengan *Negative Narrow Bipolar Events (NNBE)*. Sedangkan untuk *Rise Time*, *Zero Crossing Tim*, *Full Width at Half Maximon* dan *Overshoot Peak Amplitude Ratio* pada penelitian ini memiliki kesaamaan dengan penelitian sebelumnya yakni untuk durasi sambarannya lebih panjang dan durasi pulse nya lebih pendek jika dibandingkan dengan wilayah utara khatulistiwa.

1.2. Perumusan Masalah

NBE memiliki karakteristik yang sangat menarik untuk diteliti, diidentifikasi dan dianalisa lebih lanjut, karena jenis petir ini termasuk dalam salah satu jenis petir *Intra Cloud (IC-Flash)* yang terjadi ketika badai petir di awan sedang berlangsung.

Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan oleh Rendiyansah [4], Dari 12908 rekaman petir yang dikumpulkan, hanya 2545 yang dapat dianalisis, dengan 2545 data *NBE* terdiri dari 2306 data *PNBE* dengan ketepatan 94% dan 239 data *NNBE* dengan ketepatan 76%. Gelombang dengan panjang lebih dari 15 μs dipilih untuk mengidentifikasi *NBE* melalui isolasi temporal dan proses discharge dalam catatan 1 μs .

Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan oleh Satria Sadam Husein [5], Dari 12908 rekaman petir yang dikumpulkan , hanya 2417 yang dapat dianalisis, dengan 2417 data *NBE* terdiri dari 2204 data *PNBE* dengan ketepatan 95% dan 213 data *NNBE* dengan ketepatan 86%. Gelombang dengan panjang lebih dari 15 μ s dipilih untuk mengidentifikasi *NBE* melalui isolasi temporal dan proses discharge dalam catatan 1 μ s.

Berbagai jenis gelombang petir, dari *Cloud to Ground Flash (CG-Flash)* hingga *Cloud Flash*, ditemukan dalam data rekaman dua penelitian sebelumnya yang menggunakan antena plat paralel. Sampai saat ini, belum ada penelitian yang mengklasifikasikan data rekaman petir yang dihasilkan menggunakan pemrograman Python menggunakan metode pengajaran mesin K-Nearest Neighbor (KNN).

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengklasifikasi data rekaman petir *NBE* dengan jenis petir lainnya yang terekam di wilayah Palembang dengan jarak sambar kurang dari 30 km pada bulan Januari 2020 menggunakan pemrograman Python.
2. Untuk melakukan perbandingan dengan dua penelitian sebelumnya agar dapat ditemukan metode yang paling efektif dalam mengklasifikan petir *NBE*

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun lingkup kerja pada penelitian ini adalah:

1. Data rekaman petir yang diklasifikasikan adalah data *NBE* yang didapat dari hasil keseluruhan rekaman petir.

2. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Time dan Channel A yang didapat dari rangkaian penyangga fast-field.
3. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman Python.
4. Format file yang digunakan dalam penelitian ini adalah *format Comma Separated Values (csv)*.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan penelitian ini terdapat beberapa hal yang harus disusun sesuai dengan sistematika penulisan yang terdiri atas lima bab yang tersusun secara sistematis. Dengan bertujuan agar penelitian dapat lebih terstruktur rapi. Kelima bab tersebut antara lain sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Dalam pendahuluan ini, terdapat latar belakang masalah, tujuan penulisan, rumusan masalah dan ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka ini membahas teori-teori yang mempengaruhi penelitian petir, kilatan petir NBE dan klasifikasi pemrograman Python.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, peralatan yang digunakan, proses pengambilan data, dan metode pengolahan data yang terkait dengan pengamatan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan membahas hasil penelitian NBE dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Disini juga membandingkan data dengan penelitian sebelumnya dan melakukan uji validasi hasil klasifikasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mengevaluasi temuan penelitian yang dibahas di BAB IV dan menyarankan langkah-langkah yang dapat diambil untuk memperluas penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Liu *et al.*, “Observations of Blue Discharges Associated With Negative Narrow Bipolar Events in Active Deep Convection,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 45, no. 6, pp. 2842–2851, 2018, doi: 10.1002/2017GL076207.
- [2] N. Liu *et al.*, “Understanding the Radio Spectrum of Thunderstorm Narrow Bipolar Events,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 124, no. 17–18, pp. 10134–10153, 2019, doi: 10.1029/2019JD030439.
- [3] S. Badillo *et al.*, “An Introduction to Machine Learning,” *Clin. Pharmacol. Ther.*, vol. 107, no. 4, pp. 871–885, 2020, doi: 10.1002/cpt.1796.
- [4] RENDIYANSAH, “PEMBUATAN ALGORITMA DAN PEMROGRAMAN PYTHON UNTUK MENGLASIFIKASIKAN GELOMBANG NARROW BIPOLAR EVENTS DI WILAYAH PALEMBANG,” Sriwijaya University, 2021.
- [5] SATRIA SADAM HUSEIN, “KLASIFIKASI GELOMBANG NARROW BIPOLAR EVENT DI WILAYAH PALEMBANG MENGGUNAKAN METODE NAÏVE BAYES,” University of Sriwijaya, 2023.
- [6] T. Lavigne, C. Liu, and N. Liu, “How Does the Trend in Thunder Days Relate to the Variation of Lightning Flash Density?,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 124, no. 9, pp. 4955–4974, 2019, doi: 10.1029/2018JD029920.
- [7] “Geophysical Research Letters - 2020 - Zhu - A Machine-Learning Approach to Classify Cloud-to-Ground and Intracloud.pdf.”
- [8] F. Lyu, S. A. Cummer, Z. Qin, and M. Chen, “Lightning Initiation Processes Imaged With Very High Frequency Broadband Interferometry,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 124, no. 6, pp. 2994–3004, 2019, doi: 10.1029/2018JD029817.
- [9] Z. Lubis, S. Aryza, and S. Annisa, “Metode Terbaru Perancangan Proteksi

- Petir Eksternal Pada Pembangkit Listrik,” *J. Electr. Technol.*, vol. 1099, pp. 26–34, 2019.
- [10] C. Sterpka *et al.*, “The Spontaneous Nature of Lightning Initiation Revealed,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 48, no. 23, pp. 1–6, 2021, doi: 10.1029/2021GL095511.
- [11] A. V. Gurevich, Y. V. Medvedev, and K. P. Zybin, “New type discharge generated in thunderclouds by joint action of runaway breakdown and extensive atmospheric shower,” *Phys. Lett. Sect. A Gen. At. Solid State Phys.*, vol. 329, no. 4–5, pp. 348–361, 2004, doi: 10.1016/j.physleta.2004.06.099.
- [12] A. K. Mishra, “Remote-sensing monitoring of a cloudburst event in north India,” *Remote Sens. Lett.*, vol. 11, no. 4, pp. 383–387, 2020, doi: 10.1080/2150704X.2020.1723170.
- [13] L. B. LOEB, “The mechanism of lightning,” *Sci. Am.*, vol. 180, no. 2, pp. 22–27, 1949, doi: 10.1038/scientificamerican0249-22.
- [14] W. I. Ibrahim, M. R. Ghazali, S. A. Ghani, and Z. A. Malek, “Measurement of vertical electric fields from lightning flashes using parallel plate antenna,” *InECCE 2011 - Int. Conf. Electr. Control Comput. Eng.*, no. June, pp. 466–471, 2011, doi: 10.1109/INECCE.2011.5953927.
- [15] 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, 2014, doi: 10.1016/j.atmosres.2013.11.019.
- [16] M. Stock, J. Tilles, G. B. Taylor, J. Dowell, and N. Liu, “Lightning Interferometry with the Long Wavelength Array,” *Remote Sens.*, vol. 15, no. 14, pp. 1–20, 2023, doi: 10.3390/rs15143657.
- [17] R. Su, F. Wang, J. Wang, L. Cai, J. Cao, and J. Wang, “Three types of bidirectional leader development in triggered lightning flashes,” *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-32003-x.
- [18] G. D. Moss, V. P. Pasko, N. Liu, and G. Veronis, “Monte Carlo model for analysis of thermal runaway electrons in streamer tips in transient luminous events and streamer zones of lightning leaders,” *J. Geophys. Res. Sp. Phys.*, vol. 111, no. 2, pp. 1–37, 2006, doi: 10.1029/2005JA011350.

- [19] H. Petir, S. Geofisika Denpasar, B. M. Klimatologi, and D. Geofisika, "RELATION BETWEEN CG LIGHTNING AND RAINFALL IN DENPASAR USING SPEARMAN CORRELATION AND RAIN-YIELD PER FLASH VALUE I Putu Dedy Pratama dan Ika Sulfiana Putri," pp. 89–101.
- [20] S. R. Sharma, V. Cooray, and M. Fernando, "Isolated breakdown activity in Swedish lightning," *J. Atmos. Solar-Terrestrial Phys.*, vol. 70, no. 8–9, pp. 1213–1221, 2008, doi: 10.1016/j.jastp.2008.03.003.
- [21] A. Y. Kostinskiy, T. C. Marshall, and M. Stolzenburg, "The Mechanism of the Origin and Development of Lightning From Initiating Event to Initial Breakdown Pulses (v.2)," *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 125, no. 22, pp. 1–30, 2020, doi: 10.1029/2020JD033191.
- [22] D. M. Le Vine, "Sources of the strongest RF radiation from lightning," *J. Geophys. Res. Ocean.*, vol. 85, no. C7, pp. 4091–4095, 1980, doi: 10.1029/jc085ic07p04091.
- [23] I. Mokhov and A. Krivolutsky, *Meteorology and Atmospheric Sciences 2015–2018*. 2019.
- [24] F. Liu *et al.*, "Optical emissions associated with narrow bipolar events from thunderstorm clouds penetrating into the stratosphere," *Nat. Commun.*, vol. 12, no. 1, 2021, doi: 10.1038/s41467-021-26914-4.
- [25] S. Bandara, T. Marshall, S. Karunarathne, N. Karunarathne, R. Siedlecki, and M. Stolzenburg, "Characterizing three types of negative narrow bipolar events in thunderstorms," *Atmos. Res.*, vol. 227, no. May, pp. 263–279, 2019, doi: 10.1016/j.atmosres.2019.05.013.
- [26] R. J. Thomas, P. R. Krehbiel, T. Hamlin, J. Harlin, and D. Shown, "Observations of VHF source powers radiated by lightning," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 28, no. 1, pp. 143–146, 2001, doi: 10.1029/2000GL011464.
- [27] W. Rison *et al.*, "Observations of narrow bipolar events reveal how lightning is initiated in thunderstorms," *Nat. Commun.*, vol. 7, 2016, doi: 10.1038/ncomms10721.
- [28] S. Karunarathne, T. C. Marshall, M. Stolzenburg, and N. Karunarathna,

- “Journal of geophysical research,” *Nature*, vol. 175, no. 4449, p. 238, 1955, doi: 10.1038/175238c0.
- [29] J. C. Willett, J. C. Bailey, and E. P. Krider, “A class of unusual lightning electric field waveforms with very strong high-frequency radiation,” *J. Geophys. Res.*, vol. 94, no. D13, 1989, doi: 10.1029/jd094id13p16255.
- [30] N. Azlinda Ahmad *et al.*, “The first electric field pulse of cloud and cloud-to-ground lightning discharges,” *J. Atmos. Solar-Terrestrial Phys.*, vol. 72, no. 2–3, pp. 143–150, 2010, doi: 10.1016/j.jastp.2009.11.001.
- [31] A. D. Praba and M. Safitri, “Studi Perbandingan Performansi Antara Mysql Dan Postgresql,” *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 88–93, 2020, doi: 10.31294/jki.v8i2.8851.
- [32] A. Saifudin, “Metode Data Mining Untuk Seleksi Calon Mahasiswa,” vol. 10, no. 1, pp. 25–36, 2018.
- [33] G. J. J. van den Burg, A. Nazábal, and C. Sutton, “Wrangling messy CSV files by detecting row and type patterns,” *Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 33, no. 6, pp. 1799–1820, 2019, doi: 10.1007/s10618-019-00646-y.
- [34] C. Z. Rino Micheloni, *Machine_Learning_and_Non_volatile_Memori*, 1st ed. 20. Springer Nature, 2022.
- [35] I. A. Fathoni, “Implementasi Peringkasan Teks Otomatis Dengan Algoritma Textrank Untuk Berita Online,” *Repository.Uinjkt.Ac.Id*, 2023, [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/72960>
- [36] J. F. Pimentel, L. Murta, V. Braganholo, and J. Freire, “A large-scale study about quality and reproducibility of jupyter notebooks,” *IEEE Int. Work. Conf. Min. Softw. Repos.*, vol. 2019-May, pp. 507–517, 2019, doi: 10.1109/MSR.2019.00077.
- [37] K. Neighbor *et al.*, “Klasifikasi Penentuan Pengajuan Kartu Kredit Menggunakan,” vol. 22, no. 1, pp. 73–82, 2020.
- [38] L. F. M. Dong, Z. Baoyou, M. Ming, and L. Peng, “Characteristics of narrow bipolar events,” *2016 33rd Int. Conf. Light. Prot. ICLP 2016*, no. August, 2016, doi: 10.1109/ICLP.2016.7791483.