

**IMPLEMENTASI METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS
DALAM MENGANALISIS KERAWANAN SAMBARAN PETIR
(Studi Kasus : Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)**

SKRIPSI

**OLEH
HELMALIA ALFIDHA LOVTYAJI
NIM. 18610046**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**IMPLEMENTASI METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS
DALAM MENGANALISIS KERAWANAN SAMBARAN PETIR
(Studi Kasus : Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
Helmalia Alfidha Lovtyaji
NIM. 18610046**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

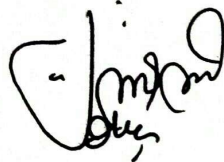
**IMPLEMENTASI METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS
DALAM MENGANALISIS KERAWANAN SAMBARAN PETIR
(Studi Kasus : Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)**

SKRIPSI

**Oleh
Helmalia Alfidha Lovtyaji
NIM. 18610046**

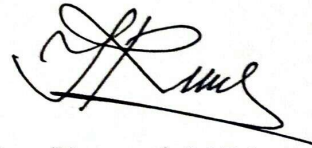
Telah Disetujui Untuk Diuji
Malang, 15 September 2022

Dosen Pembimbing I



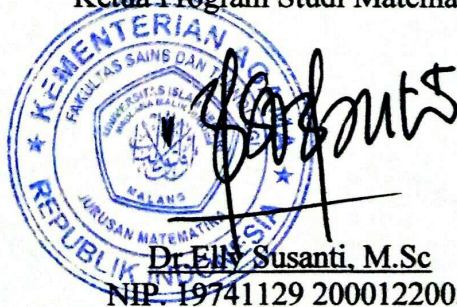
Ria Dhea Layla N. K., M.Si
NIDT. 19900709 20189201 2 228

Dosen Pembimbing II



Erna Herawati, M.Pd
NIDT. 19760723 20180201 2 222

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Ely Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 2000122005

**IMPLEMENTASI METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS
DALAM MENGANALISIS KERAWANAN SAMBARAN PETIR
(Studi Kasus : Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)**



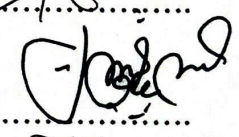

SKRIPSI

**Oleh
Helmalia Alfidha Lovtyaji
NIM. 18610046**



Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 29 September 2022

Penguji Utama : Fachrur Rozi, M.Si
Anggota Penguji I : Angga Dwi Mulyanto, M.Si
Anggota Penguji II : Ria Dhea Layla N. K, M.Si
Anggota Penguji III : Erna Herawati, M.Pd


.....

.....

.....

.....

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Helmalia Alfidha Lovtyaji

NIM : 18610046

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Implementasi Metode *Principal Component Analysis* dalam Menganalisis Kerawanan Sambaran Petir

(Studi Kasus : Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Helmalia Alfidha Lovtyaji

NIM. 18610046

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

وَلَسَوْفَ يُعْطِيكَ رَبُّكَ فَتَرْضَىٰ

“And surely what comes after is better for you than that which has gone before”

(QS. Adh- Dhuha [93:5])

Kepada mereka, cinta yang membangun asa dan doa yang memberi makna:

Ayah, Ibu, Adik, dan Tuan yang sedang menunggu di sana.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur senantiasa kita panjatkan kepada Allah Swt. atas limpahan rahmat, ridha dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul “Implementasi Metode *Principal Component Analysis* dalam Menganalisis Kerawanan Sambaran Petir (Studi Kasus: Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang Matematika di fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam tak lupa dihaturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi umat.

Penyusunan naskah skripsi ini tidak lepas dari arahan, bimbingan, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc, selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Ria Dhea Layla N.K, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasehat, serta motivasi kepada penulis.
5. Erna Herawati, M.Pd, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan ilmu kepada penulis.
6. Fachrur Rozi, M.Si, selaku ketua penguji yang telah memberikan saran kepada penulis.
7. Angga Dwi Mulyanto, M.Si, selaku anggota penguji I yang telah memberikan saran kepada penulis.
8. Seluruh Dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
9. Kedua orang tua, ayah dan ibu serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, serta motivasi kepada penulis hingga saat ini.

10. Seluruh teman-teman di Program Studi Matematika angkatan 2018.
11. Sekumpulan orang yang penulis sebut “frensku” dan telah menemani penulis dari tujuh tahun lalu. Terima kasih atas pemberian do’a, dukungan dan semangat, serta keyakinan yang telah kalian berikan kepada penulis.
12. *The Last Man Standing*, sembilan lelaki yang kerja kerasnya penulis kagumi dan telah menemani penulis dari satu tahun yang lalu, serta membuat segalanya menjadi lebih baik. Terima kasih atas kebahagiaan dan keceriaan yang selalu kalian berikan selama penulis menyelesaikan tugas akhir.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membacanya. *Aamin Allahumma Aamiin.*

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 16 Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Definisi Istilah	5
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 Statistika Deskriptif	7
2.2 Uji Asumsi Korelasi	9
2.3 <i>Principal Component Analysis</i>	10
2.3.1 <i>Principal Component Analysis</i>	10
2.3.2 Penentuan Banyaknya Komponen Utama	14
2.4 <i>Ellipse Fitting Method</i>	14
2.4.1 Parameterisasi Elips	15
2.4.2 Aplikasi PCA pada Elips	16
2.5 Petir	19
2.6 Kajian Integrasi Petir dengan Quran	23
2.7 Kajian Kerawanan Sambaran Petir dengan Teori Pendukung	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Data dan Sumber Data	26
3.3 Lokasi Penelitian	26
3.4 Teknik Pengumpulan Data	26
3.5 Instrumen Penelitian	27
3.6 Teknik Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Deskripsi Data	29
4.2 Karakteristik Sambaran Petir	32
4.3 Uji Asumsi Korelasi	35

4.4	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	36
4.4.1	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	36
4.4.2	Penentuan Banyaknya Komponen Utama	40
4.5	<i>Ellipse Fitting Method</i>	41
4.6	Kajian Kerawanan Sambaran Petir dalam Pandangan Islam	50
BAB V PENUTUP		53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		58
RIWAYAT HIDUP		67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Tabel Frekuensi	8
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel	30
Tabel 4.2 Vektor Eigen yang Bersesuaian	36
Tabel 4.3 Nilai Eigen, Proporsi Keragaman, dan Nilai Kumulatif Proporsi Keragaman.....	37
Tabel 4.4 Koefisien Komponen Utama.....	38
Tabel 4.5 Data Skor Komponen Utama	41
Tabel 4.6 Penentuan Elips.....	45
Tabel 4.7 Interpretasi Jarak pada Elips	47
Tabel 4.8 Tingkat Kerawanan Sambaran Petir Per Kecamatan	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Penyajian Data pada Peta.....	9
Gambar 2.2	Elips dan Parameterisasinya	15
Gambar 3.1	Flowchart Penelitian	28
Gambar 4.1	Peta Kerapatan Sambaran Petir Pasuruan Tahun 2017-2021	29
Gambar 4.2	Sambaran Petir Perkecamatan di Pasuruan Tahun 2017-2021.....	31
Gambar 4.3	Sambaran Petir Musim Hujan 2017	32
Gambar 4.4	Sambaran Petir Musim Hujan 2018	32
Gambar 4.5	Sambaran Petir Musim Hujan 2019	33
Gambar 4.6	Sambaran Petir Musim Hujan 2020	33
Gambar 4.7	Sambaran Petir Musim Hujan 2021	34
Gambar 4.8	Sambaran Petir Musim Hujan 2017-2021	34
Gambar 4.9	Biplot PCA	39
Gambar 4.10	Scree Plot PCA	40
Gambar 4.11	Ellipse Fitting Method.....	46

DAFTAR SIMBOL

Simbol- simbol yang digunakan pada penelitian ini memiliki makna sebagai berikut.

- \bar{x} : Rata-rata (*mean*)
- s^2 : Ragam
- p : Jumlah variabel asli
- k : Jumlah variabel setelah direduksi
- Σ : Matriks ragam-peragam
- ρ : Matriks korelasi
- γ_p : Vektor eigen ke- p
- λ_p : Nilai eigen ke- p , dimana $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$
- Y_p : Komponen utama ke- p , dengan $p = 1, 2, \dots, p$
- Y_i : Ragam ke- i dari matriks ragam-peragam, dengan $i = 1, 2, \dots, p$
- Y_i, Y_k : Peragam dari matriks ragam-peragam, dengan $i, k = 1, 2, \dots, p \quad i \neq k$
- Z_{ij} : Variabel yang telah dibakukan
- $F_a(x)$: Bentuk vektor jarak aljabar dari titik (x, y) pada kerucut
- \mathbf{a}_i : Vektor eigen yang bersesuaian dengan nilai eigen λ_i
- λ_j, \mathbf{a}_j : Pasangan nilai eigen dan vektor eigen
- \mathbf{a}_k : Vektor eigen yang berpasangan dengan nilai eigen λ_j terkecil
- \mathbf{c} : Vektor *mean*
- \hat{X} : Pemuata X setelah nilai rata-rata (*mean*) \mathbf{c} dihilangkan
- m : Ukuran dimensi matriks
- S : Matriks ragam-peragam pada vektor-vektor m - dimensi
- Λ : Matriks diagonal pada nilai eigen
- V : Matriks yang kolomnya berisi vektor eigen
- a_i : Panjang kedua sumbu, dengan $i = 1, 2$
- z : Nilai- z untuk suatu tingkat α dengan m dan derajat kebebasan $n - m$
- d : Rentang jarak antara titik pusat elips dengan titik data

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data sambaran petir Pasuruan selama musim hujan 2017-2021	58
Lampiran 2 Uji Korelasi Antar Variabel.....	59
Lampiran 3 R Code Principal Component Analysis	60
Lampiran 4 Perhitungan Ellipse Fitting Method menggunakan Ms. Excel	66
Lampiran 5 Hasil Ellipse Fitting Method dengan Ms. Excel.....	66

ABSTRAK

Lovtyaji, Helmalia Alfidha. 2022. **Implementasi Metode *Principal Component Analysis* dalam Menganalisis Kerawanan Sambaran Petir (Studi Kasus: Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ria Dhea Layla N.K., M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

Kata Kunci: *Ellipse Fitting Method*, *Petir Cloud to Ground*, *Principal Component Analysis*

Petir adalah pelepasan muatan listrik berarus tinggi yang terjadi di awan *Cumulonimbus*. Berdasarkan jenis sambarannya petir dibagi menjadi empat yaitu petir IC, AC, CC, dan CG. Petir yang berdampak langsung dan berbahaya bagi kehidupan manusia adalah sambaran petir CG (*Cloud to Ground*). Pasuruan merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan terhadap sambaran petir karena letaknya ada di dataran tinggi diantara pegunungan dan lautan. Di daerah tersebut awan pembentuk petir atau awan *Cumulonimbus* dapat lebih mudah terbentuk. Penentuan daerah rawan sambaran petir diperlukan agar dapat membantu meminimalisir bahaya akibat sambaran petir di daerah tersebut, salah satunya yaitu *Principal Component Analysis (PCA) Confidence Ellipse*. PCA atau Analisis Komponen Utama merupakan sebuah metode untuk mereduksi data berukuran besar (p) yang berkorelasi linear menjadi data berukuran kecil (k) yang bersifat ortogonal. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data kerapatan petir *Cloud to Ground (CG)* di kota dan kabupaten Pasuruan selama musim hujan tahun 2017-2021. Skor komponen utama yang didapatkan dari metode PCA digunakan untuk menentukan parameter-parameter pembentuk elips. Penentuan daerah rawan sambaran petir menggunakan nilai preferensi kerawanan petir yaitu jarak antara titik pusat elips dengan titik data. Melalui hasil dan pembahasan penelitian, diperoleh dua bentuk model PCA dari 28 kecamatan di wilayah Pasuruan dalam *Ellipse Fitting Method*. Berdasarkan tiga tingkatan kerawanan sambaran petir, Kecamatan Lumbang merupakan daerah dengan tingkat kerawanan tinggi dan Kecamatan Gempol merupakan daerah dengan tingkat kerawanan yang sedang. Sedangkan 26 kecamatan lainnya merupakan daerah dengan tingkat rendah terhadap sambaran petir.

ABSTRACT

Lovtyaji, Helmalia Alfidha. 2022. **On The Implementation of Principal Component Analysis Method in Analyzing Lightning Strike Hazard (Case Study: Lightning Strike in Pasuruan City and Regency)**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Ria Dhea Layla N.K., M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

Keywords: Ellipse Fitting Method, Cloud to Ground Lightning, Principal Component Analysis

Lightning is a high-current discharge that occurs in Cumulonimbus clouds. Based on the type of lightning strike, lightning is divided into four, namely IC, AC, CC, and CG lightning. Lightning that has direct impact and is dangerous to human's life is CG (Cloud to Ground) lightning strike. Pasuruan is one of the areas in Indonesia that is vulnerable to lightning strikes because it is located in the highlands between the mountains and the ocean. In these areas lightning-forming clouds or Cumulonimbus clouds can more easily formed. A determination of lightning strike-prone areas is needed in order to help minimize the danger due to lightning strikes in the area. A method to determine areas that are vulnerable to lightning strikes is the Principal Component Analysis (PCA) Confidence Ellipse. PCA is a method to reduce linearly correlated large data (p) to orthogonal small data (k). In this study, the data used is Cloud to Ground (CG) lightning density data in the city and district of Pasuruan during the 2017-2021 rainy season. The principal component scores obtained from the PCA method are used to determine the ellipse-forming parameters. The determination of the lightning strike-prone area uses the lightning vulnerability preference value, which is the distance between the center point of the ellipse and the data point. Through the result and discussion of the research, two PCA models were obtained from 28 sub-districts in the Pasuruan area in the Ellipse Fitting Method. Based on three levels of lightning strike susceptibility, Lumbang District is an area with a high level of vulnerability and Gempol District is an area with a moderate level of vulnerability. While the other 26 sub-districts are areas with low levels of lightning strikes.

مستخلص البحث

لوفتيياجي، هيلماليا الفيداء. ٢٠٢٢. تنفيذ طريقة تحليل المكون الرئيسي (*Principal Component Analysis*) في تحليل قابلية التأثر بضربات الصواعق (دراسة حالة: ضربة صاعقة في مدينة ومقاطعة باسوروان). بحث علمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، بمالانج. المشرفة: (١) ريا ديبا ليلي نور كريسمما، الماجستير، (٢) ايرنا هيراواتي، الماجستير

الكلمات الرئيسية: تحليل المكون الرئيسي (*Principal Component Analysis*) ، طريقة تركيب القطع الناقص (*Ellipse Fitting Method*) ، سحابة إلى برق الأرض (*Cloud to Ground lightning*)

البرق عبارة عن تصريف عالي التيار يحدث في السحب كومولونيمبوس. بناءً على نوع صاعقة البرق، ينقسم البرق إلى أربعة ، وهي IC و AC و CC و CG برق. البرق الذي له تأثير مباشر وخطير على حياة الإنسان هو ضربة صاعقة من نوع (*Cloud to Ground*) CG. باسوروان هي من إحدى المناطق في إندونيسيا المعرضة للصواعق لأنها تقع في المرتفعات بين الجبال والمحيط. في هذه المناطق يمكن أن تشكل السحب المكونة للبرق أو السحب كومولونيمبوس بسهولة أكثر. هناك حاجة إلى تحديد المناطق المعرضة للصواعق من أجل المساعدة في تقليل المخاطر التي تسببها ضربات الصواعق في المنطقة، ومن بينها تحليل المكون الرئيسي قطع ناقص ثقة (*PCA Confidence Ellipse*). تحليل المكون الرئيسي (PCA) هو طريقة لتقليل البيانات الكبيرة (p) التي ترتبط خطياً بالبيانات الصغيرة (k) والتي تكون متعامدة. في هذه الدراسة، البيانات المستخدمة هي بيانات كثافة البرق من السحب إلى الأرض (CG) في مدينة ومنطقة باسوروان خلال موسم الأمطار ٢٠١٧-٢٠٢١. يتم استخدام درجات المكونات الرئيسية التي تم الحصول عليها من طريقة PCA لتحديد معالم تشكيل القطع الناقص. يستخدم تحديد المنطقة المعرضة للصواعق قيمة تفضيل ضعف الصواعق، أي المسافة بين النقطة المركزية للقطع الناقص ونقطة البيانات. من خلال نتائج البحث ومناقشته، تم الحصول على نموذجين PCA من ٢٨ منطقة فرعية في منطقة باسوروان في طريقة القطع الناقص (*Ellipse Fitting Method*) . استناداً إلى ثلاثة مستويات من القابلية للتأثر بضربات الصواعق ، تعد مقاطعة Lumbang منطقة ذات مستوى عالٍ من الضعف ومنطقة Gempol هي منطقة ذات مستوى معتدل من الضعف. وكان ٢٦ مناطق الأخرى هي مناطق ذات مستويات منخفضة من الصواعق.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Petir adalah pelepasan muatan listrik berarus tinggi yang panjang lintasan sambarannya diukur dalam satuan kilometer. Petir terjadi karena pelepasan muatan listrik yang dipisahkan dalam awan *cumulonimbus* (Uman, 1987). Pelepasan muatan pada petir berdasarkan jenis sambarannya dibagi menjadi empat jenis. Pertama adalah pelepasan muatan listrik dari awan ke tanah (*Cloud to Ground/ CG*). Kedua adalah pelepasan muatan dari awan ke awan (*Cloud to Air/ CA*). Ketiga yaitu pelepasan muatan antar awan (*Cloud to Cloud*) dan yang terakhir pelepasan muatan dalam satu awan (*Intracloud/ IC*). Narut, dkk (2018) menyatakan bahwa sambaran petir dari awan ke tanah (*Cloud to Ground/ CG*) adalah jenis petir yang paling berbahaya karena secara langsung dapat mempengaruhi aktivitas manusia.

Sambaran petir ke permukaan tanah dapat menimbulkan kerusakan pada alat-alat elektronik di dalam bangunan, baik sambaran secara langsung ataupun tidak langsung. Sambaran petir secara langsung adalah sambaran yang langsung mengenai benda atau objek di permukaan tanah. Sementara itu, sambaran tidak langsung diartikan sebagai sambaran petir yang terjadi karena induksi elektromagnetik (Zoro, 2010). Sambaran petir seringkali kita jumpai pada musim hujan. Pada musim ini, udara menyimpan kadar air lebih banyak, sehingga kapasitas insulasinya berkurang dan muatan listrik lebih mudah bergerak (Narut dkk, 2018).

Firman Allah SWT yang menerangkan tentang fenomena petir terdapat pada surah An-Nuur (24) ayat 43 yang berbunyi (Departemen Agama RI, 2015):

أَمْ تَرَى أَنَّ اللَّهَ يُرْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ بَيْنَهُ ثُمَّ يُجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خَلِيلِهِ وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ
 مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنِ مَنْ يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ

“*Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menjadikan awan bergerak perlahan, kemudian mengumpulkannya, lalu Dia menjadikannya bertumpuk-tumpuk, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya dan Dia (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran es) itu kepada siapa yang Dia kehendaki dan dihindarkan-Nya dari siapa yang Dia kehendaki. Kilauan kilatnya hampir-hampir menghilangkan penglihatan*” (QS an-Nuur [24]: 43).

Pertumbuhan penduduk yang pesat dan banyaknya pembangunan menyebabkan sebuah wilayah menjadi rawan terhadap sambaran petir. Pasuruan merupakan salah satu wilayah di Jawa Timur yang terletak di dataran tinggi diantara pegunungan dan lautan yang luas. Awan *cumulonimbus* akan mudah terbentuk, lalu berubah menjadi hujan yang terkadang diiringi oleh adanya petir. Pertumbuhan penduduk di Pasuruan juga meningkat setiap tahunnya. Badan Pusat Statistik Kota Pasuruan mencatat besar laju pertumbuhan penduduk Kota Pasuruan dari tahun 2010 sampai 2020 sebesar 1,08% setiap tahunnya, begitu pula dengan pertumbuhan penduduk Kabupaten Pasuruan (Badan Pusat Statistik, 2021). Berdasarkan segi pembangunan, Pasuruan yang dikenal sebagai kota industri merupakan wilayah dengan tingkat pembangunan yang tinggi. Badan Pusat Statistik mencatat adanya peningkatan jumlah lahan yang digunakan untuk pembangunan dari 2016 ke tahun selanjutnya. Pembangunan yang meningkat dikarenakan lebih banyaknya pabrik dan perumahan yang didirikan. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, Pasuruan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki resiko cukup tinggi terhadap sambaran petir.

Principal Component Analysis (PCA) atau Analisis Komponen Utama ditemukan pada tahun 1901 oleh Karl Pearson. Awalnya metode ini hanya

digunakan dalam bidang biologi. Metode ini diteliti kembali oleh Kari Karhunen pada tahun 1947 dan dikembangkan oleh Michel Loève pada tahun 1963. Sehingga, metode ini juga disebut dengan *Karhunen-Loeve transform*. PCA merupakan salah satu alat statistik multivariat yang menentukan komponen utama dari kumpulan data yang menjelaskan jumlah terbesar dari total varians dalam data (Sanderson, 2019). PCA mengubah dimensi data dengan mereduksi sejumlah variabel yang saling berkorelasi untuk membentuk variabel-variabel yang tidak saling berkorelasi atau disebut komponen utama, sehingga dimensi data menjadi lebih kecil namun tetap dapat menjelaskan data secara keseluruhan (Naik, 2017).

Metode-metode pembentukan elips atau *Ellipse Fitting Methods* dikategorikan menjadi dua macam, yaitu metode kuadrat terkecil terbaik (*Least Square Best Fit*) dan *clustering*. Metode kuadrat kecil terbaik (*Least Square Best Fit*) berfokus untuk menemukan satu set parameter yang meminimalkan jarak antara titik data dan elips, sedangkan metode *clustering* lebih *robust* terhadap pencilan (Halir & Flusser, 1998). Namun kedua metode tersebut memiliki beban komputasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, Wijewickrema & Papliński (2005) menyelidiki sebuah ide baru dalam membentuk elips. Wijewickrema & Papliński (2005) menerapkan PCA untuk mewakili gambar objek elips seperti buah, sebagai elips, atau dengan kata lain sebagai perangkat parameter yang mewakili elips. Selain itu, Sanderson (2019) telah menggunakan metode PCA untuk meneliti tentang jarak wilayah yang rawan dan aman terhadap sambaran petir dari batasan elips yang telah dihasilkan. Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan, peneliti akan menerapkan metode PCA dalam pembentukan elips untuk menganalisis daerah rawan terhadap sambaran petir di wilayah Pasuruan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik petir CG di Kota dan Kabupaten Pasuruan?
2. Bagaimanakah model *Principal Component Analysis* pada pembentukan elips dalam pengelompokan daerah rawan sambaran petir CG di Kota dan Kabupaten Pasuruan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik petir CG di Kota dan Kabupaten Pasuruan.
2. Mengetahui model *Principal Component Analysis* pada pembentukan elips dalam mengelompokkan daerah rawan sambaran petir di Kota dan Kabupaten Pasuruan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi penulis
Penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan informasi dan pengetahuan khususnya tentang metode *Principal Component Analysis* serta pengaplikasiannya dalam bidang geofisika.

2. Bagi lembaga

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan kepustakaan dalam pengembangan ilmu pengetahuan matematika khususnya bagi mahasiswa Program Studi Matematika.

3. Bagi instansi pemerintahan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai daerah rawan sambaran petir di wilayah Pasuruan, sehingga dapat menghindari kejadian buruk akibat petir di area tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini perlu dibatasi agar pembahasan tidak meluas dan terarah sesuai yang diinginkan.

1. Data yang digunakan adalah data kerapatan petir CG selama musim hujan yakni bulan Januari, Februari, Maret, April, Nopember dan Desember pada tahun 2017 sampai tahun 2021 di Kota dan Kabupaten Pasuruan.
2. Metode yang digunakan dalam *Ellipse Fitting Methods* adalah *PCA Confidence Ellipse*.
3. Pengelompokan daerah rawan sambaran petir dibatasi berdasarkan kecamatan di Kota dan Kabupaten Pasuruan.

1.6 Definisi Istilah

Machine Learning : Perkembangan dari algoritma komputasi yang dirancang untuk meniru kecerdasan

manusia dengan belajar dari lingkungan sekitarnya.

Unsupervised Learning Approach : Algoritma yang tidak membutuhkan *data training* untuk mengidentifikasi pola pada kumpulan data yang tidak memiliki label.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika adalah cabang ilmu matematika yang menggambarkan data numerik yang dikumpulkan untuk diinterpretasikan oleh pembaca. Statistika deskriptif berfungsi untuk menggambarkan fitur dasar data dalam sebuah penelitian berupa ringkasan sederhana tentang sampel dan pengukurannya (Prof Trochim, 2018). Adam Hayes (2022) menjelaskan bahwa statistika deskriptif dibedakan menjadi dua macam, yaitu ukuran tendensi sentral (pemusatan) dan ukuran dispersi (penyebaran). Ukuran pemusatan data menjelaskan tentang ukuran atau nilai pusat pada kumpulan data dan ukuran dispersi menjelaskan tentang penyebaran atau penyimpangan dari nilai-nilai pusatnya. Rata-rata (*mean*) merupakan salah satu ukuran pemusatan data yang sering digunakan, sedangkan standar deviasi merupakan dua hal yang umum digunakan dalam ukuran dispersi (Prof Trochim, 2018).

1. Rata-rata (*mean*)

Mean adalah nilai rata-rata pada suatu kumpulan data yang diamati.

Mean didefinisikan dengan:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

dimana:

\bar{x} : rata-rata (*mean*)

x_i : data ke- i

n : banyak data

2. Standar Deviasi

Standar deviasi atau simpangan baku menunjukkan dan menunjukkan nilai standar penyimpangan data terhadap nilai rata-rata. Standar deviasi merupakan akar kuadrat dari nilai ragam (*variance*).

Ragam didefinisikan dengan:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2.2)$$

maka, standar deviasi didefinisikan dengan:

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2.3)$$

dimana:

s^2 : Ragam (*Variance*)

s : Standar Deviasi

x_i : Data ke- i

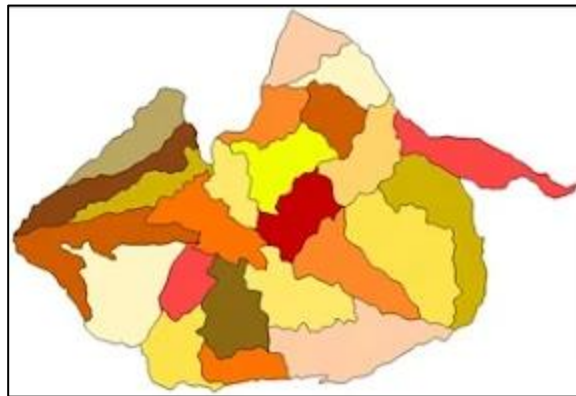
\bar{x} : Rata-rata (*Mean*)

n : Banyak Data

Tabel 2.1 Contoh Tabel Frekuensi

Tim	AB	R	H	HR	RBI
St. Louis	2720	362	775	54	343
Chicago	2542	337	693	74	313
Pittsburgh	2646	346	715	73	313
Philadelphia	2761	356	742	62	335
Cincinnati	2841	361	756	67	339
Montreal	2518	325	660	62	298
Los Angeles	2821	364	725	96	356
Atlanta	2758	364	707	72	334
San Francisco	2711	389	680	72	357
Houston	2773	311	691	32	294
New York	2640	294	652	41	281
San Diego	2825	315	679	53	293

Walpole (1995) mengartikan statistika deskriptif sebagai pengumpulan suatu data yang kemudian disajikan dalam tabel, grafik atau diagram untuk menjelaskan informasi pada data tersebut secara singkat. Tabel 2.1 merupakan ringkasan dari sejumlah data yang dikumpulkan pada sebuah pertandingan bisbol. Para pembaca dapat mengetahui prestasi setiap tim melalui tabel tersebut. Ketika akan mendeskripsikan suatu lokasi atau tempat, data dapat disajikan menggunakan peta seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh Penyajian Data pada Peta

2.2 Uji Asumsi Korelasi

Uji korelasi merupakan suatu alat dalam ilmu statistika untuk mengetahui seberapa besar hubungan (korelasi) linear antara dua variabel bebas secara tepat (Suliyanto, 2011) Uji korelasi Pearson (*Pearson Product Moment Correlation*) merupakan salah satu metode untuk menganalisis kuatnya hubungan antar variabel pada data. Menurut Suliyanto (2011), misalkan terdapat variabel X dan variabel Y , cara untuk menganalisis korelasi menggunakan uji korelasi Pearson yakni sebagai berikut.

Hipotesis:

H_0 : Tidak ada korelasi linear

H_1 : Ada korelasi linear

Statistik uji:

$$r = \frac{\sum dx dy}{\sqrt{\sum dx^2 \sum dy^2}} \quad (2.10)$$

dimana:

$$dx : x - \bar{x}$$

$$dy : y - \bar{y}$$

$$dx^2 : (x - \bar{x})^2$$

$$dy^2 : (y - \bar{y})^2$$

\bar{x} dan \bar{y} merupakan rata-rata dari variabel X dan Y .

Keputusan:

H_0 ditolak, jika $r_{hitung} > r_{tabel}$

Kesimpulan:

Jika hasil keputusan menunjukkan H_0 ditolak atau H_1 diterima, maka kesimpulannya terdapat korelasi linear antara variabel-variabel yang diteliti.

2.3 *Principal Component Analysis*

2.3.1 *Principal Component Analysis*

Principal Component Analysis (PCA) atau Analisis Komponen Utama dapat diartikan sebagai suatu metode dalam menganalisa data multivariat yang menjelaskan struktur ragam-peragam dari kumpulan variabel baru yang diperoleh melalui kombinasi linier dari variabel asal (Johnson & Wichern, 2007). Metode PCA sangat berguna untuk data berukuran besar dan berkorelasi linear. Rachmatin (2015) menjelaskan bahwa PCA mereduksi jumlah variabel p menjadi variabel yang lebih kecil k yang tidak berkorelasi linier dan bersifat ortogonal. Namun, variabel k masih memuat banyak informasi mengenai variabel yang asli p dan

data masih dapat diinterpretasikan dengan baik. Hasil pereduksian tersebut disebut dengan komponen utama (*principal component*). PCA merupakan salah satu metode *machine learning* dengan pendekatan *unsupervised learning approach*, sehingga hanya melibatkan variabel prediktor X_1, X_2, \dots, X_p tanpa variabel respons Y (Balqis, 2021).

Koefisien (*loading factor*) pada komponen utama akan berasosiasi dengan vektor- vektor eigen ($\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$) dari matriks ragam-peragam (Σ) ataupun matriks korelasi (ρ). Johnson & Wichern (2007) menjelaskan formula analisis komponen utama sebagai berikut:

Misalkan terdapat sebuah vektor acak $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ yang memiliki matriks ragam-peragam (Σ) serta memiliki nilai eigen $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, atau dapat ditulis

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A}\mathbf{X}$$

dimana:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_p \end{bmatrix}, \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & \cdots & a_{pp} \end{bmatrix}, \mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix}$$

Maka kombinasi linear yang didapat adalah

$$\begin{aligned} Y_1 &= \mathbf{a}'_1 \mathbf{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= \mathbf{a}'_2 \mathbf{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2p}X_p \\ &\quad \vdots \\ Y_p &= \mathbf{a}'_p \mathbf{X} = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \cdots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (2.4)$$

dimana:

$$a_{p1}^2 + a_{p2}^2 + \cdots + a_{pp}^2 = 1$$

yang memiliki ragam dan peragam sebesar:

$$\text{Ragam}(Y_i) = \mathbf{a}'_i \Sigma \mathbf{a}_i \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2.5)$$

$$\text{Peragam}(Y_i, Y_k) = \mathbf{a}'_i \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{a}_k \quad i, k = 1, 2, \dots, p \quad i \neq k \quad (2.6)$$

Koefisien (*loading factor*) diurutkan secara menurun berdasarkan nilai eigennya ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$). Kherif & Latypova (2019) menjelaskan bahwa komponen utama yang pertama adalah hasil reduksi data asli yang berisi jumlah ragam(Y_1) terbesar dalam data. Komponen utama yang kedua adalah hasil reduksi variabel asli yang menjelaskan jumlah ragam(Y_2) terbesar dalam data yang tidak direduksi oleh komponen utama pertama. Sedangkan setiap komponen utama berikutnya menjelaskan jumlah ragam(Y_i) terbesar yang saling ortogonal terhadap komponen utama sebelumnya, sampai semua matriks data direduksi. Komponen utama yang terakhir memuat ragam(Y_i) terendah dalam data, sehingga komponen utama ini dapat dihilangkan. Akibatnya ukuran data akan menjadi lebih kecil atau dalam kata lain, dimensi data akan menjadi lebih rendah.

$$Y_1 = \mathbf{a}'_1 \mathbf{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$$

Koefisien komponen utama pertama adalah kombinasi linier $\mathbf{a}'_1 \mathbf{X}$ yang memaksimalkan ragam(Y_1) melalui bantuan persamaan *lagrange* dengan kendala $\mathbf{a}'_1 \mathbf{a}_1 = 1$. Ragam komponen utama pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ragam}(Y_1) &= \mathbf{a}'_i \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{a}_i = \boldsymbol{\Sigma}_{k1}^2 = \lambda_1 \\ &= [a_{11} \quad a_{12} \quad a_{13} \quad \dots \quad a_{1p}] \begin{bmatrix} \text{var } X_1 & \text{cov } X_1, X_2 & \text{cov } X_1, X_3 \dots & \text{cov } X_1, X_p \\ \dots & \text{var } X_2 & \text{cov } X_2, X_3 \dots & \text{cov } X_2, X_p \\ \dots & \dots & \text{var } X_3 \dots & \text{cov } X_3, X_p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \text{var } X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ \vdots \\ a_{1p} \end{bmatrix} \\ &\quad (1 \times p) \qquad \qquad \qquad (p \times p) \qquad \qquad \qquad (p \times 1) \end{aligned}$$

dimana λ_1 adalah nilai eigen pertama dan terbesar dari matriks $\boldsymbol{\Sigma}$.

$$Y_2 = \mathbf{a}'_2 \mathbf{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p$$

Koefisien komponen utama kedua tidak berkorelasi linier dan saling ortogonal dengan komponen utama pertama. Kombinasi linier $\mathbf{a}'_2\mathbf{X}$ memaksimalkan ragam(Y_2) melalui bantuan persamaan *lagrange* dengan kendala $\mathbf{a}'_2\mathbf{a}_2 = 1$ dan peragam(Y_1, Y_2) = $\mathbf{a}'_1\mathbf{\Sigma}\mathbf{a}_2 = 0$ atau $\mathbf{a}'_1\mathbf{a}_2 = 0$. Sehingga didapatkan ragam komponen utama kedua yaitu:

$$\text{Ragam}(Y_2) = \mathbf{a}'_2\mathbf{\Sigma}\mathbf{a}_2 = \mathbf{\Sigma}_{k2}^2 = \lambda_2$$

dimana λ_2 adalah nilai eigen kedua.

Komponen utama ke- i , $i = 3, 4, \dots, p$ dengan persamaan *lagrange* berkendala $\mathbf{a}'_i\mathbf{a}_i = 1$ dan peragam (Y_i, Y_k) = 0, akan memaksimalkan ragam (Y_i) dan memperoleh λ_i sebagai nilai eigen ke- i pada matriks $\mathbf{\Sigma}$. Vektor \mathbf{a}_i merupakan vektor eigen yang bersesuaian dengan nilai eigen λ_i (Johnson & Wichern, 2007).

Sementara itu, total ragam populasi yang dijelaskan oleh komponen utama ke- k didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned} \frac{\text{ragam}(Y_i)}{\text{total ragam dari variabel asal}} &= \frac{\lambda_k}{\Sigma_{11} + \Sigma_{22} + \dots + \Sigma_{pp}} \\ &= \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad k = 1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (2.7)$$

Jika dinyatakan dalam besaran persen, maka:

$$\frac{\lambda_k}{\Sigma_{i=1}^p \lambda_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

Sedangkan matriks korelasi (ρ) digunakan jika terdapat perbedaan satuan pengukuran pada variabelnya, sehingga variabelnya perlu dibakukan menjadi:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\Sigma_j} \quad (2.9)$$

2.3.2 Penentuan Banyaknya Komponen Utama

Tujuan dari PCA adalah mereduksi jumlah variabel p menjadi k komponen utama ($k < p$) untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Tiga metode umum untuk menentukan banyaknya k komponen utama yaitu:

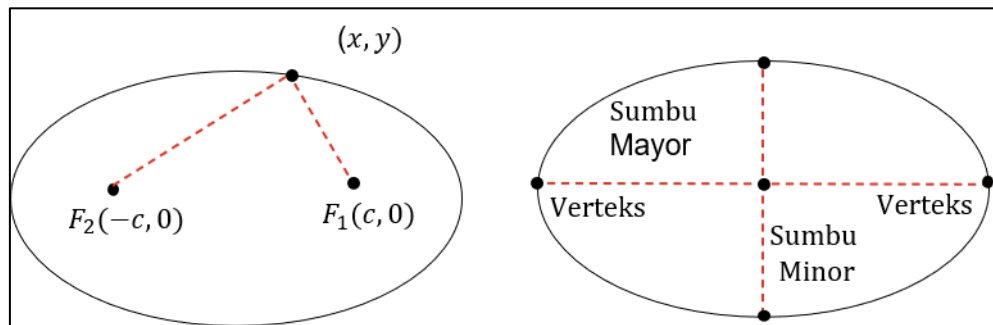
1. Menggunakan nilai kumulatif proporsi keragaman total yang dijelaskan oleh k komponen utama yang mencakup minimal 80% data asli (Johnson & Wichern, 2007).
2. Mengambil k komponen utama yang memiliki nilai eigen lebih dari satu ($\lambda_i \geq 1$) (Hair dkk, 2010).
3. Menggunakan grafik *scree plot*. *Scree plot* adalah sebuah grafik antara nilai eigen λ_i dan k komponen utama. Banyaknya k komponen utama dilihat dari jumlah patahan siku yang terbentuk dalam grafik (Johnson & Wichern, 2007).

2.4 *Ellipse Fitting Method*

Salah satu aspek pada penelitian ini adalah mendefinisikan batas dari daerah-daerah yang rawan petir di Kabupaten dan Kota Pasuruan. Proses ini dilakukan dengan bantuan elips sebagai batasnya. Pada subbab ini akan diuraikan parameterisasi dari elips dan juga metode penempatan elips yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu elips dengan taraf kepercayaan PCA (*Principal Component Analysis*).

2.4.1 Parameterisasi Elips

Elips didefinisikan sebagai himpunan semua titik (x, y) pada sebuah bidang datar, dimana jarak dari dua titik tetap yang berbeda adalah konstan (Sanderson, 2019). Dua titik tetap yang berbeda tersebut disebut titik fokus atau titik api $F_1(c, 0)$ dan $F_2(-c, 0)$. Prof. Mashadi, (2018) mendefinisikan elips sebagai salah satu hasil perpotongan antara suatu bidang dengan sebuah kerucut. Sebuah elips memiliki lima parameter yaitu titik pusat, dua titik verteks, dan dua titik fokus. Pada sebuah bidang, penggambaran elips dapat dipelajari pada Gambar 2.2..



Gambar 2.2 Elips dan Parameterisasinya

Bentuk umum persamaan elips untuk setiap himpunan titik (x, y) didefinisikan sebagai

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0 \quad (2.11)$$

dimana nilai $B^2 - 4AC < 0$. Berdasarkan bentuk umum tersebut, elips dibagi menjadi dua. Jika $A < B$ maka elips horizontal, sedangkan jika $A > B$ maka elips vertikal.

Berdasarkan titik pusatnya persamaan elips dapat didefinisikan sebagai berikut.

1. Persamaan elips yang berpusat di $O(0,0)$

Pada elips yang sumbu utamanya terletak pada atau sejajar sumbu- X , persamaannya adalah

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2.12)$$

dengan nilai $a \geq b$, sedangkan pada elips yang sumbu utamanya terletak pada atau sejajar sumbu- Y persamaannya adalah

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2.13)$$

dengan nilai $a \geq b$.

2. Persamaan elips yang berpusat di $P(\alpha, \beta)$

Jika elips digeser sejauh (α, β) maka akan didapatkan elips yang berpusat di $P(\alpha, \beta)$. Pada elips yang sumbu utamanya terletak pada atau sejajar sumbu- X , persamaannya adalah

$$\frac{(x-\alpha)^2}{a^2} + \frac{(y-\beta)^2}{b^2} = 1 \quad (2.14)$$

dengan nilai $a > b$, sedangkan pada elips yang sumbu utamanya terletak pada atau sejajar sumbu- Y persamaannya adalah

$$\frac{(x-\alpha)^2}{b^2} + \frac{(y-\beta)^2}{a^2} = 1 \quad (2.15)$$

dengan nilai $a < b$.

2.4.2 Aplikasi PCA pada Elips

Salah satu metode statistik multivariat yang diterapkan untuk membentuk sebuah elips adalah PCA. PCA akan membentuk komponen utama yang menjelaskan jumlah varians dalam data. Komponen utama yang pertama berisi jumlah varians terbesar dalam data. Komponen utama yang kedua menjelaskan

jumlah varians terbesar dalam data yang tidak direduksi oleh komponen utama pertama. Sedangkan setiap komponen utama berikutnya menjelaskan jumlah varians terbesar yang ortogonal terhadap komponen utama sebelumnya (Kherif & Latypova 2019).

Wijewickrema & Papliński (2005) menjabarkan langkah-langkah pengaplikasian PCA pada pembentukan elips adalah sebagai berikut.

1. Mencari titik pusat elips

Menentukan titik pusat elips adalah dengan mencari nilai rata-rata (*mean*) pada semua titik data. Vektor *mean* dapat dituliskan dengan $\mathbf{c} = [c_1 \ c_2]$.

Misalkan terdapat himpunan data X yang memuat vektor n dimensi- m

$$X = \begin{bmatrix} x(1) \\ \vdots \\ x(n) \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

dimana $x(k) = [x_1(k) \ \dots \ x_m(k)]$, sehingga \hat{X} pada $\hat{X} = X - \mathbf{c}$ menunjukkan data X setelah nilai rata-rata (*mean*) \mathbf{c} dihilangkan.

2. Menghitung matriks ragam-peragam

Pada data 2 dimensi, ukuran $m = 2$, sehingga ukuran matriks X adalah $n \times 2$ dan memuat semua titik koordinat yang akan digunakan untuk membentuk sebuah elips. Matriks ragam-peragam S pada vektor-vektor m -dimensi digunakan untuk mengukur korelasi antara setiap komponen dan dirumuskan dengan

$$S = \frac{1}{n-1} \hat{X}^T \cdot \hat{X} \quad (2.17)$$

dimana S adalah matriks simetris definit positif dan \hat{X} bukan matriks nol.

Matriks ragam-peragam untuk $m = 2$ dapat dituliskan sebagai berikut.

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

dimana

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n [x_i(k)]^2, \quad i = 1,2 \quad \text{dan}$$

$$\sigma_{12} = \sigma_{21} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n x_1(k) \cdot x_2(k)$$

3. Menghitung vektor eigen dan nilai eigen

Jika matriks ragam-peragamnya sudah terbentuk, maka vektor eigen v dan nilai eigen λ adalah

$$S \cdot v = \lambda \cdot v \quad (2.19)$$

S adalah matriks simetris definit positif, sehingga nilai eigen pada matriks ragam-peragam S adalah real. Persamaan (2.19) dapat dituliskan menjadi

$$S \cdot V = V \cdot \Lambda \quad \text{atau} \quad S = V \cdot \Lambda \cdot V^{-1} \quad (2.20)$$

dimana Λ adalah matriks diagonal pada nilai eigen dan V adalah matriks yang kolomnya berisi vektor eigen. Vektor eigen akan saling ortogonal dan memiliki satuan panjang, maka matriks vektor eigen adalah matriks ortogonal. Oleh karena itu, nilai inversnya sama dengan nilai transposenya seperti pada persamaan 2.21.

$$S = V \cdot \Lambda \cdot V^T \quad (2.21)$$

4. Estimasi pembentukan elips

Berdasarkan proses yang telah dilakukan, akan didapatkan komponen-komponen untuk membentuk elips. Koordinat titik pusat elips telah didapatkan dari rata-rata (*mean*) pada seluruh titik data, sumbu mayor didapatkan dari nilai eigen pertama pada komponen utama pertama, dan

sumbu minor didapatkan dari nilai eigen kedua pada komponen utama kedua. Panjang sumbu mayor dan sumbu minor ditentukan dari nilai eigen masing-masing λ_1 dan λ_2 . Ukuran elips bergantung pada tingkat kepercayaannya. Semakin tinggi tingkat kepercayaannya, maka ukuran elips akan semakin besar.

Panjang kedua sumbu (a_i) dapat dipelajari dalam rumus 2.22.

$$a_i = \sqrt{z \cdot \lambda_i} \quad i = 1, 2 \quad (2.22)$$

dimana z adalah nilai- z untuk suatu tingkat α dengan m dan derajat kebebasan $n - m$.

2.5 Petir

Petir merupakan pelepasan muatan listrik berarus tinggi yang terjadi dalam waktu sementara dan panjang lintasannya diukur dalam satuan kilometer. Petir terjadi karena pelepasan muatan listrik di awan *cumulonimbus*, serta diikuti adanya kilatan cahaya di langit dan suara guruh yang menggelegar (Suprihatin, 2021). Fenomena terjadinya petir dapat dijumpai ketika musim hujan. Namun petir hanya terjadi karena adanya awan *cumulonimbus*, jadi ketika hujan tidak selalu disertai dengan adanya petir.

Pada saat permukaan tanah tidak bermuatan, muatan positif dan muatan negatif yang ada pada atmosfer bumi bergerak secara acak. Awan akan bermuatan ketika muatannya terus bergerak secara teratur. Pada saat terjadi pergerakan tersebut, awan dengan muatan yang sama akan mulai berkumpul di satu titik. Awan bermuatan positif akan berkumpul di sisi atas dan awan bermuatan negatif akan berkumpul di sisi bawah. Jika perbedaan jumlah muatan negatif antara awan dan

bumi sudah cukup besar, maka muatan negatif akan dilepaskan menuju bumi ataupun sebaliknya guna mencapai titik kesetimbangan. Media yang dilalui pada saat pelepasan muatan negatif adalah udara. Pada saat muatan negatif menembus batas isolasi udara terjadilah suara guntur dan kilatan cahaya. Perbedaan waktu antara terjadinya kilatan cahaya dan suara guntur dikarenakan perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya.

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis dengan tingkat curah hujan yang tinggi. Luasnya lautan yang ada di Indonesia juga mengakibatkan terciptanya awan penyebab hujan semakin banyak. Tingginya tingkat curah hujan tersebut mengakibatkan peluang tingginya sambaran petir. Petir merupakan salah satu fenomena alam yang dapat bersinggungan langsung terhadap aktivitas manusia. Satu kali sambaran petir dapat mengeluarkan energi listrik mencapai jutaan volt, sehingga dapat menghancurkan benda-benda yang tersambar. Jenis petir CG bersinggungan langsung terhadap aktivitas manusia karena dapat menyambar gedung, memutus aliran listrik, dan lain-lain. Akibatnya, petir jenis ini dinilai dapat menyebabkan kerugian material atau bahkan menyebabkan kematian.

Tingginya tingkat sambaran petir, membuat Indonesia termasuk sebagai daerah yang rawan terhadap sambaran petir. Sebuah daerah dikatakan rawan terhadap aktivitas sambaran petir berdasarkan tingginya jumlah kejadian sambaran petir, tingginya potensi korban atau kerugian dan juga kepadatan bangunan dalam suatu wilayah (Gunawan & Pandiangan, 2014). Padatnya populasi penduduk juga salah satu hal yang mendasari suatu daerah dikatakan rentan dan rawan terhadap sambaran petir (Umayu & Supardiyono, 2017).

Pembentukan dan proses pengumpulan muatan listrik pada awan terjadi karena berbagai faktor. Kondisi atmosfer yang tidak menentu juga menyebabkan proses menyambarnya petir berbeda-beda. Berger dalam Uman (1987) mengategorikan petir dari awan ke bumi melalui arah pergerakan awan (*upward or downward*) dan bentuk muatan dari leader petir (positif atau negatif). Leader merupakan suatu lidah petir yang mengawali sebuah sambaran petir. Hutagaol, (2009) mengategorikan petir menjadi tiga jenis yaitu berdasarkan polaritas muatan, berdasarkan arah sambaran, dan berdasarkan jenis sambaran.

1. Berdasarkan polaritas muatan.

Muatan positif maupun negatif menentukan kepolaritasan pada petir. Jika petir berasal dari awan bermuatan positif, maka petir juga akan bermuatan positif. Sebaliknya jika petir berasal dari awan bermuatan negatif, maka petir juga akan bermuatan negatif.

2. Berdasarkan arah sambaran.

Berdasarkan arah sambarannya, petir dibagi menjadi dua yaitu *downward* dan *upward*. Petir *downward* adalah petir yang berasal dari awan mengarah ke permukaan bumi. Jika awan bermuatan negatif dan muatan negatif di bumi lebih rendah, maka petir dari awan tersebut akan menyambar ke bumi. Sedangkan petir *upward* adalah petir yang berasal dari bumi menuju ke langit atau biasa disebut petir *Ground to Cloud*. Petir *upward* dapat terjadi ketika konduktor yang memiliki permukaan cukup panjang mengalami induksi elektromagnetik ketika terjadi badai, namun petir ini sangat jarang terjadi (Uman, 1987).

3. Berdasarkan jenis sambaran.

a. Petir *Cloud to Ground* (CG).

Sambaran petir ini merupakan sambaran dari awan langsung ke permukaan tanah. Jenis petir ini merupakan jenis petir yang jarang terjadi namun paling berbahaya dan dapat merusak. Sehingga banyak dilakukan penelitian agar semakin banyak wawasan mengenai bahaya dan dampak yang ditimbulkan. Dampak yang ditimbulkan oleh petir CG antara lain kerusakan alat elektronik, gangguan jaringan komunikasi, bahkan dapat menyebabkan kematian.

b. Petir *Cloud to Cloud* (CC).

Sambaran petir ini merupakan sambaran antar awan. Petir CC terbentuk karena pelepasan muatan listrik yang berlawanan pada awan yang berbeda. Misalkan awan bermuatan negatif melepaskan elektronnya ke awan yang bermuatan positif, begitu juga sebaliknya.

c. Petir *Cloud to Air* (CA).

Sambaran petir CA merupakan sambaran petir dari awan ke udara. Petir CA seringkali terjadi karena adanya interaksi dari awan dan udara yang muatannya berlawanan. Misalkan pelepasan muatan negatif pada awan ke udara dengan muatan positif.

d. Petir *Intercloud* (IC).

Sambaran petir jenis ini merupakan sambaran petir di dalam awan yang sama. Sambaran petir *Intercloud* adalah jenis petir yang sering kita jumpai. Sambaran petir ini berupa kilatan cahaya terang yang menyambar.

2.6 Kajian Integrasi Petir dengan Quran

Petir terjadi karena pelepasan muatan yang berbeda di awan. Petir yang terjadi sebelum maupun saat hujan diterangkan dalam ayat Al-Quran sebagai tanda kebesaran Allah SWT sesuai dalam surah Ar-Ra'd (13) ayat 12 yang berbunyi (Departemen Agama RI, 2015):

هُوَ الَّذِي يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَ وَيُسَبِّحُ الرَّعْدُ بِحَمْدِهِ وَالْمَلَائِكَةُ مِنْ خِيفَتِهِ وَيُرْسِلُ الصَّوَاعِقَ فَيُصِيبُ بِهَا مَنْ يَشَاءُ وَهُمْ يُجَادِلُونَ فِي اللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ الْمِحَالِ

“Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu, yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan mendung. Dan guruh bertasbih memuji-Nya, (demikian pula) para malaikat karena takut kepada-Nya, dan Allah melepaskan halilintar, lalu menimpakannya kepada siapa yang Dia kehendaki, sementara mereka berbantah-bantahan tentang Allah, dan Dia Maha Keras siksaan-Nya.” (QS Ar Ra'd [13]: 12-13).

Adapun tafsir ayat tersebut seperti dijelaskan dalam Tafsir Al-Wajiz yaitu “Kilat, mendung, guruh, dan halilintar merupakan bukti-bukti nyata dari kekuasaan Allah SWT yang Mahakuat dan sangat keras pembalasan-Nya. Allah SWT memperlihatkan kilat untuk memunculkan ketakutan dan kekhawatiran. Ketika melihat kilat, setiap orang khawatir dan takut kepada akibat yang ditimbulkan, seperti membutuhkan penglihatan atau mendatangkan banjir. Juga untuk memunculkan harapan, yakni harapan kepada manfaat air hujan oleh orang-orang yang membutuhkannya untuk mengairi ladang dan pepohonannya. Segala sesuatu yang ada di alam, seperti manusia, binatang, tumbuhan, benda mati, jin, dan malaikat bertasbih memuji Allah SWT. Kilat bertasbih memuji Allah SWT karena takut kepada-Nya oleh sebab keagungan dan kebesaran-Nya. Hal ini merupakan tanda ketundukannya kepada Allah, menyucikan-Nya dari persekutuan dan pengungkapan kelemahan dirinya dibandingkan kekuasaan Penciptanya Yang

Mahaluhur dan Maha Agung. Akan tetapi, manusia tidak memahami dan tidak mengetahui bentuk tasbih makhluk lain selain mereka” (Az-Zuhaili 2014).

Ayat dalam surah tersebut menjelaskan tentang tanda kekuasaan Allah SWT. Segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT ada kalanya dipandang baik karena manfaat yang dihasilkan dan ada kalanya dipandang buruk karena mudharat yang ditimbulkan. Ketika terjadi kilat, para musafir (orang yang bepergian) akan merasa khawatir dan takut disambar petir. Namun, ada pula yang bersyukur ketika terjadi kilat dan diiringi hujan, karena manfaat hujan dapat membuat tanah menjadi subur dan menghilangkan kekeringan.

2.7 Kajian Kerawanan Sambaran Petir dengan Teori Pendukung

Principal Component Analysis digunakan dalam menganalisis wilayah yang rawan sambaran petir di Pasuruan. Data kerapatan petir dikumpulkan dan dipetakan berdasarkan kecamatan dengan bantuan *software* ArcGis 10.8. Selanjutnya data akan dideskripsikan secara statistik untuk mengetahui karakteristik dari sambaran petir di wilayah Pasuruan.

Sebelum direduksi, variabel pada data diuji korelasi antar variabelnya menggunakan uji korelasi Pearson (*Pearson Product Moment Correlation*). Jika variabel pada data telah dinyatakan berkorelasi linear, maka data dapat dianalisis lebih lanjut. Komponen utama pada data didapatkan dengan persamaan (2.4) lalu kemudian menghasilkan Ragam(Y_i) dengan persamaan (2.5) untuk mencari nilai-nilai eigennya. Tingkat kerawanan sambaran petir dikelompokkan berdasarkan kedekatan vektor eigen ($\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$) dan nilai eigen ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) dari komponen-komponen utama yang didapatkan.

Pengaplikasian PCA pada elips dilakukan dengan cara menentukan titik pusat elips (2.16), menghitung matriks ragam-peragam (2.17), menghitung vektor eigen dan nilai eigen (2.20), dan terakhir mengestimasi bentuk elips berdasarkan parameter-parameter yang telah didapatkan. Elips dibentuk dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 0,05$. Penentuan daerah rawan sambaran petir dikategorikan menjadi tiga tingkat, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Daerah rawan sambaran petir ditentukan berdasarkan titik ekstrim atau *extreme points* yang berada diluar batas elips. Susanto (2018) menjelaskan bahwa daerah rawan sambaran petir ditentukan berdasarkan interval tingkat ancaman yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, tingkat ancaman dapat diketahui melalui jarak antara titik pusat elips dengan titik data. Susanto (2018) mendefinisikan interval tingkat ancaman sebagai berikut.

$$I_{\text{ancaman}} = \frac{\Delta d}{3} \quad (2.23)$$

dimana:

I_{ancaman} : Interval tingkat tiap ancaman sambaran petir

Δd : Rentang jarak titik data pada elips

Langkah terakhir yaitu menginterpretasikan hasil *output* yang menjadi daerah rawan sambaran petir di wilayah Pasuruan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif berdasarkan data kuantitatif, yakni data berbentuk angka atau data numerik. Data tersebut digabungkan lalu diolah dan dianalisis untuk diberikan pendapat sesuai dengan teori yang telah dijelaskan.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni data kerapatan petir *Cloud to Ground* (CG) di wilayah Pasuruan. Data kerapatan petir diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kelas II – Tretes, Pasuruan. Data kerapatan petir yang digunakan adalah data selama musim hujan tahun 2017 sampai tahun 2021.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan tempat yang digunakan dalam kegiatan penelitian. Lokasi penelitian yaitu 24 kecamatan di Kabupaten dan 4 kecamatan di Kota Pasuruan.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Memisahkan file .db3 data sambaran petir CG menjadi CG+ dan CG- pada bulan Januari 2017 sampai Desember 2021 dengan bantuan software

NexStorm 1.9 dan dikonversi menjadi data total kerapatan perbulan dengan format .xlsx.

2. Menganalisis hasil konversi data total kerapatan perbulan petir CG+ dan CG- menggunakan bantuan software *ArcGis* 10.8.
3. Mengeksport hasil analisa lanjutan ke dalam format .xlsx.
4. Menampilkan data sambaran petir CG+ dan CG- dengan menggunakan *pivot chart*.
5. Memfilter data menjadi kerapatan petir perbulan dan kecamatan.
6. Mengumpulkan seluruh data bulanan kerapatan petir CG+ dan CG- pada bulan Januari 2017 sampai Desember 2021.

3.5 Instrumen Penelitian

Pada penelitian ini, instrumen atau alat yang digunakan dalam membantu peneliti adalah catatan kejadian petir selama 5 tahun yang diperoleh dari pengolahan data petir di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kelas II – Tretes, Pasuruan dengan bantuan *Lightning Detector*.

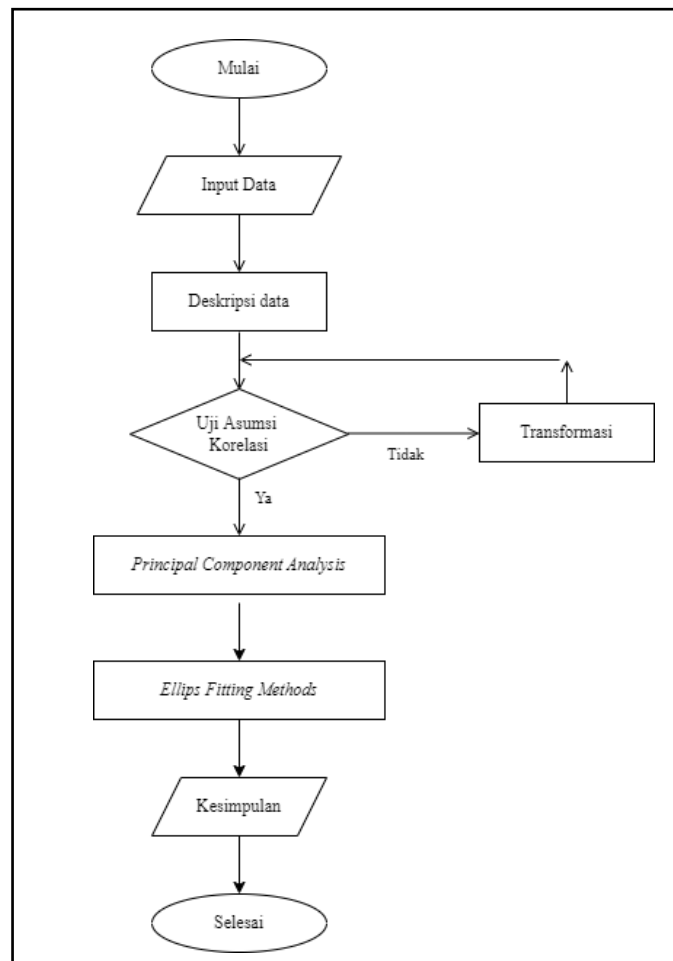
3.6 Teknik Analisis Data

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang akan dianalisis.
 - a. Mengumpulkan data kerapatan petir (.txt) Kabupaten dan Kota Pasuruan pada musim hujan tahun 2017 sampai 2021.
 - b. Memetakan data kerapatan perbulan berdasarkan kecamatan dengan bantuan *software* *ArcGis* 10.8.

2. Melakukan analisis statistika deskriptif terhadap variabel penelitian.
3. Menguji korelasi antar variabel.
4. Mengaplikasikan PCA pada data.
5. Membentuk elips dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha = 0,05$.
6. Mengelompokkan tingkat kerawanan bahaya sambaran petir tiap kecamatan di wilayah Pasuruan menjadi tiga tingkatan.
7. Menarik kesimpulan.

Adapun *flowchart* pada tahapan analisis dari penelitian ini disajikan pada gambar 3.1.

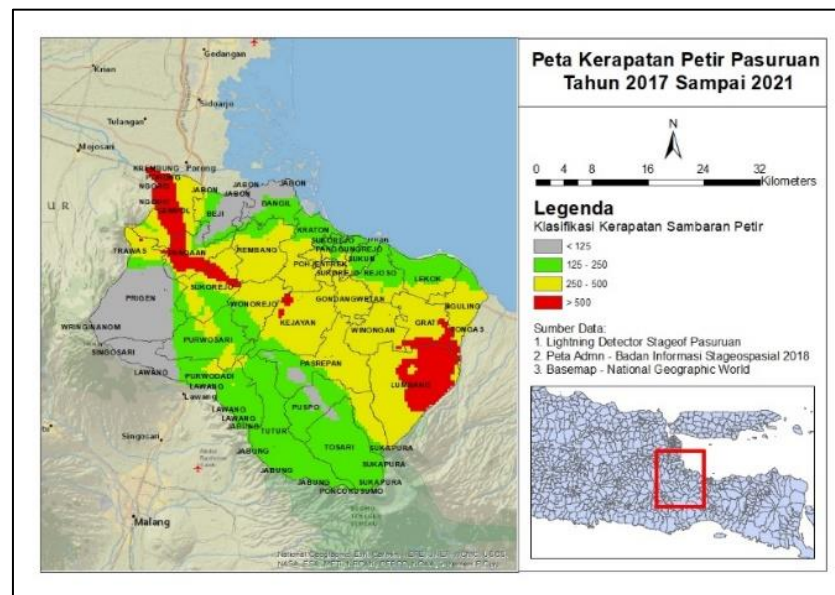


Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Statistika deskriptif berfungsi untuk menggambarkan data penelitian secara umum dan singkat. Hasil analisis statistika deskriptif data kerapatan sambaran petir di Pasuruan dapat dipelajari pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Kerapatan Sambaran Petir Pasuruan Tahun 2017-2021

Berdasarkan peta kerapatan sambaran petir Pasuruan pada gambar 4.1 di atas, terlihat bahwa kerapatan sambaran petir di wilayah Pasuruan sangat beragam. Beberapa kecamatan dengan sambaran petir paling rapat karena terdapat lebih dari 500 sambaran/km². Wilayah tersebut yaitu kecamatan Gempol, kecamatan Pandaan, dan kecamatan Lumbang, serta sebagian kecil wilayah di kecamatan Sukorejo. Sedangkan kecamatan Prigen dan Beji merupakan wilayah dengan tingkat kerapatan sambaran petir yang rendah. Data kerapatan petir kemudian diinterpolasikan untuk mengetahui jumlah sambaran setiap kecamatan dari pada musim hujan tahun 2017 sampai 2021, sehingga terdapat 30 variabel yakni

X_1, X_2, \dots, X_{30} . Keseluruhan data dapat dilihat pada Lampiran 1. Adapun karakteristik pada masing-masing variabel bebas disajikan pada Tabel 4.1.

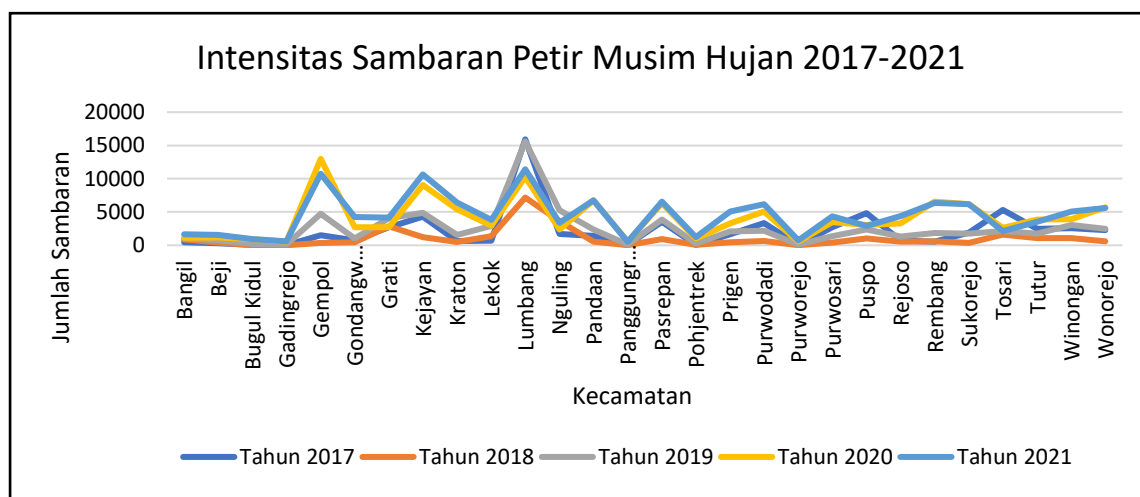
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel

Bulan	N	Mean	Std. Dev	Minimal	Maksimal
Jan – 17	28	305	590	5	3055
Feb – 17	28	1097	1147	5	4824
Mar – 17	28	234,8	451,4	4	2373
Apr – 17	28	199,5	370,5	1	1706
Nop – 17	28	203,9	413,6	1	2077
Des – 17	28	191,8	367,6	0	1884
Jan – 18	28	269,4	444,5	1	2055
Feb – 18	28	336,6	450,8	2	2104
Mar – 18	28	225	260,9	4	1123
Apr – 18	28	92	183,9	0	982
Nop – 18	28	81,5	161,6	0	836
Des – 18	28	25,5	28,9	0	93
Jan – 19	28	209,1	388,4	0	1442
Feb – 19	28	389	721	0	3779
Mar – 19	28	485	647	5	3364
Apr – 19	28	353	569	1	2917
Nop – 19	28	2,5	4,6	0	22
Des – 19	28	1108	1020	101	4097
Jan – 20	28	1092	909	177	4152
Feb – 20	28	565,6	508,7	75	2416
Mar – 20	28	892	769	55	3140
Apr – 20	28	686	636	134	3092
Nop – 20	28	280,6	270,9	13	1041
Des – 20	28	574,3	492	74	1945
Jan – 21	28	451,2	379,8	38	1624
Feb – 21	28	915	728	105	2816
Mar – 21	28	1004	677	114	2916
Apr – 21	28	543	355,3	57	1391
Nop – 21	28	802	665	39	2427
Des – 21	28	828,8	494,7	140	1705

Analisis statistika deskriptif pada Tabel 4.1 menjelaskan bahwa jumlah sambaran petir terbanyak terjadi pada bulan Februari 2017 dengan 4824 sambaran. Sedangkan rata-rata jumlah sambaran perbulan terbanyak terjadi pada bulan Desember 2019 dengan 1108 sambaran. Melalui tabel tersebut, juga dapat diketahui

dari kolom standar deviasi terbesar yaitu 1147 sambaran pada bulan Februari 2017 dan 1020 sambaran pada bulan Desember 2019. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan yang kecil artinya jarak antar sambaran saling berdekatan.

Intensitas sambaran petir selama lima tahun pada 28 kecamatan di Pasuruan dapat dipelajari melalui grafik pada Gambar 4.2.



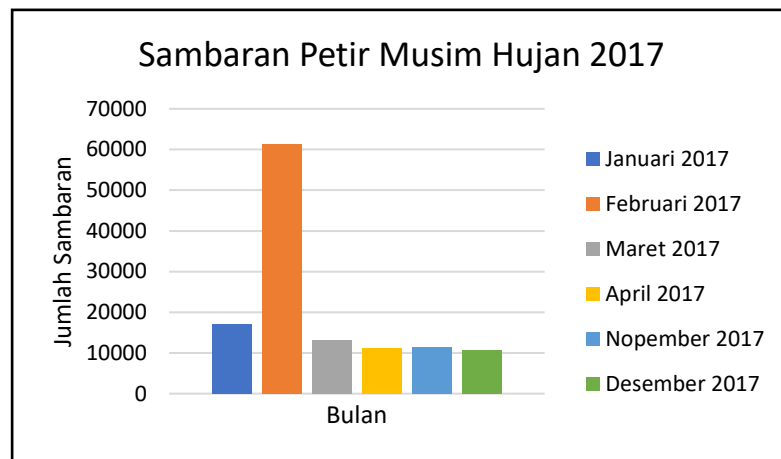
Gambar 4.2 Sambaran Petir Perkecamatan di Pasuruan Tahun 2017-2021

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa intensitas sambaran petir tertinggi terjadi pada tahun 2017 di kecamatan Lumbang dengan 15919 sambaran. Sedangkan intensitas sambaran petir terendah terjadi pada tahun 2018 di kecamatan Gadingrejo dengan 10 sambaran. Selama 5 tahun, kecamatan Lumbang merupakan wilayah dengan total sambaran petir tertinggi yakni dengan 60402 sambaran, dimana rata-rata terjadi sekitar 12080 sambaran tiap tahunnya. Namun, kecamatan Panggungrejo merupakan wilayah dengan total sambaran petir terendah yakni dengan 562 sambaran, dimana rata-rata terdapat sekitar 250 sambaran tiap tahunnya. Selain itu, pada tahun 2021 intensitas sambaran petir pada sebagian besar kecamatan mengalami puncak tertingginya selama lima tahun. Hal ini dikarenakan

intensitas sambaran petir di tahun 2021 merupakan yang paling tinggi dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

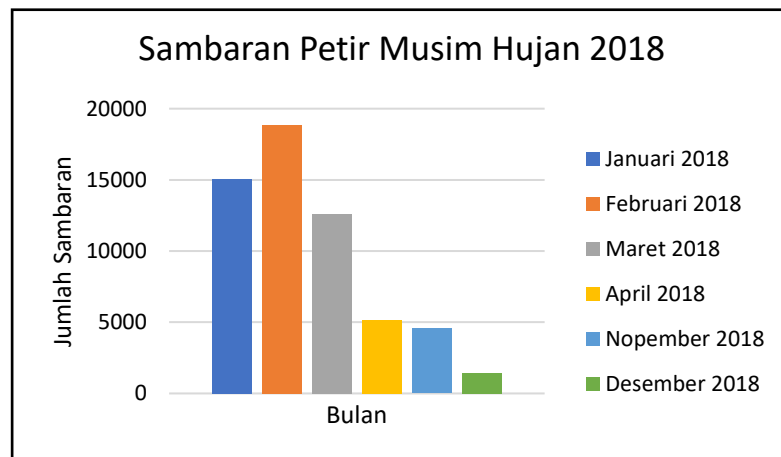
4.2 Karakteristik Sambaran Petir

Karakteristik petir CG dapat dilihat berdasarkan pola naik dan turunnya sambaran petir setiap musim hujan pada tahun 2017 sampai tahun 2021 dari 28 kecamatan di wilayah Pasuruan. Pola sambaran petir akan ditunjukkan pada Gambar 4.3 sampai 4.8.



Gambar 4.3 Sambaran Petir Musim Hujan 2017

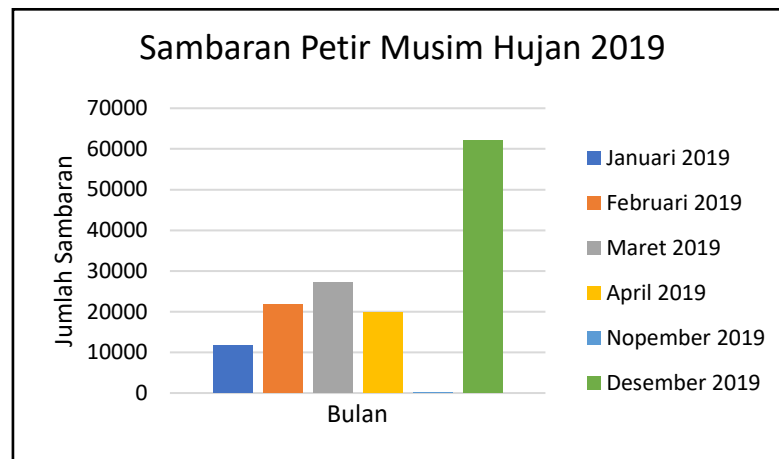
Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa pada tahun 2017 terjadi sebanyak 62501 sambaran petir di wilayah Pasuruan. Sambaran petir terbanyak



Gambar 4.4 Sambaran Petir Musim Hujan 2018

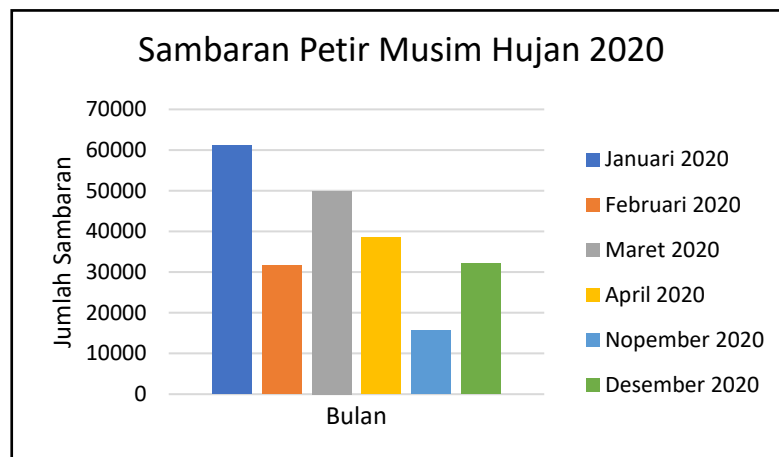
terjadi pada bulan Februari dengan 30710 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada bulan Desember dengan 5370 sambaran.

Berdasarkan gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pada tahun 2018 terjadi sebanyak 28841 sambaran petir di wilayah Pasuruan. Sambaran petir terbanyak terjadi pada bulan Februari dengan 9425 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada bulan Desember dengan 714 sambaran.



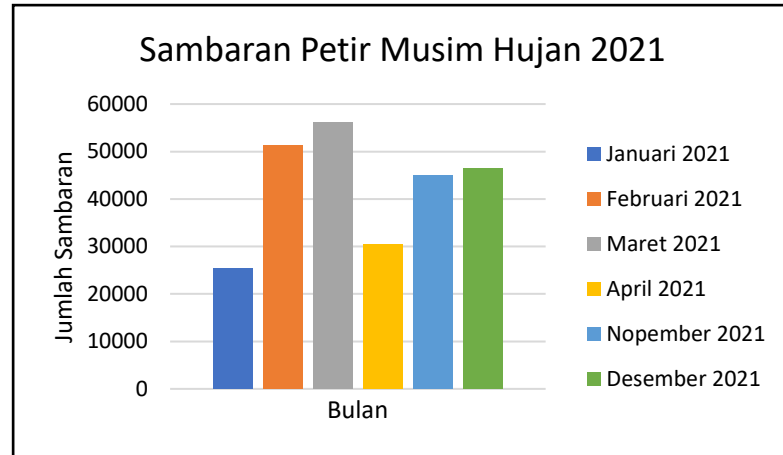
Gambar 4.5 Sambaran Petir Musim Hujan 2019

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa pada tahun 2019 terjadi sebanyak 71295 sambaran petir di Pasuruan. Sambaran petir terbanyak terjadi pada bulan Desember dengan 31016 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada bulan November dengan 69 sambaran.



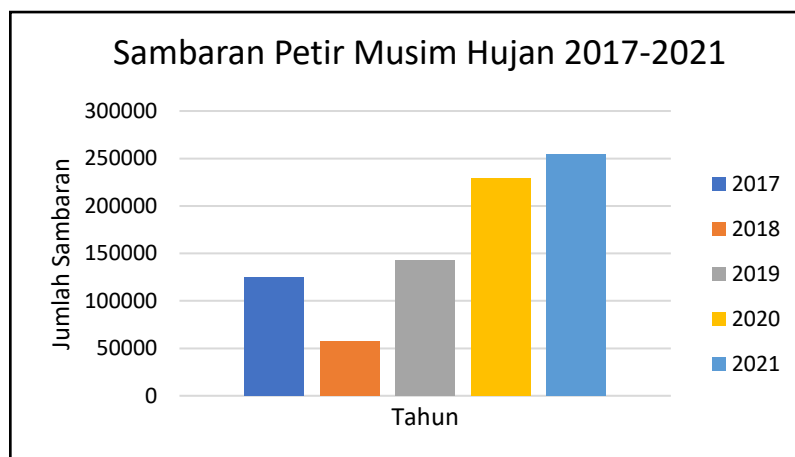
Gambar 4.6 Sambaran Petir Musim Hujan 2020

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pada tahun 2020 terjadi sebanyak 114531 sambaran petir di Pasuruan. Sambaran petir terbanyak terjadi pada bulan Januari dengan 30583 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada bulan Nopember dengan 7857 sambaran.



Gambar 4.7 Sambaran Petir Musim Hujan 2021

Berdasarkan gambar 4.7 diketahui bahwa pada tahun 2021 terjadi sebanyak 127220 sambaran petir di Pasuruan. Sambaran petir terbanyak terjadi di bulan Maret dengan 28100 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada bulan Januari dengan 12634 sambaran.



Gambar 4.8 Sambaran Petir Musim Hujan 2017-2021

Berdasarkan gambar 4.8, sambaran petir di Pasuruan cenderung naik setiap tahunnya. Intensitas sambaran petir meningkat dari tahun 2019 ke tahun berikutnya. Sambaran petir paling banyak terjadi pada tahun 2021 yaitu sebanyak 127220 sambaran dan paling sedikit terjadi pada tahun 2018 dengan 28841 sambaran.

4.3 Uji Asumsi Korelasi

Dunteman (1989) menjelaskan bahwa PCA merupakan suatu metode untuk mereduksi data besar yang saling berkorelasi menjadi data lebih kecil yang tidak saling berkorelasi. Pengujian korelasi data pada penelitian ini menggunakan uji korelasi Pearson. Uji korelasi Pearson memiliki hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada korelasi linear

H_1 : Ada korelasi linear

dimana memiliki kriteria pengujian H_0 ditolak dan H_1 diterima apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$. Hasil uji korelasi Pearson pada variabel data menggunakan persamaan 2.10 secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Berdasarkan uji korelasi dengan taraf signifikansi 5% dan r_{tabel} sebesar 0,388 menunjukkan nilai koefisien korelasi antara X_1 dan X_2 yaitu 0,689, sehingga menolak H_0 dan menerima H_1 . Artinya terdapat korelasi antara jumlah sambaran petir/km² pada bulan Januari 2017 (X_1) dengan jumlah sambaran petir/km² pada bulan Februari 2017 (X_2). Begitu juga dengan korelasi variabel- variabel lainnya. Sehingga variabel pada data terbukti saling berkorelasi linear.

4.4 *Principal Component Analysis (PCA)*

4.4.1 *Principal Component Analysis (PCA)*

PCA atau analisis komponen utama digunakan dalam membentuk elips untuk melihat daerah rawan sambaran petir. Pada penelitian ini, tiga puluh contoh kasus data memiliki pengukuran yang sama, sehingga data tidak perlu distandarisasikan. Keseluruhan data dapat dilihat dalam Lampiran 1. Seluruh perhitungan PCA pada penelitian ini menggunakan bantuan *software R*.

Langkah pertama dalam PCA adalah menghitung matriks ragam-peragam. Matriks ragam-peragam diperlukan untuk mendapatkan nilai eigen dan vektor eigen pada unit data dengan satuan yang sama. Nilai eigen yang diperoleh dari matriks ragam-peragam yang diurutkan dari terbesar sampai terkecil. Pasangan nilai eigen dan vektor eigen yang bersesuaian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Vektor Eigen yang Bersesuaian

Var	a_1	a_2	a_3	...	a_{28}
X_1	-0,2100	-0,1531	-0,0093	...	-0,1128
X_2	-0,2031	0,0503	-0,2410	...	-0,3146
X_3	-0,2082	-0,1417	-0,0379	...	-0,1734
X_4	-0,1912	-0,1671	-0,1467	...	0,3469
X_5	-0,2043	-0,1563	-0,1189	...	-0,3282
X_6	-0,2069	-0,1562	-0,0716	...	-0,0285
X_7	-0,1935	-0,1536	0,2244	...	-0,0468
X_8	-0,1916	-0,1368	0,2695	...	-0,1324
X_9	-0,1834	-0,1573	0,2080	...	-0,2520
X_{10}	-0,2055	-0,1510	0,0099	...	0,1676
...
X_{30}	-0,1395	0,2595	0,0478	...	0,0021

Pada analisis komponen utama terdapat proporsi keragaman total yang menerangkan seberapa besar kontribusi komponen utama yang terbentuk dalam menjelaskan keragaman data. Nilai kumulatif proporsi keragaman total diperoleh dari jumlah kumulatif proporsi ragam dari setiap komponen utama yang terbentuk.

Tabel 4.3 menunjukkan nilai eigen, proporsi keragaman total dan nilai kumulatif keragaman total.

Tabel 4.3 Nilai Eigen, Proporsi Keragaman, dan Nilai Kumulatif Proporsi Keragaman

PC	Analisis Komponen Utama		
	Nilai Eigen	Proporsi Keragaman	Kumulatif Proporsi
1	17,980	0,599	0,599
2	6,944	0,231	0,831
3	2,145	0,071	0,902
4	1,005	0,034	0,936
5	0,745	0,025	0,961
6	0,310	0,010	0,971
7	0,258	0,009	0,980
8	0,187	0,006	0,986
9	0,121	0,004	0,990
10	0,090	0,003	0,993
...
28	-0,000	-0,000	1,000

Hair dkk (2010) menjelaskan pemilihan komponen utama yang digunakan adalah dengan mengambil k komponen utama yang nilai dari nilai eigennya lebih dari satu ($\lambda_i \geq 1$). Pada tabel 4.3 dapat diketahui k komponen utama yang nilai dari nilai eigennya lebih dari satu ($\lambda_i \geq 1$) adalah empat komponen utama. Sedangkan Johnson & Wichern (2007) menjelaskan bahwa proporsi keragaman yang dianggap mewakili total keragaman data adalah k komponen utama dengan nilai kumulatif proporsi keragaman minimal 80%. Pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai kumulatif proporsi keragaman total yang mencakup minimal 80% data asli adalah dua komponen utama.

Berdasarkan koefisien (*loading factor*) yang didapatkan dari vektor eigen masing-masing komponen utama, maka dibentuk dua persamaan komponen utama.

$$Y_1 = -0,2100 x_1 - 0,2031x_2 - 0,2082 x_3 + \dots - 0,1395 x_{30} \quad (4.1)$$

$$Y_2 = -0,1531 x_1 + 0,0503x_2 - 0,1417 x_3 + \dots + 0,2595 x_{30} \quad (4.2)$$

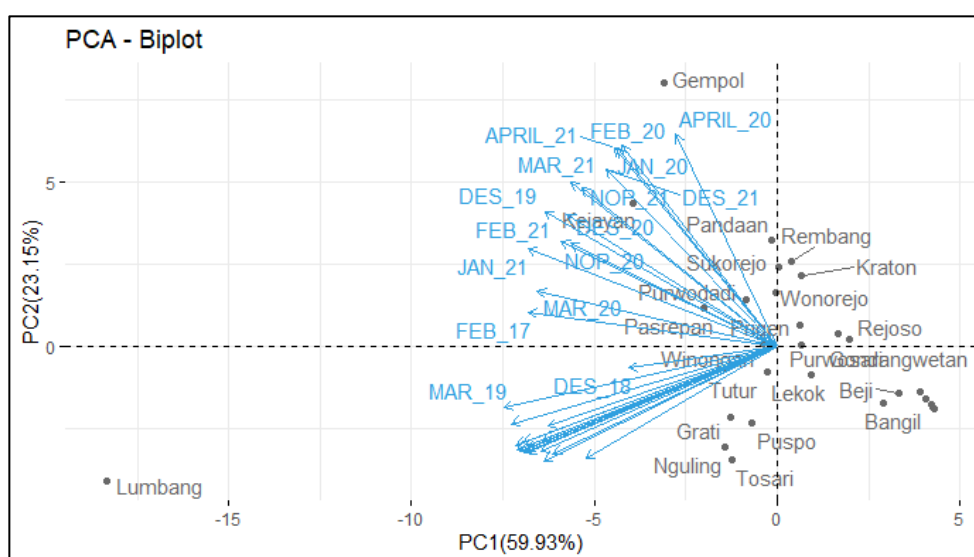
Tabel 4.4 Koefisien Komponen Utama

Variabel	Bulan	PC1	PC2
X_1	Jan – 17	-0,2100	-0,1531
X_2	Feb – 17	-0,2031	0,0503
X_3	Mar – 17	-0,2082	-0,1417
X_4	Apr – 17	-0,1912	-0,1671
X_5	Nop – 17	-0,2043	-0,1563
X_6	Des – 17	-0,2069	-0,1562
X_7	Jan – 18	-0,1935	-0,1536
X_8	Feb – 18	-0,1916	-0,1368
X_9	Mar – 18	-0,1834	-0,1573
X_{10}	Apr – 18	-0,2055	-0,1510
X_{11}	Nop – 18	-0,2141	-0,1450
X_{12}	Des – 18	-0,1217	-0,0317
X_{13}	Jan – 19	-0,1566	-0,1639
X_{14}	Feb – 19	-0,2173	-0,1133
X_{15}	Mar – 19	-0,2233	-0,0895
X_{16}	Apr – 19	-0,2131	-0,1509
X_{17}	Nop – 19	-0,1877	-0,1171
X_{18}	Des – 19	-0,1901	0,1977
X_{19}	Jan – 20	-0,1304	0,2899
X_{20}	Feb – 20	-0,1275	0,2939
X_{21}	Mar – 20	-0,1963	0,0815
X_{22}	Apr – 20	-0,0830	0,3103
X_{23}	Nop – 20	-0,1691	0,1509
X_{24}	Des – 20	-0,1721	0,1931
X_{25}	Jan – 21	-0,2040	0,1424
X_{26}	Feb – 21	-0,1770	0,1544
X_{27}	Mar – 21	-0,1691	0,2411
X_{28}	Apr – 21	-0,1330	0,2912
X_{29}	Nop – 21	-0,1600	0,2329
X_{30}	Des – 21	-0,1395	0,2595

Koefisien (*loading factor*) menerangkan besarnya ragam suatu variabel yang mampu dijelaskan oleh suatu komponen utama. Jika koefisien suatu variabel bernilai besar, maka ragam tersebut berpengaruh besar dan memiliki korelasi yang

kuat terhadap komponen utama. Koefisien pada komponen utama pertama dan kedua disajikan pada Tabel 4.4.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa pada komponen utama pertama (PC1), jika nilai koefisien suatu variabel semakin kecil, maka kontribusinya akan semakin besar terhadap PC1. Sedangkan pada komponen utama kedua (PC2), jika nilai koefisien suatu variabel semakin besar, maka kontribusi variabel tersebut terhadap PC2 juga akan semakin besar. Melalui Tabel 4.5 juga dapat diketahui bahwa nilai koefisien variabel terkecil pada PC1 yaitu $-0,2233$. Hal ini mengindikasikan ragam pada bulan Maret 2019 berkontribusi besar dan memiliki korelasi negatif terhadap PC1. Makna berkorelasi negatif adalah apabila nilai koefisien dari variabel PC1 di suatu kecamatan kecil, maka jumlah petir kecamatan tersebut besar. Pada PC2 nilai koefisien variabel terbesar adalah $0,3103$. Hal ini mengindikasikan ragam pada bulan April 2020 berkontribusi besar dan memiliki korelasi positif terhadap komponen utama kedua (PC2). Makna berkorelasi positif adalah apabila nilai koefisien dari variabel PC2 di suatu kecamatan besar, maka jumlah petir kecamatan tersebut juga besar.

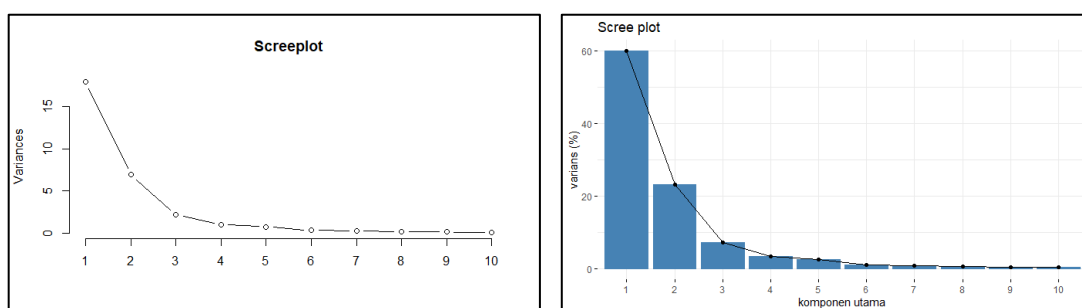


Gambar 4.9 Biplot PCA

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui jika karakteristik variabel-variabel yang membentuk PC2 adalah variabel-variabel yang bernilai besar dan berkorelasi positif terhadap komponen utama kedua. Variabel-variabel tersebut yaitu sambaran petir pada bulan Februari 2017, Desember 2019 sampai Desember 2021. Sedangkan karakteristik variabel-variabel yang membentuk PC1 adalah selain variabel-variabel yang membentuk PC2. Variabel-variabel tersebut yaitu sambaran petir pada bulan Januari 2017, Maret 2017 sampai Nopember 2019.

4.4.2 Penentuan Banyaknya Komponen Utama

Pemilihan banyaknya komponen utama dilihat berdasarkan nilai eigen dan nilai kumulatif proporsi keragaman yang mencakup minimal 80% data asli. Selain itu, juga dapat ditentukan melalui patahan siku (*bend*) yang dapat dilihat pada diagram *scree plot* yang dihasilkan (Johnson & Wichern, 2007).



Gambar 4.10 *Scree Plot* PCA

Pada Tabel 4.3 dapat diketahui k komponen utama yang nilai dari nilai eigennya lebih dari satu ($\lambda_i \geq 1$) adalah empat komponen utama. Pada tabel 4.3 juga dapat dilihat bahwa nilai kumulatif proporsi keragaman total yang mampu menjelaskan 80% data asli adalah dua komponen utama. Diagram *scree plot* pada gambar 4.10 menunjukkan patahan siku (*bend*) pada $i=3$. Namun melalui tabel 4.3 dapat diketahui jika nilai eigen setelah λ_2 relatif kecil dan nilainya hampir sama.

Berdasarkan ketiga cara tersebut, dua komponen utama dapat dianggap paling efektif dalam menjelaskan keseluruhan data.

4.5 *Ellipse Fitting Method*

Tabel 4.5 Data Skor Komponen Utama

Pengamatan	PC1	PC2
1	2,8789	-1,7200
2	3,3381	-1,4403
3	4,0538	-1,5740
4	4,2628	-1,8696
5	-3,0893	8,0195
6	1,9476	0,2241
7	-1,2630	-2,1687
8	-3,9423	4,3799
9	0,6381	2,1419
10	0,9049	-0,8659
11	-18,3209	-4,0930
12	-1,4328	-3,0574
13	-0,1748	3,2464
14	4,2842	-1,9124
15	-2,0117	1,1527
16	3,9062	-1,3889
17	0,6115	0,6424
18	-0,8652	1,4407
19	4,1982	-1,7792
20	0,6421	0,0401
21	-0,6872	-2,3335
22	1,6555	0,3901
23	0,3940	2,6106
24	0,0231	2,4349
25	-1,2563	-3,4626
26	-0,2840	-0,7916
27	-0,3827	0,0883
28	-0,0288	1,6452

Pembentukan elips dengan metode PCA dipilih dalam penelitian ini. Perhitungan parameterisasi dan proses lainnya diselesaikan dengan bantuan *software* R dan Ms. Excel.

Wijewickrema dan Papliński (2005) menyatakan langkah-langkah dalam mengaplikasikan PCA untuk membentuk elips adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan seluruh titik data

Pada pembentukan elips, data yang diperlukan adalah data skor utama komponen utama. Berdasarkan pemilihan banyaknya komponen utama telah ditentukan dua komponen utama yang akan digunakan dalam analisis lanjutan. Skor komponen utama dapat dihitung dengan mengalikan koefisien komponen utama dengan nilai data pada pengamatan. Data skor utama komponen utama pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 4.5.

2. Mencari titik pusat elips

Setelah data dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah mencari titik pusat elips dengan menghitung nilai rata-rata pada data. Nilai rata-rata dari kedua komponen utama tersebut akan membentuk suatu koordinat (x, y) . Koordinat- x merupakan rata-rata dari komponen utama pertama dan nilai rata-rata dari komponen utama kedua akan menjadi Koordinat- y .

Rata-rata komponen utama pertama:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ &= \frac{2,8789 + 3,3381 + 4,0538 + \dots - 0,0288}{28} \\ &= \frac{-2 \times 10^{-08}}{28} \\ &= -7,14 \times 10^{-10}\end{aligned}$$

Rata-rata komponen utama kedua:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{-1,7200 - 1,4403 - 1,5740 + \dots + 1,6452}{28} \\
&= \frac{1 \times 10^{-08}}{28} \\
&= 3,57 \times 10^{-10}
\end{aligned}$$

Jadi koordinat titik pusat elips yaitu $(x, y) = (-7,14 \times 10^{-10}, 3,57 \times 10^{-10})$.

3. Menghitung vektor eigen dan nilai eigen

Matriks ragam-peragam S yang telah terbentuk, akan menghasilkan vektor eigen v dan nilai eigen λ seperti pada persamaan 2.20.

Misalkan I merupakan sebuah matriks identitas $n \times n$ dan vektor v ditulis sebagai Iv , maka membentuk sebuah matriks determinan yaitu

$$Sv = \lambda Iv \quad (4.3)$$

$$Sv - \lambda Iv = 0$$

$$(S - \lambda I)v = 0$$

Nilai eigen λ matriks S dapat dihasilkan jika persamaan 4.3 memiliki solusi non trivial (selain $v = 0$). Sehingga nilai eigen dari matriks ragam-peragam S adalah:

$$S - \lambda I = \begin{vmatrix} 17,3382 - \lambda & -6,76 \times 10^{-10} \\ -6,76 \times 10^{-10} & 6,6955 - \lambda \end{vmatrix}$$

$$0 = (17,3382 - \lambda)(6,6955 - \lambda) - (-6,76 \times 10^{-10})(6,76 \times 10^{-10})$$

$$0 = \lambda^2 - 24,0337 \lambda + 116,0886$$

Maka didapatkan nilai eigen yaitu $\lambda_1 = 17,3382$ dan $\lambda_2 = 6,6955$. Nilai eigen pertama λ_1 akan digunakan sebagai sumbu mayor, sedangkan nilai eigen kedua λ_2 akan digunakan sebagai sumbu minor.

4. Mengestimasi pembentukan elips

Berdasarkan proses yang dilakukan, maka didapatkan koordinat titik pusat elips, sumbu mayor dan sumbu minor. Selanjutnya yaitu menentukan tingkat kepercayaan elips. Ukuran elips berdasarkan tingkat kepercayaannya. Semakin besar tingkat kepercayaan, maka elips yang dihasilkan akan semakin besar. Pada penelitian ini akan digunakan tingkat kepercayaan 95% atau sebesar $\alpha = 0,05$ dengan derajat kebebasan 2. Sehingga didapatkan nilai *chi-square* sebesar $\chi_2^2(.05) = 5,99$.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan titik fokus elips. Mashadi (2018) menjelaskan titik fokus pada elips yaitu jarak antara dua titik tetap yang berbeda atau disebut dengan direktrik.

Titik fokus pertama ($F_1(c, 0)$)

$$\begin{aligned} F_1(c, 0) &= \sqrt{\lambda_1 \chi_2^2} \\ &= \sqrt{17,3382 \times 5,99} \\ &= 10,1922 \end{aligned}$$

Koordinat titik fokus ($F_1(c, 0)$) adalah ($F_1(10,1922,0)$)

Titik fokus kedua ($F_2(-c, 0)$)

$$\begin{aligned} F_1(-c, 0) &= \sqrt{\lambda_1 \chi_2^2} \\ &= \sqrt{17,3382 \times 5,99} \\ &= 10,1922 \end{aligned}$$

Koordinat titik fokus ($F_2(-c, 0)$) adalah ($F_2(-10,1922,0)$).

Tabel 4.6 Penentuan Elips

Pengamatan	PC1	PC2	Letak Titik
1	2,8789	-1,7200	inside
2	3,3381	-1,4403	inside
3	4,0538	-1,5740	inside
4	4,2628	-1,8696	inside
5	-3,0893	8,0195	outside
6	1,9476	0,2241	inside
7	-1,2630	-2,1687	inside
8	-3,9423	4,3799	inside
9	0,6381	2,1419	inside
10	0,9049	-0,8659	inside
11	-18,3209	-4,0930	outside
12	-1,4328	-3,0574	inside
13	-0,1748	3,2464	inside
14	4,2842	-1,9124	inside
15	-2,0117	1,1527	inside
16	3,9062	-1,3889	inside
17	0,6115	0,6424	inside
18	-0,8652	1,4407	inside
19	4,1982	-1,7792	inside
20	0,6421	0,0401	inside
21	-0,6872	-2,3335	inside
22	1,6555	0,3901	inside
23	0,3940	2,6106	inside
24	0,0231	2,4349	inside
25	-1,2563	-3,4626	inside
26	-0,2840	-0,7916	inside
27	-0,3827	0,0883	inside
28	-0,0288	1,6452	inside

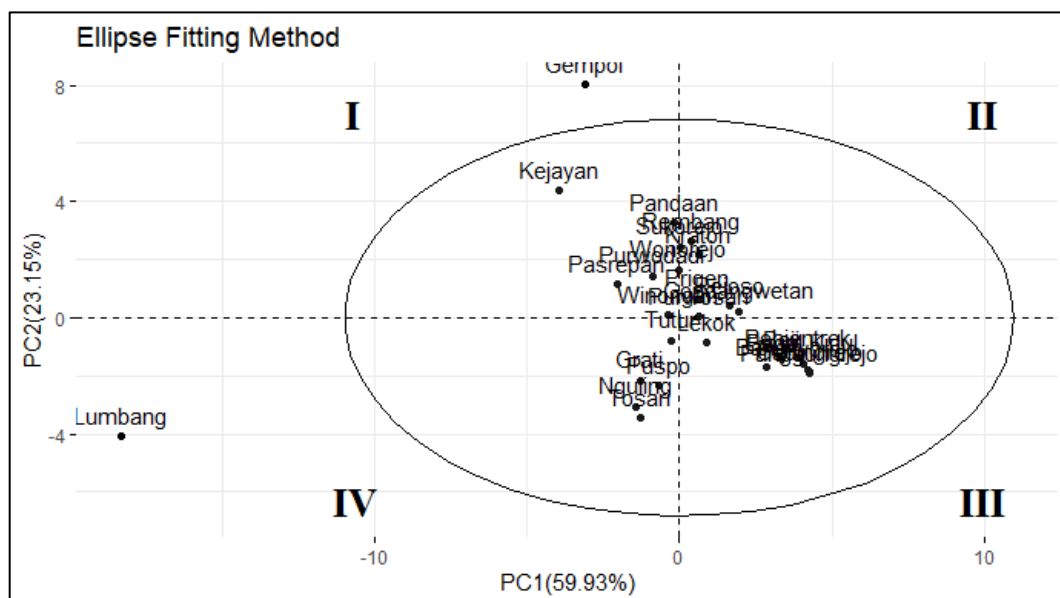
Koordinat titik fokus telah ditemukan, maka selanjutnya akan dicari nilai kemiringan dari elips. Kemiringan dari elips didapatkan dari nilai *arc tangen* (x, y) dimana sumbu- x yaitu peragam PC2 dari matriks S dan

sumbu- y yaitu pengurangan dari nilai eigen λ_1 dengan ragam PC1 dari matriks S , maka didapatkan kemiringan elips sebesar $-3,1415\pi$ atau -180° .

Langkah terakhir yaitu menentukan nilai \hat{X} dengan menghitung nilai titik data X yang telah dikurangi rata-rata \mathbf{c} untuk menunjukkan titik mana saja yang berada didalam maupun diluar elips. Hasil penentuan data dapat dilihat dalam Tabel 4.6.

Hasil dari pembentukan elips dengan metode PCA dapat dipelajari pada

Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Ellipse Fitting Method

Elips yang terbentuk pada gambar 4.11 menunjukkan 26 dari 28 titik berada di dalam garis batas elips. Sedangkan dua titik lainnya berada di luar garis batas elips yakni Kecamatan Lumbang dan Kecamatan Gempol. Hal ini menunjukkan adanya penyimpangan atau pencilan pada data tersebut. Sanderson (2019) mendefinisikan titik diluar elips atau penyimpangan pada data sebagai titik ekstrim atau *extreme points*. Titik ekstrim atau *extreme points* adalah teori

probabilitas yang menjelaskan nilai minimum dan maksimum pada sebuah variabel acak (Kotz dan Nadarajah, 2001).

Tabel 4.7 Interpretasi Jarak pada Elips

Kecamatan	PC1	PC2	Jarak	Total	Mean
Bangil	2,8789	-1,7200	3,3535	5125	170,83
Beji	3,3381	-1,4403	3,6356	4117	137,23
Bugul Kidul	4,0538	-1,5740	4,3487	2155	71,83
Gadingrejo	4,2628	-1,8696	4,6548	1344	44,80
Gempol	-3,0893	8,0195	8,5940	30351	1011,70
Gondangwetan	1,9476	0,2241	1,9605	9181	306,03
Grati	-1,2630	-2,1687	2,5096	16474	549,13
Kejayan	-3,9423	4,3799	5,8928	30097	1003,23
Kraton	0,6381	2,1419	2,2349	14564	485,47
Lekok	0,9049	-0,8659	1,2524	11770	392,33
Lumbang	-18,3209	-4,0930	18,7726	60402	2013,40
Nguling	-1,4328	-3,0574	3,3765	16416	547,20
Pandaan	-0,1748	3,2464	3,2511	17910	597,00
Panggungrejo	4,2842	-1,9124	4,6916	1253	41,77
Pasrepan	-2,0117	1,1527	2,3186	21197	706,57
Pohjentrek	3,9062	-1,3889	4,1458	2674	89,13
Prigen	0,6115	0,6424	0,8869	12538	417,93
Purwodadi	-0,8652	1,4407	1,6806	17423	580,77
Purworejo	4,1982	-1,7792	4,5596	1518	50,60
Purwosari	0,6421	0,0401	0,6434	12257	408,57
Puspo	-0,6872	-2,3335	2,4326	14187	472,90
Rejoso	1,6555	0,3901	1,7008	10288	342,93
Rembang	0,3940	2,6106	2,6401	15936	531,20
Sukorejo	0,0231	2,4349	2,4350	16361	545,37
Tosari	-1,2563	-3,4626	3,6835	13856	461,87
Tutur	-0,2840	-0,7916	0,8410	12653	421,77
Winongan	-0,3827	0,0883	0,3927	15680	522,67
Wonorejo	-0,0288	1,6452	1,6455	16661	555,37
Total				13479,60	31016

Pada Tabel 4.7 diketahui jika Kecamatan Lumbang memiliki total sambaran tertinggi (maksimum), yakni 60402 sambaran selama musim hujan tahun 2017-2021, dimana rata-rata terjadi 2013,40 sambaran setiap bulannya. Kasus sambaran tersebut membuat Kecamatan Lumbang disebut sebagai titik ekstrim

maksimum karena jumlahnya yang jauh tinggi dari kasus sambaran petir di kecamatan lainnya. Selanjutnya, Kecamatan Gempol yang memiliki 30351 sambaran dan rata-rata terjadi 1011,70 sambaran setiap bulannya juga menjadi titik ekstrim maksimum pada data. Sedangkan Kecamatan Panggungrejo memiliki total sambaran terendah (minimum) dengan 1253 sambaran selama musim hujan tahun 2017-2021, dimana rata-rata terjadi 41,77 sambaran setiap bulannya. Sehingga kasus sambaran petir di Kecamatan Panggungrejo disebut sebagai titik ekstrim minimum pada data.

Pada Tabel 4.4 telah diketahui jika nilai koefisien variabel pada PC1 semakin kecil, maka wilayah tersebut akan semakin rawan. Hal ini juga dapat diketahui dari Tabel 4.5, nilai skor komponen utama yang terkecil pada PC1 menjadi salah satu wilayah yang rawan terhadap sambaran petir. Selain itu, dapat diketahui jika nilai koefisien variabel pada PC2 semakin besar, maka wilayah tersebut akan semakin rawan. Hal ini juga dapat diketahui dari Tabel 4.5 yang menunjukkan skor komponen utama terbesar pada PC2 yang menjadi salah satu wilayah yang rawan terhadap sambaran petir. Pada Gambar 4.11 terdapat empat kuadran pada bidang koordinat Kartesius. Sehingga berdasarkan nilai koefisien variabel pada PC1 dan PC2, wilayah yang rawan terhadap sambaran petir adalah wilayah yang titiknya berada pada kuadran I, kuadran II, dan kuadran III pada bidang koordinat Kartesius. Jika terdapat wilayah yang titiknya berada diluar batas elips dan letak titik tersebut berada di kuadran IV, maka wilayah tersebut merupakan wilayah yang tidak rawan terhadap sambaran petir.

Pengelompokan daerah rawan sambaran petir dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Kerawanan sambaran petir pada suatu

wilayah ditentukan berdasarkan interval tingkat ancaman sambaran petir (Susanto, 2018). Jarak antara titik pusat elips dengan titik data telah didistribusikan pada Tabel 4.8. Hasil dari penentuan tingkat kerawanan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tingkat Kerawanan Sambaran Petir Per Kecamatan

Tingkat Kerawanan	Kecamatan	<i>d</i>
Rendah	Bangil, Beji, Bugul Kidul, Gadingrejo, Gondangwetan, Grati, Kejayan, Kraton, Lekok, Nguling, Pandaan, Panggungrejo, Pasrepan, Pohjentrek, Prigen, Purwodadi, Purworejo, Purwosari, Puspo, Rejoso, Rembang, Sukorejo, Tosari, Tukur, Winongan, Wonorejo	$d \leq 6,1266$
Sedang	Gempol	$6,1266 < d \leq 12,2532$
Tinggi	Lumbang	$d > 12,2532$

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa dari 28 kecamatan di wilayah Pasuruan terdapat 26 kecamatan dengan tingkat kerawanan rendah, 1 kecamatan dengan tingkat kerawanan sedang, dan 1 kecamatan dengan tingkat kerawanan tinggi. Kecamatan Lumbang yang merupakan titik ekstrim maksimum pada elips menjadi satu-satunya wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap sambaran petir di Pasuruan. Sedangkan Kecamatan Panggungrejo yang merupakan titik ekstrim minimum pada elips menjadi salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan rendah terhadap sambaran petir. Kecamatan Lumbang merupakan wilayah dengan luas wilayah terbesar di Kabupaten Pasuruan. Sebagian besar wilayah di Kecamatan Lumbang merupakan daerah pertanian, peternakan, dan juga pertambangan. Sedangkan Kabupaten Gempol merupakan daerah pemukiman padat penduduk dan juga salah satu kawasan industri di Pasuruan. Sambaran petir cenderung berbahaya di tempat yang terbuka seperti sawah dan tanah lapang, serta rawan menyambar bangunan yang tinggi (Suprihatin, 2021). Sambaran petir juga rawan terhadap

wilayah dengan penduduk yang padat karena ditakutkan dapat menyebabkan korban jiwa. Itulah mengapa dua kecamatan tersebut disebut rawan terhadap sambaran petir.

Wilayah dengan tingkat kerawanan petir yang tinggi, sedang, maupun rendah tentunya memiliki dampak yang berbeda. Pada wilayah dengan tingkat kerawanan yang sedang dan tinggi, petir akan lebih berbahaya bahkan bisa menyebabkan kematian. Namun dampak positifnya yaitu udara yang lebih segar setelah hujan karena petir dapat membunuh kuman dan bakteri di awan, serta membuat tanah menjadi lebih subur. Energi dari petir juga dapat dikembangkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Petir dan digunakan sebagai energi listrik alternatif. Sedangkan pada wilayah dengan tingkat kerawanan rendah akan memiliki tingkat bahaya yang rendah, tetapi pengembangan energi petir menjadi energi listrik alternatif akan lebih sulit untuk dikembangkan.

4.6 Kajian Kerawanan Sambaran Petir dalam Pandangan Islam

Kajian petir dalam Al-Quran telah dijelaskan dalam Bab II. Surah Ar-Ra'd ayat 12-13 tentang salah satu bentuk kekuasaan Allah SWT yaitu kilat, mendung, guruh, dan halilintar pada langit. Petir merupakan suatu fenomena alam berbahaya karena pelepasan muatan energi listrik pada awan yang bisa mencapai jutaan volt (Susanto, 2018). Terjadinya petir atau kilat seringkali mengundang rasa kekhawatiran pada orang yang melihatnya. Ketika terjadi petir, banyak orang yang berteduh di bawah pohon, berada di teras rumah, dan bermain benda elektronik, dimana hal-hal tersebut berbahaya dan sebaiknya dihindari saat terjadi petir.

Sebagaimana dijelaskan dalam surah Al-Baqarah (2) ayat 19 yang berbunyi (Departemen Agama RI, 2015):

أَوْ كَصَيْبٍ مِّنَ السَّمَاءِ فِيهِ ظُلُمَاتٌ وَرَعْدٌ وَيَبْرَقٌ يُجْعَلُونَ أَصَابِعَهُمْ فِي آذَانِهِمْ مِنَ الصَّوَاعِقِ حَذَرَ الْمَوْتِ وَاللَّهُ مُحِيطٌ بِالْكَافِرِينَ

“Atau seperti (orang-orang yang ditimpa) hujan lebat dari langit disertai gelap gulita, guruh dan kilat; mereka menyumbat telinganya dengan anak jarinya, karena (mendengar suara) petir, sebab takut akan mati. Dan Allah meliputi orang-orang yang kafir.” (QS Al-Baqarah[2]: 19)

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT memberikan ancaman berupa petir dengan tujuan mengingatkan atas kekuasaan Allah SWT, namun mereka malah menutup telinganya. Pada penelitian ini telah ditunjukkan bahwa Kecamatan Lumbang merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan terhadap sambaran petir paling tinggi di wilayah Pasuruan. Allah SWT telah menerangkan pada surah Al-Baqarah (2) ayat 19 jika orang yang menutup telinganya ketika terjadi petir, maka meliputi orang-orang yang kafir dan kufur atas nikmat Allah SWT. Sehingga lebih baik digunakan alat penangkal petir dan peredam suara di wilayah tersebut. Bagi wilayah dengan tingkat kerawanan rendah dan sedang sebaiknya juga harus tetap menghindari bahaya sambaran petir antara lain dengan tidak keluar rumah, mencabut stop kontak, dan tidak bermain alat elektronik ketika terjadi hujan.

Selain itu, ketika melihat kilat dan mendengar guntur, Rasulullah SAW memerintahkan untuk bertasbih dan membaca doa. Sebagaimana hadits Rasulullah SAW yang diriwayatkan oleh al-Bukhari, Ahmad, at-Tirmidzi, an-Nasai dari Ibnu Umar, bahwa ketika Rasulullah SAW mendengar suara petir beliau membaca (Kastolani, 2021):

اللَّهُمَّ لَا تَقْتُلْنَا بِغَضَبِكَ، وَلَا تُهْلِكْنَا بِعَذَابِكَ، وَعَافِنَا قَبْلَ ذَلِكَ

“Ya Allah, janganlah Engkau bunuh kami dengan murka-Mu, dan janganlah Engkau binasakan kami dengan azab-Mu, dan maafkanlah kami sebelum itu” (HR Bukhari).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Karakteristik sambaran petir CG di Kota dan Kabupaten Pasuruan pada musim hujan tahun 2017-2021 yaitu cenderung meningkat setiap tahunnya. Sambaran petir terbanyak terjadi pada tahun 2021 dengan total 127220 sambaran, dimana kasus sambaran petir tertingginya terjadi pada bulan Maret di Kecamatan Gempol dengan 2916 sambaran. Sedangkan sambaran petir paling sedikit terjadi pada tahun 2018 dengan total 28841 sambaran, dimana kasus tertingginya terjadi pada bulan Desember di Kecamatan Prigen dengan 93 sambaran. Selain itu, kasus sambaran tertinggi selama lima tahun terjadi di Kecamatan Lumbang pada Februari 2017 dengan 4824 sambaran. Sedangkan kasus sambaran terendah terjadi di Kecamatan Pohjentrek pada bulan Februari 2019 dengan 0 kasus sambaran petir.
2. Pemodelan *Principal Component Analysis* (PCA) pada pembentukan elips dalam pengelompokan daerah rawan sambaran petir CG di Kota dan Kabupaten Pasuruan didapatkan dua model, yaitu:

$$Y_1 = -0,2100 x_1 - 0,2031x_2 - 0,2082 x_3 + \dots - 0,1395 x_{30}$$

$$Y_2 = -0,1531 x_1 + 0,0503x_2 - 0,1417 x_3 + \dots + 0,2595 x_{30}$$

Daerah rawan sambaran petir dikelompokkan menjadi tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi yaitu Kecamatan Lumbang dengan total 60402 sambaran dan jarak terjauh dari

batasan elips yang telah ditentukan. Wilayah dengan tingkat kerawanan sedang yaitu Kecamatan Gempol dan Kejaman. Sedangkan 25 wilayah lainnya rawan terhadap sambaran petir dengan tingkat rendah.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menambahkan faktor lain dalam menganalisis kerawanan sambaran petir, seperti faktor kepadatan penduduk dan luas wilayah. Selain itu diharapkan penulis selanjutnya mampu mengatasi titik ekstrim atau *extreme points* pada *PCA Confidence Ellipse* dengan metode lainnya, seperti metode *Minimum Volume Enclosing Ellipsoid* (MVEE).

DAFTAR PUSTAKA

- Adam Hayes, Ph.D., CFA. 2022. "Descriptive Statistics." *Investopedia* 1. Retrieved March 26, 2022 (https://www.investopedia.com/terms/d/descriptive_statistics.asp).
- Az-Zuhaili, Wahbah. 2014. *Tafsir Al - Munir Jilid 7 (Aqidah, Syariah, Manhaj)*. Jakarta: Gema Insani Press.
- Badan Pusat Statistik, Kota Pasuruan. 2021. "Jumlah Penduduk Kota Pasuruan Hasil Sensus Penduduk 2020 (SP2020) Sebesar 208.006 Jiwa." 1. Retrieved (<https://pasuruankota.bps.go.id/pressrelease/2021/03/15/195/jumlah-penduduk-kota-pasuruan-hasil-sensus-penduduk-2020--sp2020--sebesar-208-006-jiwa.html>).
- Balqis, Nabila Azarin. 2021. "Analisis Regresi Komponen Utama ROBUST Menggunakan Metode Minimum Covariance Determinant (MCD) Dengan Pendekatan MM-Estimator Untuk Mengatasi Multikolinieritas Dan Beragam Proporsi Tingkat Pencilan." UNIVERSITAS BRAWIJAYA.
- Departemen Agama RI. 2015. *Al-Quran Terjemahan*. Bandung: CV. Darus Sunnah.
- Dunteman, George H. 1989. *Principal Component Analysis - Quantitative Applications in the Social-Sciences*. Vol. 8. edited by Michael S. Lewis-Beck. Iowa City: Sara Miller McCune, Sage Publications, Inc.
- Gunawan, Tomy, and Lestari Naomi Lydia Pandiangan. 2014. "Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Dengan Metode Simple Additive Weighting Di Provinsi Bali." *Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Wilayah* 15(3):193–201.
- Hair, Joseph F., William C. Black, Barry J. Babin, and Rolph E. Anderson. 2010. *Multivariate Data Analysis (7th Edition)*. New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall.
- Halir, Radim, and Jan Flusser. 1998. "Numerically Stable Direct Least Squares Fitting Of Ellipses." P. 8 in *Proc. 6th International Conference in Central Europe*. Central Europe: Citeseer.
- Hutagaol, Soli Akbar. 2009. "STUDI TENTANG SISTEM PENANGKAL PETIRPADA BTS (BASE TRANSCIEVER STATION) (Aplikasi Pada PT. Telkomsel - Banda Aceh)." UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.
- Johnson, Richard A., and Dean W. Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis (Sixth Edition)*. 6th ed. New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall Inc.
- Kastolani. 2021. "Petir Dalam Alquran, Manfaat Serta Anjuran Berdoa Ketika Mendengar Guruh." 5. Retrieved (<https://www.inews.id/lifestyle/muslim/petir-dalam-alquran/4>).
- Kherif, Ferath, and Adeliya Latypova. 2019. "Principal Component Analysis."

- Machine Learning: Methods and Applications to Brain Disorders* 1(C):209–25.
- Kotz, Samuel, and Saralees Nadarajah. 2001. *Extreme Value Distributions: Theory and Applications*. 1st ed. London, England: World Scientific Publishing Company.
- Naik, Ganesh R. 2017. *Advances in Principal Component Analysis: Research and Development*. Kingswood, Australia: BENS Research Group, MARCS Institute.
- Narut, Fidelis, Abdul Wahid, and Sumawan. 2018. “Karakterisasi Peristiwa Petir Di Wilayah Kota Kupang Serta Keterkaitannya Dengan Curah Hujan.” *Jurnal Fisika* 3(2):110–16.
- Prof. Dr. Mashadi M.Si. 2018. *Geometri Isi Kedua*. 2nd ed. Pekanbaru: PUSBANGDIK UNIVERSITAS RIAU.
- Prof. Trochim, William M. K. 2018. “Research Methods Knowledge Base - Descriptive Statistics.” *Conjoint.Ly* 1. Retrieved March 26, 2022 (<https://conjointly.com/kb/descriptive-statistics/>).
- Rachmatin, D. 2015. “Aplikasi Metode Weighted Principal Component Analysis (WPCA) Dengan Software S-PLUS2000.” *Jurnal Penelitian Sains* 17(2):168104.
- Sanderson, Dawn L. 2019. “Modeling the Distribution of Lightning Strike Distances Outside a Preexisting Lightning Area.” Air Force Institute of Technology.
- Suliyanto. 2011. *Ekonometrika Terapan: Teori Dan Aplikasi Dengan SPSS*. 1st ed. edited by F. S. Suyantoro. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suprihatin, Hendra Suwarta. 2021. “Teori Dasar Dan Monitoring Listrik Udara.” *MODUL PELATIHAN TEKNIS LISTRIK UDARA* 03.
- Susanto, Erwan. 2018. “Penentuan Daerah Rawan Bencana Sambaran Petir Di Wilayah Kabupaten Dan Kota Bandung Jawa Barat.” *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika* 2(2):137–44.
- Uman, Martin A. 1987. *The Lightning Discharge*. Vol. 10. edited by W. L. DONN. Gainesville, Florida: ACADEMIC PRESS, INC.
- Umaya, and Supardiyono. 2017. “Analisis Pemetaan Daerah Rawan Petir Dengan Menggynakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) Di Wilayah Surabaya.” *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* 06(3):25–32.
- Walpole, Ronald E. 1995. *Pengantar Statistika (Edisi Ke-3)*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wijewickrema, Sudanthi N. R., and Andrew P. Papliński. 2005. “Principal Component Analysis for the Approximation of an Image as an Ellipse.” *13th International Conference in Central Europe on Computer Graphics,*

Visualization and Computer Vision 2005, WSCG'2005 - In Co-Operation with EUROGRAPHICS, Full Papers (May):69–70.

Zoro, Reynaldo. 2010. “Induksi Dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik Akibat Sambaran Petir Pada Jaringan Tegangan Rendah.” *MAKARA of Technology Series* 13(1).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data sambaran petir Pasuruan selama musim hujan 2017-2021

Pengamatan	Kecamatan	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}	X_{30}
1	Bangil	57	217	92	31	19	18	201	413	123	154	6	8	39	148	225	106	1	499	379	139	116	302	24	150	161	281	444	136	162	474
2	Beji	55	145	33	4	25	29	68	210	57	41	5	3	21	87	134	39	2	445	419	169	143	259	64	113	78	105	648	170	184	362
3	Bugul Kidul	24	7	14	7	10	8	5	10	4	1	0	0	0	2	9	1	0	200	260	131	106	260	33	135	63	236	203	135	69	222
4	Gadingrejo	6	5	18	5	3	6	1	2	6	1	0	0	1	4	8	2	0	124	203	75	65	134	14	74	39	122	145	88	44	149
5	Gempol	67	1329	13	18	33	57	52	218	56	17	15	8	25	101	462	57	2	4071	4152	2416	1173	3092	1041	1116	900	1534	2916	1391	2427	1592
6	Gondangwetan	73	520	55	30	29	45	67	235	121	13	15	5	34	112	151	112	1	632	662	419	446	530	124	510	341	1138	831	620	444	866
7	Grati	650	837	348	231	278	348	1062	983	529	142	133	15	790	718	841	938	1	758	800	373	479	443	144	454	369	1181	720	546	573	790
8	Kejayan	309	3508	154	135	112	105	350	421	271	39	94	32	154	893	989	438	0	2381	2286	1064	2197	1182	407	1945	1337	2717	1705	1233	1934	1705
9	Kraton	41	288	255	30	20	31	93	159	169	58	13	3	19	140	181	116	1	1111	1934	686	642	1339	165	659	574	1657	1424	788	541	1427
10	Lekok	205	265	50	59	45	85	339	495	417	47	53	7	820	460	651	316	0	673	1046	389	319	742	93	361	265	1123	1001	502	311	631
11	Lumbang	3055	4824	2373	1706	2077	1884	2055	2104	1123	982	836	76	1442	3779	3364	2917	22	4097	2318	1203	3140	995	906	1704	1624	2816	2528	955	1933	1564
12	Nguling	363	694	172	172	135	183	1137	1344	873	149	126	19	1312	1056	1323	1042	1	546	786	310	315	528	118	322	280	920	811	446	347	586
13	Pandaan	34	1279	52	34	16	10	108	266	108	53	14	4	31	147	382	135	2	1685	1772	1348	820	1614	487	736	395	1100	1983	1005	1199	1091
14	Panggunrejo	16	6	15	1	1	11	2	6	4	0	0	0	0	2	5	4	0	101	185	76	66	135	22	78	38	114	114	57	54	140
15	Pasrepan	430	1797	330	303	358	299	214	264	189	39	191	44	183	718	749	386	1	1823	1421	898	1949	619	348	1092	971	1614	1183	579	1365	840
16	Pohjentrek	5	35	26	8	2	3	8	19	20	0	0	1	0	0	13	15	0	228	340	139	115	292	30	136	107	303	289	217	72	251
17	Prigen	135	980	146	118	116	146	75	126	78	40	35	93	41	164	242	163	2	1498	674	636	1027	438	331	177	311	912	926	879	1365	664
18	Purwodadi	74	2667	139	126	215	97	140	142	149	68	59	92	28	113	376	283	3	1395	975	467	2021	500	586	510	711	504	1187	736	1732	1328
19	Purworejo	9	14	4	4	1	0	2	18	9	1	0	0	1	4	13	3	0	106	177	81	55	153	13	86	82	167	166	145	39	165
20	Purwosari	162	1798	123	179	183	252	54	94	94	46	37	65	17	79	321	181	3	745	684	332	1418	370	313	372	556	229	823	425	1317	985
21	Puspo	836	1384	660	732	676	531	214	247	250	104	159	40	182	395	466	586	4	763	600	295	1289	220	288	354	352	424	786	256	669	425
22	Rejoso	156	308	54	51	46	87	109	181	207	16	15	11	147	155	206	138	0	670	1036	501	397	785	149	444	315	1125	1083	542	358	996
23	Rembang	66	204	190	40	23	24	102	181	213	88	9	6	10	135	239	96	0	1378	2449	740	831	1610	167	776	489	1231	1576	722	688	1653
24	Sukorejo	88	1616	65	45	20	54	97	127	74	17	13	25	34	152	308	199	3	1065	1728	961	1158	929	351	1037	520	1015	1329	876	1116	1339
25	Tosari	856	1536	570	1001	743	624	297	344	459	226	246	55	181	364	603	605	6	387	324	181	1275	157	449	237	297	214	594	177	562	286
26	Tutur	151	1606	152	227	233	125	209	175	346	155	114	59	79	189	393	324	12	747	699	355	1254	314	745	479	354	338	786	352	924	757
27	Winongan	446	998	396	214	256	253	323	398	238	57	48	23	185	381	484	423	2	1577	908	648	872	454	247	772	501	1224	982	577	817	976
28	Wonorejo	183	1843	74	75	35	55	160	243	114	22	45	20	78	385	440	270	0	1311	1366	804	1284	806	198	1252	604	1286	917	649	1201	941

Lampiran 2 Uji Korelasi Antar Variabel

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀
X ₂	0,689																													
X ₃	0,986	0,677																												
X ₄	0,948	0,670	0,938																											
X ₅	0,982	0,708	0,981	0,979																										
X ₆	0,992	0,690	0,983	0,965	0,993																									
X ₇	0,859	0,567	0,816	0,725	0,782	0,818																								
X ₈	0,829	0,540	0,784	0,690	0,745	0,784	0,987																							
X ₉	0,800	0,525	0,754	0,734	0,746	0,768	0,942	0,942																						
X ₁₀	0,947	0,641	0,954	0,882	0,935	0,940	0,858	0,841	0,804																					
X ₁₁	0,980	0,720	0,967	0,937	0,976	0,977	0,844	0,813	0,806	0,953																				
X ₁₂	0,396	0,638	0,412	0,495	0,502	0,469	0,428	0,454	0,537	0,868	0,446																			
X ₁₃	0,696	0,339	0,627	0,558	0,603	0,646	0,923	0,935	0,935	0,684	0,686	0,084																		
X ₁₄	0,939	0,716	0,919	0,814	0,885	0,907	0,923	0,912	0,850	0,925	0,946	0,689	0,798																	
X ₁₅	0,917	0,758	0,887	0,808	0,867	0,889	0,938	0,935	0,893	0,906	0,935	0,392	0,834	0,985																
X ₁₆	0,958	0,693	0,931	0,867	0,916	0,936	0,962	0,939	0,909	0,936	0,953	0,472	0,839	0,970	0,972															
X ₁₇	0,827	0,811	0,842	0,812	0,860	0,839	0,645	0,603	0,654	0,891	0,866	0,478	0,501	0,790	0,780	0,786														
X ₁₈	0,530	0,714	0,544	0,428	0,506	0,509	0,444	0,468	0,391	0,503	0,504	0,529	0,250	0,593	0,640	0,518	0,475													
X ₁₉	0,466	0,445	0,680	0,564	0,422	0,569	0,571	0,502	0,473	0,444	0,422	0,394	0,561	0,389	0,463	0,615	0,470	0,860												
X ₂₀	0,499	0,478	0,619	0,608	0,461	0,562	0,566	0,444	0,501	0,548	0,499	0,651	0,619	0,608	0,389	0,393	0,523	0,892	0,937											
X ₂₁	0,643	0,959	0,655	0,657	0,687	0,660	0,459	0,428	0,448	0,577	0,684	0,695	0,622	0,640	0,681	0,614	0,714	0,737	0,504	0,515										
X ₂₂	0,602	0,462	0,565	0,424	-0,440	-0,839	0,418	0,491	0,520	0,411	-0,488	-0,395	-0,451	0,486	0,466	0,420	-0,430	0,744	0,954	0,917	0,507									
X ₂₃	0,463	0,735	0,471	0,494	0,520	0,484	0,390	0,393	0,444	0,471	0,477	0,494	0,126	0,428	0,519	0,445	0,621	0,815	0,664	0,741	0,759	0,570								
X ₂₄	0,449	0,780	0,443	0,391	0,394	0,393	0,399	0,407	0,544	0,773	0,419	0,084	0,201	0,566	0,598	0,464	0,523	0,805	0,763	0,733	0,772	0,582	0,582							
X ₂₅	0,614	0,888	0,622	0,529	0,596	0,595	0,526	0,522	0,471	0,558	0,631	0,367	0,316	0,701	0,734	0,618	0,621	0,872	0,717	0,685	0,905	0,508	0,701	0,918						
X ₂₆	0,507	0,638	0,505	0,548	0,418	0,441	0,536	0,557	0,488	0,438	0,468	-0,009	0,409	0,653	0,670	0,550	0,405	0,787	0,738	0,682	0,635	0,585	0,455	0,894	0,865					
X ₂₇	0,391	0,604	0,412	0,582	0,425	0,458	0,642	0,396	0,393	0,387	0,398	0,436	0,495	0,459	0,534	0,403	0,395	0,923	0,937	0,929	0,639	0,874	0,781	0,767	0,789	0,770				
X ₂₈	0,402	0,566	0,434	0,495	0,363	0,452	0,397	0,480	0,391	0,431	0,472	0,076	0,458	0,490	0,371	0,529	0,591	0,835	0,877	0,896	0,587	0,822	0,656	0,783	0,746	0,800	0,902			
X ₂₉	0,609	0,808	0,549	0,686	0,636	0,640	0,579	0,396	0,473	0,480	0,397	0,510	0,530	0,398	0,467	0,643	0,454	0,877	0,749	0,818	0,843	0,624	0,854	0,769	0,846	0,637	0,819	0,843		
X ₃₀	0,435	0,593	0,559	0,538	0,421	0,393	0,482	0,568	0,469	0,522	0,417	0,465	0,440	0,547	0,396	0,678	0,459	0,761	0,858	0,757	0,644	0,751	0,598	0,808	0,791	0,782	0,863	0,886	0,766	

Keterangan:

X_1 = Jumlah sambaran petir bulan Januari 2017 (km²)
 X_2 = Jumlah sambaran petir bulan Februari 2017 (km²)
 X_3 = Jumlah sambaran petir bulan Maret 2017 (km²)
 X_4 = Jumlah sambaran petir bulan April 2017 (km²)
 X_5 = Jumlah sambaran petir bulan Nopember 2017 (km²)
 X_6 = Jumlah sambaran petir bulan Desember 2017 (km²)
 X_7 = Jumlah sambaran petir bulan Januari 2018 (km²)
 X_8 = Jumlah sambaran petir bulan Februari 2018 (km²)
 X_9 = Jumlah sambaran petir bulan Maret 2018 (km²)
 X_{10} = Jumlah sambaran petir bulan April 2018 (km²)
 X_{11} = Jumlah sambaran petir bulan November 2018 (km²)
 X_{12} = Jumlah sambaran petir bulan Desember 2018 (km²)
 X_{13} = Jumlah sambaran petir bulan Januari 2019 (km²)
 X_{14} = Jumlah sambaran petir bulan Februari 2019 (km²)
 X_{15} = Jumlah sambaran petir bulan Maret 2019 (km²)
 X_{16} = Jumlah sambaran petir bulan April 2019 (km²)
 X_{17} = Jumlah sambaran petir bulan November 2019 (km²)
 X_{18} = Jumlah sambaran petir bulan Desember 2019 (km²)
 X_{19} = Jumlah sambaran petir bulan Januari 2020 (km²)
 X_{20} = Jumlah sambaran petir bulan Februari 2020 (km²)
 X_{21} = Jumlah sambaran petir bulan Maret 2020 (km²)
 X_{22} = Jumlah sambaran petir bulan April 2020 (km²)
 X_{23} = Jumlah sambaran petir bulan November 2020 (km²)
 X_{24} = Jumlah sambaran petir bulan Desember 2020 (km²)
 X_{25} = Jumlah sambaran petir bulan Januari 2021 (km²)
 X_{26} = Jumlah sambaran petir bulan Februari 2021 (km²)
 X_{27} = Jumlah sambaran petir bulan Maret 2021 (km²)
 X_{28} = Jumlah sambaran petir bulan April 2021 (km²)
 X_{29} = Jumlah sambaran petir bulan November 2021 (km²)
 X_{30} = Jumlah sambaran petir bulan Desember 2021 (km²)

Lampiran 3 R Code Principal Component Analysis

```

#import data
lightning=read.delim("petirNEW.txt", row.names = 1)
lightning

#menghitung PCA
pca.pr=prcomp(lightning, center = TRUE, scale = TRUE)
pca.pr
> Standard deviations (1, ..., p=28):
[1] 4.240325e+00 2.635056e+00 1.464570e+00 1.002695e+00 8.630162e-01
[6] 5.563911e-01 5.076614e-01 4.328944e-01 3.479613e-01 3.001424e-01
[11] 2.281340e-01 2.047839e-01 1.911837e-01 1.608699e-01 1.335030e-01
  
```

[16] 1.107276e-01 8.977798e-02 7.389273e-02 7.143224e-02 6.815210e-02
 [21] 5.328050e-02 4.019010e-02 2.069747e-02 1.769551e-02 1.116299e-02
 [26] 4.644175e-03 2.706546e-03 3.668570e-16

Rotation (n x k) = (30 x 28):

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
JAN_17	-0.20997486	-0.15309236	-0.009277137	0.09887829	-0.17190587
FEB_17	-0.20314548	0.05030256	-0.240960390	-0.25971771	-0.01914240
MAR_17	-0.20823007	-0.14165044	-0.037944572	0.13793752	-0.22176011
APRIL_17	-0.19121835	-0.16711754	-0.146651468	0.16788297	-0.14104555
NOP_17	-0.20432002	-0.15631386	-0.118922940	0.15096203	-0.14905486
DES_17	-0.20688828	-0.15618682	-0.071584082	0.13179921	-0.13579100
JAN_18	-0.19352645	-0.15359080	0.224363324	-0.09780546	0.17800182
FEB_18	-0.19157168	-0.13677449	0.269470957	-0.07837804	0.20115232
MAR_18	-0.18335361	-0.15730168	0.208041041	-0.10015267	0.30119791
APRIL_18	-0.20547233	-0.15096467	0.009898848	0.17347253	-0.05756119
NOP_18	-0.21406605	-0.14503900	-0.042390273	0.07195267	-0.11009196
DES_18	-0.12173262	-0.03168068	-0.476406399	-0.22952507	0.41979470
JAN_19	-0.15660610	-0.16394346	0.329369773	-0.13853672	0.35037572
FEB_19	-0.21729653	-0.11330952	0.111851150	-0.07008363	-0.10238892
MAR_19	-0.22327537	-0.08951078	0.113092911	-0.07903047	0.04564632
APRIL_19	-0.21306140	-0.15089734	0.086146124	-0.03248194	0.04158795
NOP_19	-0.18765702	-0.11707318	-0.192403079	0.27201704	0.06288174
DES_19	-0.19012598	0.19766294	0.004964742	0.14396109	-0.01468786
JAN_20	-0.13041326	0.28988540	0.150872267	0.17619030	-0.02911340
FEB_20	-0.12751288	0.29390938	0.073639652	0.22574051	0.04743264
MAR_20	-0.19625039	0.08147940	-0.299436860	-0.21684876	-0.06110818
APRIL_20	-0.08297757	0.31026885	0.205175739	0.31120442	0.05827168
NOP_20	-0.16911457	0.15090371	-0.237207030	0.29431508	0.31093422
DES_20	-0.17205792	0.19313750	0.038782077	-0.27742325	-0.32401561
JAN_21	-0.20404586	0.14241581	-0.062651901	-0.22641819	-0.18358661
FEB_21	-0.17695967	0.15442328	0.210305108	-0.27684865	-0.25024099
MAR_21	-0.16909112	0.24113203	0.083896861	0.19144357	0.07067709
APRIL_21	-0.13299766	0.29123718	0.066692475	-0.10063058	0.12990309
NOP_21	-0.16004071	0.23289264	-0.216006250	-0.08760537	0.18522309
DES_21	-0.13953418	0.25949268	0.047764542	-0.15415192	-0.01415876
	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
JAN_17	-0.058434868	0.152002955	-0.00369978	0.0267097087	-0.14855138
FEB_17	-0.122045664	-0.282259608	-0.06518283	-0.0979324738	-0.36921519
MAR_17	0.115717923	0.198992597	0.10526706	-0.0398035492	-0.03102402
APRIL_17	-0.038531890	0.215401162	-0.44432098	0.1597507705	-0.17251302
NOP_17	-0.016212648	0.156553409	-0.09820711	-0.0005148771	-0.04392992
DES_17	-0.032866086	0.214785468	-0.02808982	-0.0232793572	-0.10988620
JAN_18	-0.024540204	-0.061810322	0.11871749	-0.1298165262	-0.20780964
FEB_18	-0.043579920	-0.047042767	0.11927237	-0.1473315208	-0.19520919
MAR_18	0.160546097	-0.057697805	-0.42484847	0.1781440853	0.13111004
APRIL_18	0.229811421	-0.100624379	0.27076829	-0.1729920602	0.02915487
NOP_18	-0.062296770	-0.006818927	-0.02748854	0.0472778819	0.19884329
DES_18	0.125223036	0.384301133	0.13495062	0.0409909216	0.21952693

JAN_19 -0.145990806 0.040167182 -0.14335612 0.0122687234 0.16684449
 FEB_19 -0.089702875 -0.064051893 0.23673101 -0.0540458511 0.17300720
 MAR_19 -0.115095673 -0.087970085 0.04879261 -0.0827104431 0.09385339
 APRIL_19 -0.015418630 -0.001475705 0.04910706 -0.0417416437 -0.18017035
 NOP_19 0.310942080 -0.475463230 0.23926310 0.2865594468 0.12096726
 DES_19 -0.256604557 0.105406377 0.30729374 -0.1364904634 0.22628216
 JAN_20 0.082655935 0.023636720 -0.20708889 -0.2282259831 0.22526419
 FEB_20 -0.309270018 0.022543030 0.04878962 0.1351967747 -0.15346660
 MAR_20 -0.006607991 -0.015267493 -0.23972794 -0.1316474165 0.09994463
 APRIL_20 0.050092517 0.074606992 -0.16839460 -0.1473145764 0.05718072
 NOP_20 -0.091024900 -0.324004031 -0.13782487 0.2006453378 0.07166630
 DES_20 -0.085917754 -0.346940712 -0.14119093 0.1233583712 -0.09783501
 JAN_21 -0.052526965 -0.052616528 -0.04140376 -0.2108008609 0.31640906
 FEB_21 0.053802683 0.151071179 0.10972992 0.5224947490 0.27977685
 MAR_21 0.124943442 0.105544809 -0.03478639 0.0119147294 -0.08522378
 APRIL_21 0.073168183 0.225422205 0.22324567 0.4127120304 -0.34596819
 NOP_21 -0.252287969 0.038942705 0.08432041 -0.1877167051 -0.10539856
 DES_21 0.669684325 0.038178835 -0.02655500 -0.2397707361 -0.16195517
 PC11 PC12 PC13 PC14 PC15
 JAN_17 -0.088917704 -0.168453343 0.004279621 0.04409600 0.183753359
 FEB_17 0.279590077 0.142346749 -0.175975363 0.16799851 0.261279018
 MAR_17 -0.097978920 -0.159643300 -0.001702186 -0.07689054 0.087582155
 APRIL_17 -0.022214347 0.262667600 0.076274739 -0.04228861 0.131975604
 NOP_17 -0.019868809 -0.096665581 -0.136854249 -0.01991484 0.020266196
 DES_17 -0.041952185 -0.195924332 -0.041487445 0.06159353 -0.012825447
 JAN_18 -0.392802207 -0.001027115 0.002187139 0.23040096 -0.266171944
 FEB_18 -0.132694939 0.269540677 -0.033976975 -0.31685948 -0.114427730
 MAR_18 -0.129557429 0.235640680 0.023840888 -0.21127050 0.094597180
 APRIL_18 0.167909921 0.464011224 0.147123605 0.08342297 0.024734411
 NOP_18 0.121460644 0.063470689 0.010263039 0.20109875 -0.449858729
 DES_18 -0.003304326 0.076979538 0.331733473 -0.04447047 -0.022175185
 JAN_19 0.273698790 -0.469597364 -0.012441230 0.08895809 0.226040982
 FEB_19 0.259770806 -0.006451035 0.071473373 0.05538360 -0.003005225
 MAR_19 0.255433379 0.053804700 0.011830519 -0.07044457 0.049482148
 APRIL_19 -0.126527705 -0.151556923 0.053945730 0.14172715 -0.083479393
 NOP_19 0.047352196 -0.236408345 0.120781985 -0.04578065 0.047663642
 DES_19 -0.251099653 0.075496538 -0.066676507 -0.29096713 0.426038123
 JAN_20 -0.066024339 -0.078086545 0.341194007 0.27855088 0.124259082
 FEB_20 -0.013932615 -0.125229556 0.233575216 -0.24989877 -0.423262336
 MAR_20 0.123493609 -0.094247911 0.034687958 -0.10642123 -0.292382385
 APRIL_20 0.145032973 0.211909928 0.086530357 0.29471566 0.012717388
 NOP_20 -0.277524726 0.006859731 -0.323277042 0.13892301 0.018924239
 DES_20 -0.098771591 -0.049030771 0.471689092 -0.18779231 0.107854532
 JAN_21 -0.099061449 0.035378309 -0.397549308 0.09534167 -0.134900065
 FEB_21 -0.132597937 0.132322320 -0.162990725 0.06621636 -0.010913560
 MAR_21 0.412297085 -0.043913152 -0.282156869 -0.42159383 -0.117903513
 APRIL_21 0.159925473 0.057480947 -0.012738152 0.30163346 0.059039807
 NOP_21 -0.091898244 -0.031013077 0.039878512 0.06023636 0.060767898

DES_21 -0.148560478 -0.211467594 -0.096093437 -0.09508194 -0.003021088
 PC16 PC17 PC18 PC19 PC20
 JAN_17 0.112075648 0.20790178 0.0008523691 -0.324693209 -0.044994575
 FEB_17 -0.070898493 0.03480597 0.0599572384 0.004761987 0.038767649
 MAR_17 -0.412704365 -0.20703844 0.2745463791 0.364831296
 0.061344193
 APRIL_17 0.123330472 -0.16915528 -0.0991162470 0.118767701 -
 0.158586048
 NOP_17 -0.136002090 0.07256133 -0.0378298911 0.006163630 -0.058007562
 DES_17 0.506025171 0.01808208 -0.0357502858 -0.084136220 0.197274899
 JAN_18 -0.152240426 -0.03598641 0.0212163885 -0.294482874 -0.039594424
 FEB_18 0.111376001 -0.23908935 0.0470953046 0.028118397 -0.290097342
 MAR_18 -0.034389176 -0.04835543 -0.0420883157 -0.004513867
 0.329776502
 APRIL_18 0.093669130 0.35015486 0.1791170945 0.168353515 -
 0.270940182
 NOP_18 -0.028178793 0.22168918 -0.1669010394 -0.134444366 -
 0.108290590
 DES_18 0.038633772 0.05288195 -0.0521479130 -0.020196822 0.043837525
 JAN_19 0.077670349 0.20345041 0.2027429768 0.206287109 -0.314380547
 FEB_19 -0.093609810 -0.02056293 -0.2989034625 -0.057656895 0.376357329
 MAR_19 0.069005032 -0.06304993 -0.2256169463 0.092884232
 0.217036333
 APRIL_19 -0.228278401 -0.05866595 -0.0026771680 0.083041933
 0.242829113
 NOP_19 0.157703660 -0.38068178 0.1441147837 -0.072757059 -0.024623166
 DES_19 -0.175026660 0.12577847 -0.1288462859 -0.037068068 -0.001848056
 JAN_20 -0.079385435 -0.27240918 -0.2702067239 -0.158432383 -0.315315278
 FEB_20 0.142665190 0.12287843 0.0012458576 0.372158529 0.064097936
 MAR_20 -0.353518373 -0.01601010 0.2193556315 -0.059914022 -
 0.114006215
 APRIL_20 0.002808874 0.00154127 0.3992392683 0.004731914
 0.367943236
 NOP_20 -0.110664433 0.29023624 -0.1335577207 0.086307910 -0.024599420
 DES_20 0.020132158 0.16633761 -0.0225016858 -0.040280374 -0.027410914
 JAN_21 0.276984187 -0.29726767 -0.1036928588 0.300239243 -0.078698267
 FEB_21 0.050554088 0.06993013 0.3255394059 -0.148089084 -0.026820312
 MAR_21 -0.095709656 -0.06134856 -0.0240346200 -0.414418441 -
 0.080033361
 APRIL_21 -0.108581976 -0.16916838 -0.2710774417 0.151921480 -
 0.130025933
 NOP_21 0.252744512 -0.15573071 0.3381223053 -0.191713120 0.072966588
 DES_21 0.137566915 0.28603207 -0.1367022070 0.133652313 0.088124772
 PC21 PC22 PC23 PC24 PC25
 JAN_17 -0.09911159 -0.1271927853 0.10649779 -0.30226507 -0.31976729
 FEB_17 -0.30900607 -0.0949684179 -0.01058450 0.24769836 0.13326003
 MAR_17 -0.12488493 0.1520938198 -0.06358632 0.25128807 -0.02737291
 APRIL_17 -0.01467008 0.0507833734 -0.08345986 0.04470348 0.27929182

NOP_17 0.11585723 -0.2037096951 -0.03645820 -0.32046431 -0.07299630
 DES_17 0.05090774 0.1631949229 0.01534325 0.07355143 0.13235785
 JAN_18 -0.22795232 0.4155505163 0.13626254 -0.10857866 0.20992010
 FEB_18 0.15454093 -0.4597755976 -0.10432282 -0.09321150 0.18217899
 MAR_18 0.09578530 0.1524683076 0.04081524 0.12631290 -0.40118984
 APRIL_18 -0.06544034 0.1798192921 -0.01547687 -0.05421693 -0.31436086
 NOP_18 0.34140035 -0.0637456614 0.09199568 0.50942802 0.10712263
 DES_18 -0.27177991 -0.1469213500 0.19482833 -0.02993281 0.12447879
 JAN_19 0.03358105 0.0080732890 0.07250574 0.04171481 0.08359075
 FEB_19 -0.03144155 -0.2336941202 -0.25274444 -0.12681333 -0.03249406
 MAR_19 -0.02195499 0.3594028937 -0.25175890 -0.22052249 0.20468434
 APRIL_19 -0.02624653 -0.3507780380 0.14865301 0.17014790 -0.17428693
 NOP_19 0.07809531 -0.0005856372 0.08467641 -0.04109527 0.10179176
 DES_19 0.22660406 0.1112233547 0.17496429 0.12325854 0.19133550
 JAN_20 -0.22559109 -0.0690737462 -0.24731275 0.09616485 -0.10620638
 FEB_20 -0.27242167 0.0183545916 -0.09389843 -0.01320075 -0.09593477
 MAR_20 0.26522326 0.1415323065 -0.12969184 -0.34268546 0.02583626
 APRIL_20 0.10368383 -0.1574663491 0.27581484 -0.19422757 0.26975852
 NOP_20 -0.07502847 -0.0853224587 -0.15380791 -0.09430850 0.03372304
 DES_20 0.07166184 -0.0050776712 0.30217221 -0.01341646 0.03473663
 JAN_21 -0.11544821 0.0002311651 0.38889991 -0.09788783 -0.19577468
 FEB_21 -0.19984287 -0.0934825596 -0.28396141 0.02859897 0.11391124
 MAR_21 -0.22716199 0.0606109467 0.18938059 0.13855014 -0.08381321
 APRIL_21 0.33271534 0.1395728343 0.12654992 -0.12126844 -0.13365553
 NOP_21 0.27952326 0.0706872250 -0.32997139 0.20066961 -0.30195910
 DES_21 0.10837771 -0.0475281276 -0.18793143 0.06113289 0.15319004
 PC26 PC27 PC28
 JAN_17 0.23984967 0.319232481 -0.112786306
 FEB_17 -0.12042929 -0.138431760 -0.314569944
 MAR_17 0.07879585 0.392273458 -0.173399411
 APRIL_17 0.31083116 -0.175162724 0.346939155
 NOP_17 0.05188482 -0.422129207 -0.328181369
 DES_17 -0.61889542 0.085086521 -0.028485852
 JAN_18 0.14362356 -0.174564695 -0.046800446
 FEB_18 -0.12764330 0.251251079 -0.132394260
 MAR_18 -0.09266183 -0.087249349 -0.252020191
 APRIL_18 -0.12474657 -0.089842634 0.167563557
 NOP_18 0.16877450 0.108112093 -0.189950761
 DES_18 0.03148626 0.081517371 -0.046894785
 JAN_19 0.06379348 -0.074351836 0.051447564
 FEB_19 0.14015985 -0.085944833 0.033137736
 MAR_19 0.09898126 0.263698350 0.103567642
 APRIL_19 -0.18455713 -0.145178534 0.577074249
 NOP_19 0.06735016 -0.167904314 -0.056347600
 DES_19 -0.09019787 -0.234018886 0.002373675
 JAN_20 -0.19960727 -0.003066243 -0.092259009
 FEB_20 0.03369104 -0.205660871 -0.171247771
 MAR_20 -0.28868679 -0.027101907 0.096119290

```

APRIL_20 0.06629866 0.074157443 -0.075484666
NOP_20 -0.06190649 0.309933995 0.140256195
DES_20 0.02955363 0.180437357 0.065031270
JAN_21 0.11661738 0.002809442 0.031433971
FEB_21 -0.07565890 -0.075669741 0.057334162
MAR_21 0.01981580 0.047244885 0.189775682
APRIL_21 -0.06811047 0.060445940 -0.050003685
NOP_21 0.28123641 -0.021827745 0.098228745
DES_21 0.17821927 -0.074694153 0.002134258

```

```
#skor komponen utama
```

```
pca.pr$x
```

```
#eigenvalue
```

```
pca.pr$sdev^2
```

```
summary(pca.pr)
```

```
> Importance of components:
```

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Standard deviation	4.2403	2.6351	1.4646	1.00270	0.86302	0.55639
Proportion of Variance	0.5994	0.2314	0.0715	0.03351	0.02483	0.01032
Cumulative Proportion	0.5994	0.8308	0.9023	0.93581	0.96063	0.97095
	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12
Standard deviation	0.50766	0.43289	0.34796	0.3001	0.22813	0.2048
Proportion of Variance	0.00859	0.00625	0.00404	0.0030	0.00173	0.0014
Cumulative Proportion	0.97954	0.98579	0.98983	0.9928	0.99456	0.9960
	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
Standard deviation	0.19118	0.16087	0.13350	0.11073	0.08978	0.07389
Proportion of Variance	0.00122	0.00086	0.00059	0.00041	0.00027	0.00018
Cumulative Proportion	0.99718	0.99804	0.99864	0.99905	0.99931	0.99950
	PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24
Standard deviation	0.07143	0.06815	0.05328	0.04019	0.02070	0.01770
Proportion of Variance	0.00017	0.00015	0.00009	0.00005	0.00001	0.00001
Cumulative Proportion	0.99967	0.99982	0.99992	0.99997	0.99998	0.99999
	PC25	PC26	PC27	PC28		
Standard deviation	0.01116	0.004644	0.002707	3.669e-16		
Proportion of Variance	0.00000	0.000000	0.000000	0.000e+00		
Cumulative Proportion	1.00000	1.000000	1.000000	1.000e+00		

```
#screeplot PCA
```

```
screeplot(pca.pr,type="l",main="Screeplot")
```

```
#melihat proporsi varians
```

```
var1<-round(pca.pr$sdev[1]^2/sum(pca.pr$sdev^2)*100,2)
```

```
var2<-round(pca.pr$sdev[2]^2/sum(pca.pr$sdev^2)*100,2)
```

```
#membuat elips
```

```
library("factoextra")
```

```
fviz_pca_ind(pca.pr,
```

```
label="all",
```

```
addEllipses=TRUE, ellipse.level=0.95,
```

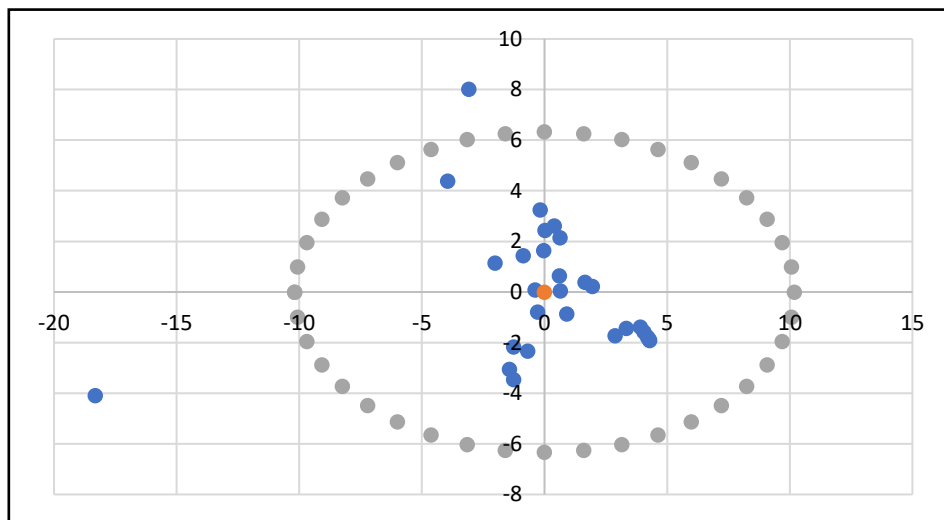
```

title="Ellipse Fitting Method",palette=c("red"),
xlab=paste("PC1(",var1,"%)",sep=""),
ylab=paste("PC2(",var2,"%)",sep=""),
)
    
```

Lampiran 4 Perhitungan Ellipse Fitting Method menggunakan Ms. Excel

PC1	PC2	mean	sum	error	error ²	error ³
2.87886	-1.71908	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
3.19811	-1.44028	8.76510	6.89533	8.76510	6.89533	0.00000
4.05382	-1.57401	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
4.26242	-1.89937	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
5.08934	0.01354	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
1.5476	0.23422	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-1.24295	-2.18866	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.94212	4.37992	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.68800	2.15192	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.95089	-0.80588	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
14.1209	-0.00796	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-1.45275	-3.05741	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.17178	3.28462	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
4.28418	-1.91239	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.01171	1.15272	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
3.90619	-1.38889	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.61146	0.64237	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.86221	1.46773	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
4.13819	-1.7792	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.64212	0.64237	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.68717	-2.33353	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
1.65568	0.99054	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.39199	2.61056	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
0.02323	2.43489	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-1.2364	-1.64391	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.28402	-0.79128	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.38269	0.89229	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000
-0.02878	1.64321	17.3382	-6.76010	17.3382	6.89533	0.00000

Lampiran 5 Hasil Ellipse Fitting Method dengan Ms. Excel



RIWAYAT HIDUP



Helmalia Alfidha Lovtyaji, lahir di Kabupaten Trenggalek pada 18 Agustus 2000. Perempuan yang biasa dipanggil Helma ini beralamat di Jl. Pepaya 31 RT/RW 04/06 Plumbon, Kecamatan Pandaan, Kabupaten Pasuruan. Anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Mujiono dan Ibu Samrotul Fawaidah.

Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN Pandaan 1 dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Pandaan dan lulus pada tahun 2015. Setelah itu melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Pandaan dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis menempuh pendidikan Strata-I (S1) di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Program Studi Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan cukup aktif pada organisasi, komunitas, dan kepanitiaan. Penulis tergabung dalam organisasi non profit yang bergerak dalam bidang pendidikan Belajar_ind pada tahun 2021. Pada tahun 2020 penulis tergabung dalam Komunitas Tahfizh dan Bahasa Arab Matematika UIN Malang (Al-Farazi) dan menjadi pengurus komunitas pada tahun 2021 hingga sekarang.



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Helmalia Alfidha Lovtyaji
NIM : 18610046
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Implementasi Metode *Principal Component Analysis* dalam Menganalisis Kerawanan Sambaran Petir (Studi Kasus: Sambaran Petir Kota dan Kabupaten Pasuruan)
Pembimbing I : Ria Dhea Layla N. K, M.Si
Pembimbing II : Erna Herawati, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	18 Januari 2022	Konsultasi Bab I	1. [Signature]
2.	24 Januari 2022	Konsultasi Revisi Bab I	2. [Signature]
3.	7 Februari 2022	Konsultasi Bab II dan III	3. [Signature]
4.	10 Februari 2022	Konsultasi Revisi Bab II dan III	4. [Signature]
5.	11 Februari 2022	Konsultasi Kajian Agama	5. [Signature]
6.	14 Maret 2022	Konsultasi Revisi Kajian Agama	6. [Signature]
7.	1 April 2022	Konsultasi Revisi Bab II, dan III	7. [Signature]
8.	18 April 2022	Konsultasi Kajian Agama	8. [Signature]
9.	30 Mei 2022	Konsultasi Bab IV	9. [Signature]
10.	2 Juni 2022	Konsultasi bab V	10. [Signature]
11.	4 Juni 2022	Konsultasi Revisi Bab IV dan V	11. [Signature]
12.	4 Juni 2022	Konsultasi Bab IV dan V	12. [Signature]
13.	9 Juni 2022	Konsultasi Kajian Agama	13. [Signature]
14.	26 Juli 2022	ACC Bab I, II, III, IV, dan V	14. [Signature]
15.	1 Agustus 2022	ACC Integrasi Agama	15. [Signature]

Malang, 3 Agustus 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

[Signature]
Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005