

**PENERAPAN MULTIDIMENSIONAL SCALING PADA  
PEMETAAN WILAYAH DI DAERAH ISTIMEWA  
YOGYAKARTA BERDASARKAN FAKTOR PENENTU  
CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

**OLEH  
ALISA SALSABILA  
NIM. 200601110033**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**PENERAPAN MULTIDIMENSIONAL SCALING PADA  
PEMETAAN WILAYAH DI DAERAH ISTIMEWA  
YOGYAKARTA BERDASARKAN FAKTOR PENENTU  
CURAH HUJAN**

**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  
Alisa Salsabila  
NIM. 200601110033**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**PENERAPAN MULTIDIMENSIONAL *SCALING* PADA  
PEMETAAN WILAYAH DI DAERAH ISTIMEWA  
YOGYAKARTA BERDASARKAN FAKTOR PENENTU  
CURAH HUJAN**

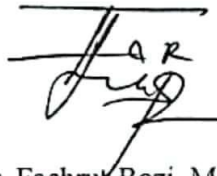
**SKRIPSI**

**Oleh:  
Alisa Salsabila  
NIM. 200601110033**

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji

Malang, 20 Juni 2024

Dosen Pembimbing I



Dr. Fachrul Rozi, M.Si.  
NIP. 19800527 200801 1 012

Dosen Pembimbing II



Erna Herawati, M.Pd.  
NIPPPK. 19760723 202321 2 006

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



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

**PENERAPAN MULTIDIMENSIONAL SCALING PADA  
PEMETAAN WILAYAH DI DAERAH ISTIMEWA  
YOGYAKARTA BERDASARKAN FAKTOR PENENTU  
CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
Alisa Salsabila  
NIM. 200601110033**

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

Tanggal 26 Juni 2024

Ketua Penguji : Abdul Aziz, M.Si.

Anggota Penguji I : Ria Dhea Layla N.K., M.Si.

Anggota Penguji II : Dr. Fachrur Rozi, M.Si.

Anggota Penguji III : Erna Herawati, M.Pd.



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



  
Dr. Ely Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alisa Salsabila  
NIM : 200601110033  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Penerapan Multidimensional *Scaling* pada Pemetaan Wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta Berdasarkan Faktor Penentu Curah Hujan

Menyatakan dengan sebenar-benarnya 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 dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2024  
Yang membuat pernyataan,



Alisa Salsabila  
NIM. 200601110033

## **MOTO**

*“Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(Q.S. Al-Baqarah:286)

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan jalan dan kelapangan hati hingga saat ini, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada.

Kedua orang tua penulis, bapak Muhadi dan ibu Suwarsih yang telah memberikan semangat dan dukungan moril maupun materiil secara utuh kepada penulis. Terima kasih Bapak dan Ibu telah menjadi alasan utama penulis untuk dapat bertahan dalam setiap proses, serta senantiasa mendoakan penulis selama menempuh pendidikan sehingga penulis mampu menyelesaikan studi sarjana. Menjadi suatu kebanggaan memiliki orang tua yang mendukung anaknya untuk mencapai cita-cita.

Adik penulis Mohamad Rizky Khoirullah yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kasih sayang kepada penulis. Terima kasih sudah menjadi adik yang baik bagi penulis dan memberikan motivasi kepada penulis agar senantiasa membentuk diri menjadi lebih baik dari hari kemarin.

Nenek Sulikah yang tidak pernah putus mendoakan serta memberikan semangat kepada penulis dalam menuntut ilmu.

Kepada Alisa Salsabila yang telah banyak memberikan waktu, pikiran, dan tenaga demi menyelesaikan tugas akhir hingga tuntas. Apresiasi dan persembahan untuknya karena telah mampu bertahan hingga detik ini.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Penerapan Multidimensional *Scaling* pada Pemetaan Wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta Berdasarkan Faktor Penentu Curah Hujan” ini dengan baik. Sholawat serta salam tetap tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan hingga menuju zaman yang terang benderang yaitu agama Islam serta yang selalu kita nantikan syafaatnya di akhirat kelak.

Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S-1) Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Atas terselesaikannya penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Ibu Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Bapak Dr. Fachrur Rozi, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, nasihat, doa, dan pengalaman dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah rela meluangkan waktu di sela-sela kesibukan Bapak.
5. Ibu Erna Herawati, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, nasihat, doa, dan pengalaman dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah rela meluangkan waktunya di sela-sela kesibukan Ibu.
6. Bapak Hisyam Fahmi, M.Kom. selaku dosen wali yang senantiasa memberikan semangat dan memberikan banyak pengalaman dalam menjalani perkuliahan.
7. Bapak Abdul Aziz, M.Si. selaku ketua penguji dalam ujian skripsi yang telah memberikan arahan, kritik, saran, dan ilmu yang bermanfaat bagi peneliti.



8. Ibu Ria Dhea Layla N.K., M.Si. selaku anggota penguji I dalam ujian skripsi yang telah memberikan arahan serta ilmu yang bermanfaat kepada peneliti.
9. Seluruh civitas akademika Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya dosen yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman berharga bagi para peneliti.
10. BMKG Klimatologi Kelas IV Yogyakarta yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada peneliti untuk memperoleh data dan informasi terkait penelitian.
11. Teristimewa dari peneliti untuk kedua orang tua dan adik serta nenek peneliti yang selalu senantiasa memberikan dukungan kepada peneliti baik moril maupun materiil sehingga peneliti dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Terima kasih sudah menjadi alasan untuk tetap berjuang menyelesaikan tugas akhir.
12. Teman-teman terbaik peneliti terkhusus kepada “Kontrakan CeraH” beserta “Wacana Barokah” yang selalu ada dalam setiap proses dan bersedia menemani, membantu, dan mendukung peneliti baik secara langsung maupun tidak langsung.
13. Seluruh teman-teman seperjuangan MAHATMA’2020.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu menyelesaikan skripsi, baik moril maupun materiil.

Malang, 26 Juni 2024

Peneliti

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	
.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN .....	
.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	
.....	Error! Bookmark not defined.
MOTO .....	v
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Batasan Penelitian .....	9
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>10</b>
2.1 Teori Pendukung .....	10
2.1.1 Analisis Multivariat.....	10
2.1.2 Standardisasi Data .....	11
2.1.3 Jarak <i>Euclid</i> ( <i>Euclidean Distance</i> ).....	12
2.1.4 Matriks .....	13
2.1.5 <i>Multidimensional Scaling</i> .....	14
2.1.6 Nilai Eigen dan Vektor Eigen .....	23
2.1.7 Curah Hujan .....	25
2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an/ <i>Hadits</i> .....	28
2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	35
3.2 Jenis dan Sumber Data .....	35
3.3 Variabel Penelitian .....	36
3.4 Tahapan Analisis .....	36
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Statistik Deskriptif.....	40
4.2 Standardisasi Data .....	47
4.3 Proses <i>Multidimensional Scaling</i> .....	47
4.3.1 Penentuan Nilai Kemiripan ( <i>Similarity</i> ).....	47
4.3.2 Penentuan Matriks <i>Product Scalar</i> .....	50

4.3.3 Penentuan Titik Koordinat .....	52
4.3.4 Penentuan Matriks Disparatis .....	56
4.3.5 Penggabungan Konfigurasi MDS Objek dan Variabel .....	58
4.3.6 Pengujian Validitas Stimulus Koordinat .....	59
4.4 Proses Multidimensional <i>Scaling</i> Iterasi Kedua.....	60
4.4.1 Menjadikan Matriks Disparatis <b>D</b> Sebagai Matriks Jarak D	60
4.4.2 Penentuan Matriks <i>Product Scalar</i> .....	61
4.4.3 Penentuan Titik Koordinat .....	61
4.4.4 Menentukan Matriks Disparatis .....	64
4.4.5 Penggabungan Konfigurasi MDS Objek dan Variabel .....	65
4.4.6 Pengujian Validitas Stimulus Koordinat .....	66
4.5 Interpretasi Hasil Pemetaan Multidimensional <i>Scaling</i> .....	68
4.6 Penerapan MDS dalam Pandangan Islam .....	74
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>83</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>8312</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Kriteria Nilai Stress.....	22
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	35
Tabel 3.2 Pembagian Wilayah.....	36
Tabel 4.1 Titik Koordinat Objek Iterasi 1.....	54
Tabel 4.2 Titik Koordinat Variabel Iterasi 1.....	56
Tabel 4.3 Hasil Stress Iterasi 1.....	60
Tabel 4.4 Titik Koordinat Objek Iterasi 2.....	62
Tabel 4.5 Titik Koordinat Variabel Iterasi 2.....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 4.1	Statistika Deskriptif Variabel Suhu Udara .....	40
Gambar 4.2	Statistika Deskriptif Variabel Suhu Udara .....	41
Gambar 4.3	Statistika Deskriptif Variabel Tekanan Udara .....	42
Gambar 4.4	Statistika Deskriptif Variabel Intensitas Cahaya Matahari .....	42
Gambar 4.5	Statistika Deskriptif Variabel Penguapan .....	43
Gambar 4.6	Statistika Deskriptif Variabel Kecepatan Angin .....	43
Gambar 4.7	Statistika Deskriptif Variabel Arah Angin .....	44
Gambar 4.8	Statistika Deskriptif Variabel Titik Embun.....	44
Gambar 4.9	Statistika Deskriptif Variabel Polusi .....	45
Gambar 4.10	Statistika Deskriptif Variabel Suhu Permukaan Laut (QFF) .....	46
Gambar 4.11	Statistika Deskriptif Variabel Jarak Pandang Mendatar (Awan)	46
Gambar 4.12	Hasil Konfigurasi MDS 2 Dimensi Untuk Objek dan Variabel Iterasi 1 Tahun 2019.....	58
Gambar 4.13	Hasil Konfigurasi MDS 2 Dimensi Untuk Objek dan Variabel Iterasi 2 Tahun 2019.....	65
Gambar 4.14	Hasil Konfigurasi Objek Tahun 2019-2023 Iterasi 2.....	68
Gambar 4.15	Hasil Konfigurasi Variabel Tahun 2019-2023 Iterasi 2.....	69
Gambar 4.16	Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2019.....	72
Gambar 4.17	Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2020.....	73
Gambar 4.18	Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2021 .....	73
Gambar 4.19	Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2022.....	73
Gambar 4.20	Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2023 .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Faktor Penentu Curah Hujan Bulan Januari – Desember Tahun 2019 -2023.....	83
Lampiran 2.	Hasil Standardisasi Data.....	84
Lampiran 3.	Matriks Antar Objek ( $D_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	86
Lampiran 4.	Matriks Antar Variabel ( $D_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	88
Lampiran 5.	Matriks Antar Objek ( $B_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	91
Lampiran 6.	Matriks Antar Variabel ( $B_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	93
Lampiran 7.	Hasil Nilai Eigen Objek dan Variabel Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	96
Lampiran 8.	Matriks Vektor Eigen Objek ( $V_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	97
Lampiran 9.	Hasil Vektor Eigen Variabel ( $V_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1.....	99
Lampiran 10.	Titik Koordinat Objek Tahun 2020 – 2023 Iterasi 1.....	102
Lampiran 11.	Titik Koordinat Variabel Tahun 2020 – 2023 Iterasi 1.....	103
Lampiran 12.	Matriks Disparatis Antar Objek ( $\hat{D}_o$ ) Tahun 2019 – 2023 Iterasi 1.....	104
Lampiran 13.	Matriks Disparatis Antar Variabel ( $\hat{D}_v$ ) Tahun 2019 – 2023 Iterasi 1.....	106
Lampiran 14.	<i>Script</i> MDS Metrik.....	109

## ABSTRAK

Salsabila, Alisa. 2024. **Penerapan Multidimensional Scaling pada Pemetaan Wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta Berdasarkan Faktor Penentu Curah Hujan.** Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Fachrur Rozi, M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

**Kata Kunci:** Multidimensional *Scaling*, Curah Hujan, Pemetaan Wilayah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Analisis Multivariat.

Pemetaan wilayah memiliki peran penting dalam antisipasi terhadap segala bencana yang mungkin akan terjadi. Pemetaan wilayah berfungsi sebagai sumber visualisasi informasi yang dapat menjadi dasar untuk perencanaan kebijakan dalam upaya mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Multidimensional Scaling (MDS) dalam pemetaan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) berdasarkan faktor penentu curah hujan tahun 2019 sampai 2023. Dianalisis menggunakan MDS untuk memvisualisasikan posisi relatif antar wilayah berdasarkan tingkat kemiripannya dalam faktor-faktor seperti suhu udara, kelembaban, tekanan udara, intensitas penyinaran matahari, penguapan, kecepatan angin, arah angin, titik embun, polusi, suhu permukaan laut, dan jarak pandang mendatar. Langkah-langkah analisis meliputi penentuan nilai kemiripan (*similarity*), penentuan matriks *product scalar*, penentuan titik koordinat, penentuan matriks disparatis, dan pengujian validitas stimulus. Hasil penelitian menunjukkan wilayah DIY dapat dikelompokkan ke dalam empat kuadran berdasarkan kondisi cuaca dan faktor-faktor penentu curah hujan. Kuadran I menunjukkan wilayah dengan kualitas udara yang baik. Kuadran II menunjukkan wilayah dengan kondisi cuaca di beberapa wilayah DIY terbilang cukup baik. Kuadran III menunjukkan wilayah dengan variabel penguapan, QFF, tekanan udara masih perlu untuk diperbaiki. Kuadran IV menunjukkan beberapa variabel yang memiliki kondisi cukup baik. Penerapan MDS pada pemetaan wilayah di DIY diharapkan dapat menjadi informasi dan pertimbangan bagi BMKG Stasiun Klimatologi Kelas IV DIY untuk meningkatkan penanganan bencana.

## ***ABSTRACT***

Salsabila, Alisa. 2024. **Application of Multidimensional Scaling in Regional Mapping in the Special Region of Yogyakarta Based on Rainfall Determinants**. Undergraduate Thesis. Mathematics Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Dr. Fachrur Rozi, M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

**Keywords:** Multidimensional Scaling, Rainfall, Regional Mapping, Special Region of Yogyakarta, Multivariate Analysis

Area mapping has an important role in anticipating any disasters that may occur. Regional mapping serves as a source of visualization of information that can be the basis for policy planning in disaster mitigation efforts. This research aims to apply the Multidimensional Scaling (MDS) method in mapping areas in the Special Region of Yogyakarta (DIY) based on rainfall determinants from 2019 to 2023. It was analyzed using MDS to visualize the relative position between regions based on their level of similarity in factors including air temperature, humidity, air pressure, solar intensity, evaporation, wind speed, wind direction, dew point, pollution, sea surface temperature, and horizontal visibility. The analysis steps include determining the similarity value, determining the scalar product matrix, determining the coordinate point, determining the disparate matrix, and testing the validity of the stimulus. The results show that the DIY region can be grouped into four quadrants based on weather conditions and rainfall determinants. Quadrant I shows areas with good air quality. Quadrant II shows areas where weather conditions in some areas of Yogyakarta are fairly good. Quadrant III shows areas where the variables of exposure, QFF, air pressure still need to be improved. Quadrant IV shows several variables that have fairly good conditions. The application of MDS to regional mapping in DIY is expected to be information and consideration for BMKG Class IV Climatology Station DIY to improve disaster management.



## مستخلص البحث

سالسايبلا، إيسا. ٢٠٢٤. تطبيق القياس متعدد الأبعاد في رسم الخرائط الإقليمية بمنطقة على أساس محددات هطول الأمطار. البحث الجامع. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. فخر الرازي، الماجستير. المشرف الثاني: إرنا هيراواتي، الماجستير.

**الكلمات الرئيسية:** القياس متعدد الأبعاد، هطول الأمطار، رسم الخرائط الإقليمية، منطقة يوجياكارتا، التحليل متعدد المتغيرات.

تلعب خرائط المناطق دوراً مهماً في التوقع لجميع الكوارث المحتملة. تعمل خرائط المناطق كمصدر لتصوير المعلومات التي يمكن أن تكون أساساً لتخطيط السياسات في جهود التخفيف من الكوارث. تهدف هذه الدراسة إلى تطبيق طريقة القياس متعدد الأبعاد (MDS) في رسم خرائط المناطق في منطقة يوجياكارتا الخاصة (DIY) بناءً على العوامل المحددة لهطول الأمطار من عام ٢٠١٩ إلى ٢٠٢٣. تم تحليلها باستخدام MDS لتصوير المواقع النسبية بين المناطق بناءً على درجة التشابه في العوامل مثل درجة حرارة الهواء، الرطوبة، ضغط الهواء، شدة إشعاع الشمس، التبخر، سرعة الرياح، اتجاه الرياح، نقطة الندى، التلوث، درجة حرارة سطح البحر، ومدى الرؤية الأفقية. تشمل خطوات التحليل تحديد قيم التشابه، تحديد مصفوفة الجداء القياسي، تحديد نقاط الإحداثيات، تحديد مصفوفة التفاوت، واختبار صلاحية المنبهات. أظهرت نتائج البحث أن منطقة DIY يمكن تقسيمها إلى أربعة أرباع بناءً على حالة الطقس والعوامل المحددة لهطول الأمطار. يشير الربع الأول إلى المناطق ذات جودة الهواء الجيدة. يشير الربع الثاني إلى المناطق ذات الظروف الجوية الجيدة نسبياً في بعض أجزاء DIY. يشير الربع الثالث إلى المناطق التي لا تزال بحاجة إلى تحسين في متغيرات التبخر، درجة حرارة سطح البحر، وضغط الهواء. يشير الربع الرابع إلى بعض المتغيرات التي تتمتع بحالة جيدة نسبياً. يُتوقع أن يكون تطبيق MDS على رسم خرائط المناطق في DIY معلومات واعتبارات لمحة الأرصاد الجوية (BMKG) في DIY لتصدي إدارة للكوارث.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Analisis multivariat adalah sebuah metode analisis statistik yang melibatkan banyak variabel, dan istilah "multivariat" berasal dari gabungan kata "multi" (banyak) dan "variat" (variabel). Pendekatan ini merupakan perkembangan lebih lanjut dari analisis univariat (satu variabel) dan bivariat (dua variabel). Dalam analisis multivariat, fokus utamanya adalah pada pengolahan lebih dari dua variabel sekaligus (Supranto, 2010). Penggunaan analisis multivariat diperlukan karena masalah yang dihadapi tidak dapat diatasi hanya dengan menghubungkan dua atau lebih variabel secara sederhana (Pradita dkk., 2019). Analisis multivariat bermanfaat dalam memahami realitas yang kompleks dengan penggunaan variabel yang tidak dibatasi jumlah dan tingkat pengukuran yang beragam. Dengan kata lain, analisis multivariat memungkinkan analisis terhadap keseluruhan variabel secara bersamaan dan juga dalam menentukan pengaruh masing-masing variabel terhadap variabel target (Sihombing, 2022). Ada beberapa metode analisis multivariat yang termasuk dalam kategori ini, dan salah satu diantaranya adalah metode *Multidimensional Scaling* yang relevan untuk diterapkan dalam masalah ini (Santoso, 2017).

*Multidimensional Scaling* (MDS) adalah suatu teknik yang memanfaatkan matriks jarak atau matriks kesamaan untuk menciptakan sebuah *representasi spasial* yang mencerminkan tingkat kemiripan atau perbedaan antara berbagai objek, subjek, atau stimulus yang terlibat (Härdle dkk., 2007). Metode ini biasanya digunakan untuk mendapatkan posisi *relative* suatu objek dibandingkan objek lain.

MDS memiliki dua jenis (skala dimensi ganda), yang pertama yaitu perskalaan metrik yang biasanya memiliki jarak tipe rasio dan yang kedua yaitu perskalaan non metrik yang memiliki jarak tipe ordinal. MDS berhubungan dengan pembuatan peta yang digunakan untuk memvisualisasikan posisi relatif antara berbagai objek berdasarkan tingkat kemiripan di antara objek-objek tersebut tersebut (Nahar, 2016).

Metode MDS memiliki kelebihan dapat mempresentasikan kesamaan dan ketidaksamaan data yang memiliki dimensi rendah, sehingga data dapat diperiksa secara visual (Idrus, 2006). Data yang kompleks dapat divisualisasikan secara lebih sederhana dengan MDS, sehingga memudahkan pemahaman dan interpretasi data. Dengan menggunakan MDS, dapat lebih mudah melihat struktur data dan pola data yang sulit terlihat dalam dimensi aslinya sehingga dapat mengidentifikasi kelompok atau hubungan antar data. Metode ini juga dapat mengurangi dimensi data tanpa kehilangan informasi yang penting. Selain itu, MDS dapat digunakan untuk mengelompokkan objek, yang mana merupakan alternatif untuk analisis *cluster*. MDS adalah suatu metode yang sering digunakan dalam pemetaan *perceptual*. Tujuannya adalah untuk memberikan gambaran *visual* dari hubungan kedekatan atau jarak yang berupa kesamaan atau jarak antara sekelompok objek. Selain itu, MDS dapat digunakan untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan tingkat kemiripan dan jumlah variabel yang dianggap relevan untuk pengelompokkan objek tersebut (Masuku dkk., 2014).

Metode *MDS* dapat digunakan dalam berbagai konteks permasalahan, seperti sosial, ekonomi, dan pendidikan. Penelitian menggunakan metode *Multidimensional Scaling* pernah beberapa kali diteliti. Pertama dilakukan oleh

Nafisah & Setiawan (2019) terhadap pemetaan karakteristik kemiskinan di provinsi Banten menggunakan *Multidimensional Scaling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Tangerang, Kota Tangerang Selatan, dan Kota Cilegon memiliki tingkat kesamaan yang cukup tinggi dalam ciri-ciri  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_9$ . Di sisi lain, Kota Cilegon, Kabupaten Serang, Kota Serang, dan Kabupaten Tangerang memiliki kesamaan yang relatif tinggi dalam ciri  $x_8$ , sementara  $x_{10}$  menjadi ciri yang paling mendekati Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Lebak. Dengan nilai stress sebesar 11,4% dan  $R^2$  sebesar 0,988, hal ini menunjukkan bahwa analisis *Multidimensional Scaling* dapat diterima.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Nasution & Jana (2021) tentang pemetaan aplikasi pembelajaran daring menggunakan MDS. Dalam penelitiannya, tujuh aplikasi populer untuk pembelajaran *online* digunakan, seperti *WhatsApp*, *Telegram*, *Google Classroom*, *Schoology*, *Microsoft Teams*, *LMS Moodle*, dan *Edmodo*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam peta spasial yang dibentuk melalui analisis, terdapat tiga kelompok yang teridentifikasi. Kelompok pertama terdiri dari *Telegram* dan *WhatsApp*, kelompok kedua terdiri dari *Moodle*, *Schoology*, dan *Edmodo*, sementara kelompok ketiga terdiri dari *Google Classroom* dan *Microsoft Teams*. Hasil analisis *Multidimensional Scaling* ini menunjukkan tingkat *Stress* sebesar 4,98% dan  $R^2$  sebesar 0,993, menunjukkan bahwa hasilnya sangat baik.

Penelitian ini menggunakan studi kasus pemetaan wilayah berdasarkan faktor penentu curah hujan di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang akan diteliti menggunakan metode MDS. Curah hujan merupakan salah satu bagian dari cuaca dan iklim. Negara yang memiliki iklim tropis, seperti Indonesia, sangat

mengandalkan hujan dalam banyak sektor termasuk pertanian, transportasi udara, dan *logistik* (Wahyuni dkk., 2017). Menurut pemerintah setempat, wilayah DIY memiliki curah hujan tinggi dan kondisi yang sangat lembab, sehingga intensitas hujan yang kuat sering terjadi. Ini adalah situasi berpotensi berbahaya karena dapat mengakibatkan dampak negatif seperti banjir, tanah longsor, dan bencana alam lainnya yang merugikan berbagai sektor, termasuk pertanian, pariwisata, ekonomi, dan transportasi serta berdampak buruk pada kehidupan masyarakat secara umum (Fransiska dkk., 2020). Oleh sebab itu, informasi tentang pemetaan wilayah DIY sangat penting untuk diketahui.

Besarnya curah hujan yang turun di daerah tropis seringkali berbeda-beda dari satu tahun ke tahun berikutnya, dan juga dapat berubah dari musim ke musim dalam rentang waktu satu bulan. Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan musim adalah perhitungan curah hujan (Imogiri, 2020). Perhitungan curah hujan dapat dilakukan dalam skala harian, bulanan, atau tahunan. Jika setiap harinya terjadi curah hujan yang tinggi, ini menandakan periode musim hujan, sementara jika sebaliknya, maka ini menunjukkan musim kemarau. Kehadiran hujan memiliki peranan penting dalam kehidupan karena mampu menyediakan pasokan air yang sangat diperlukan oleh semua bentuk kehidupan. Curah hujan merupakan tolak ukur untuk melakukan suatu pekerjaan, misalnya pertanian,

Kegiatan pertanian adalah usaha yang sangat tergantung pada faktor-faktor iklim dan cuaca dalam pemanfaatan sumber daya alam. Di wilayah DIY sendiri merupakan wilayah yang sangat bergantung pada pertanian. Meskipun wilayah DIY hanya mencakup 0,167% dari total wilayah Indonesia, sektor pertaniannya dapat memberikan kontribusi sebesar 0,73% terhadap Produk Domestik Bruto

(PDB) sektor pertanian (Nurmaliza, 2020). Salah satu faktor keberhasilan tingkat produksi kedua hasil pertanian tersebut tidak terlepas dari tingkat curah hujan. Pemetaan curah hujan pada sektor pertanian sangat penting dilakukan yang diharapkan dapat membantu mencegah kerugian akibat gagal panen. Curah hujan dapat dianggap sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi baik kualitas maupun jumlah produksi pertanian di wilayah tersebut. Mengingat beberapa tahun terakhir curah hujan di DIY mulai tidak menentu dan perubahannya menjadi semakin *ekstrim*. Perubahan curah hujan dan durasi hujan dapat memiliki dampak langsung pada kondisi pertanian, dan hal ini dapat membahayakan kelangsungan usaha pertanian yang sedang dijalankan. Puncak musim hujan 2022 DIY diperkirakan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta jatuh antara Januari sampai Februari. Intensitas curah hujan yang tinggi menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir di wilayah DIY. Dilansir dari website Jogjatribun.com, berdasarkan laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DIY, banjir melanda Sleman tepatnya di *Underpass* Kentungan dan Jalan Magelang.

Salah satu upaya mengurangi dampak bencana yaitu melakukan pemetaan wilayah di wilayah DIY. Dengan mengetahui pemetaan tersebut, maka dapat dilakukan antisipasi terhadap segala bencana yang mungkin akan terjadi. Pemetaan wilayah berfungsi sebagai sumber visualisasi informasi di DIY, yang dapat menjadi dasar untuk perencanaan kebijakan dalam upaya mitigasi bencana di DIY. Oleh karena itu, keakuratan informasi cuaca menjadi sangat krusial karena memiliki dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Dalam upaya memperoleh informasi cuaca yang akurat, terdapat berbagai sumber yang dapat dijadikan referensi, seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

(BMKG). Selanjutnya, penting untuk melakukan pengolahan data cuaca dengan menggunakan metode yang sesuai agar dapat memetakan cuaca menjadi tiga kategori, yaitu curah hujan tinggi, sedang, dan rendah.

Cuaca menjadi faktor penting dalam kehidupan manusia, terutama di bidang pertanian. Perubahan seperti peningkatan curah hujan yang terjadi pada akhir-akhir ini dapat menyadarkan manusia akan keagungan penciptaan Allah SWT. sebagaimana firman Allah SWT pada Surah Al-A'raf ayat 57 yang berbunyi (Kementrian Agama RI, 2022):

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۗ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٥٧﴾

Artinya:

*“Dialah yang mendatangkan angin sebagai kabar gembira yang mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan) sehingga apabila (angin itu) telah memikul awan yang berat, Kami halau ia ke suatu negeri yang mati (tandus), lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang-orang mati agar kamu selalu ingat.”*

Pada ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT memberikan nikmat kepada manusia dengan meniupkan dan menggerakkan angin sebagai tanda mendahului kedatangan Rahmat-Nya yaitu turunnya hujan. Sehingga apabila angin membawa awan mendung, akan dibawa ke daerah yang kering dan tandus yang telah rusak tanamannya karena ketiadaan air. Lalu diturunkannya hujan lebat di daerah yang kering tersebut hingga daerahnya menjadi subur. Kemudian dengan turunnya hujan tersebut, Allah SWT tumbuhkan berbagai macam buah dan tanaman serta menyuburkan tanah yang awalnya mati. Secara keseluruhan, Surah Al-A'raf ayat 57 mengajarkan tentang kekuasaan Allah SWT dalam mengatur alam semesta,

pemberian rahmat-Nya melalui hujan, dan harapan akan kehidupan yang terus berputar seiring dengan rahmat Allah SWT.

Penelitian terkait curah hujan pernah beberapa kali dilakukan. Penelitian tersebut diantaranya dilakukan oleh Nur Latifah dkk., (2023) tentang Prediksi Curah Hujan Menggunakan Algoritma Regresi Linear Berganda. Penelitian ini fokus pada analisis iklim di wilayah Yogyakarta, yang mencakup pegunungan dan dataran rendah, mengakibatkan variasi curah hujan. Variabel yang digunakan untuk melakukan prediksi mencakup beberapa parameter yang berpengaruh terhadap curah hujan, seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari. Metode penelitian melibatkan penggunaan algoritma Regresi Linear Berganda, dengan curah hujan sebagai variabel dependen dan parameter lain sebagai variabel independen. Data yang digunakan berasal dari catatan iklim Yogyakarta dari tahun 2010 hingga 2022. Hasil analisis menunjukkan  $R^2$  score sebesar 12,99%, dengan prediksi curah hujan sebesar 14.4178. Evaluasi menggunakan RMSE mengungkapkan nilai error antara prediksi dan curah hujan sebenarnya sebesar 14.7832.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini melakukan terkait pemetaan wilayah di DIY berdasarkan faktor-faktor penentu curah hujan yaitu suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, intensitas penyinaran matahari, penguapan, kecepatan angin, arah angin, titik embun, polusi, suhu permukaan laut, jarak pandang mendatar (awan) menggunakan MDS. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dalam proses pemetaan wilayah di DIY ke depannya.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana hasil penerapan *Multidimensional Scaling* dalam memetakan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan faktor-faktor penentu curah hujan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui hasil penerapan *Multidimensional Scaling* dalam memetakan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan faktor-faktor penentu curah hujan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan sebagai berikut.

### 1. Bagi Peneliti

Memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan tentang penerapan analisis *Multidimensional Scaling* dalam memetakan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan faktor penentu curah hujan.

### 2. Bagi Pembaca

Memberikan informasi dan wawasan tentang penerapan analisis *Multidimensional Scaling* dalam memetakan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan faktor penentu curah hujan serta dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

### 3. Bagi Instansi

Dapat dijadikan informasi dan pertimbangan bagi BMKG Stasiun Klimatologi Kelas IV Daerah Istimewa Yogyakarta untuk meningkatkan penanganan bencana banjir berdasarkan pemetaan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Agar penelitian ini menjadi terarah sesuai dengan yang diinginkan, maka permasalahan yang akan dibahas harus diberi batasan. Penelitian ini hanya terfokus pada faktor penentu curah hujan yang meliputi, suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, intensitas penyinaran matahari, penguapan, kecepatan angin, arah angin, titik embun, polusi (pencemaraan udara), tekanan permukaan laut (QFF), jarak pandang mendatar (awan) bulan Januari sampai Desember periode 2019-2023.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **2.1 Teori Pendukung**

##### **2.1.1 Analisis Multivariat**

Analisis multivariat adalah sebuah metode analisis statistik yang melibatkan banyak variabel, dan istilah "multivariat" berasal dari gabungan kata "multi" (banyak) dan "variat" (variabel). Pendekatan ini merupakan perkembangan lebih lanjut dari analisis univariat (satu variabel) dan bivariat (dua variabel). Dalam analisis multivariat, fokus utamanya adalah pada pengolahan lebih dari dua variabel sekaligus (Supranto, 2010). Analisis multivariat adalah suatu pendekatan statistik yang berkaitan dengan lebih dari dua variabel atau lebih, di mana terdapat banyak variabel yang diamati dan saling memengaruhi satu sama lain (Anuraga, 2015).

Analisis multivariat pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu analisis dependensi dan analisis interdependensi. Analisis dependensi bertujuan untuk menjelaskan atau memprediksi variabel yang bergantung (variabel dependen) dengan memanfaatkan dua atau lebih variabel independen. Yang termasuk dalam analisis ini adalah Analisis Regresi Linear Berganda, Analisis Diskriminan, Analisis Varian Multivariat (MANOVA), dan Analisis Korelasi Kanonikal. Di sisi lain, analisis interdependensi bertujuan untuk memberikan interpretasi terhadap serangkaian variabel atau mengelompokkan variabel secara bersama-sama. Yang termasuk dalam analisis ini adalah Analisis Faktor, Analisis *Cluster*, dan *Multidimensional Scaling* (Wijaya dkk., 2016).

Dalam analisis multivariat, informasi data sering kali direpresentasikan dalam bentuk matriks, dimana jika terdapat  $n$  baris (pengamatan) dan  $p$  kolom (variabel) dengan bentuk umum digambarkan pada matriks  $\mathbf{Y}$  sebagai berikut (Supranto, 2010):

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1j} & \cdots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2j} & \cdots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \cdots & y_{ij} & \cdots & y_{ip} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nj} & \cdots & y_{np} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

dengan

$y_{ij}$  : Elemen dari matriks  $\mathbf{Y}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n, j = 1, 2, 3, \dots, p$ )

$n$  : Banyaknya objek

$p$  : Banyaknya variabel

### 2.1.2 Standardisasi Data

Jika terdapat perbedaan yang signifikan dalam satuan ukuran antar variabel yang sedang diolah, standardisasi data menjadi langkah yang penting. Standardisasi ini penting dilakukan untuk menyamakan skala pada masing-masing data. Misalnya, jika terdapat dua variabel dengan satuan yang berbeda seperti *celsius* dan milimeter. Ketidakteraturan ini, jika tidak disesuaikan melalui standardisasi, saat dilakukan pemetaan atau analisis, akan menimbulkan perubahan yang besar dalam skala data. Perbedaan yang signifikan dalam satuan ukuran ini dapat menyebabkan hasil perhitungan pada analisis menjadi tidak valid (Ulinuh, 2020). Standardisasi data dilakukan terhadap variabel yang relevan ke dalam bentuk *z-score* seperti berikut (Sroyer dkk., 2022):

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_j}{\sigma_j} \quad (2.2)$$

dengan

$x_{ij}$  : Nilai standar (*z-score*) dari data ke- $i$  pada variabel ke- $j$

$y_{ij}$  : Nilai data ke- $i$  pada variabel ke- $j$

$\bar{y}_j$  : Rata-rata dari semua nilai pada variabel ke- $j$

$\sigma_j$  : Standar deviasi dari semua nilai pada variabel ke- $j$

### 2.1.3 Jarak *Euclid* (*Euclidean Distance*)

Pengukuran kemiripan antara objek sering kali dilakukan melalui penggunaan berbagai metrik jarak. Metode yang sering digunakan mencakup *Euclidean Distance*, *Mahalanobis Distance*, *City-Block Distance* (*Manhattan*), dan lain sebagainya (Mattjik dkk., 2011). Penentuan kesamaan antara observasi dilakukan dengan memperhatikan *similarity* atau *proximity* antara setiap pasang observasi. Salah satu ukuran *proximity* yang umum digunakan adalah fungsi *Euclidean Distance*. Persamaan jarak *Euclidean* dalam dimensi  $n$  dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (2.3)$$

dengan

$d_{ij}^2$  : Nilai kemiripan antara objek  $i$  dan  $j$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$

$x_{ik}$  : Nilai dari objek ke- $i$  pada variabel ke- $k$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$

$p$  : Jumlah variabel

### 2.1.4 Matriks

Suatu matriks merupakan susunan persegi panjang dari elemen-elemen bilangan. Elemen-elemen ini dikenal sebagai entri dari matriks. Berikut ini beberapa contoh matriks-matriks tersebut (Anton dkk., 1991):

#### 1. Matriks Simetrik

Sebuah matriks  $A$  berukuran  $n \times n$  dikatakan simetrik jika  $A^T = A$ . Sebagai contoh:

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 8 & -3 \\ 8 & 0 & 1 \\ -3 & 1 & 9 \end{bmatrix}$$

Matriks diatas merupakan matriks simetrik. Jika  $a_{ij}$  adalah unsur ke- $(i, j)$  dari matriks  $A$ , maka untuk matriks simetrik  $a_{ij} = a_{ji}$ , untuk semua  $i$  dan  $j$ .

#### 2. Matriks Diagonal

Sebuah matriks  $A$  berukuran  $n \times n$  disebut matriks diagonal apabila semua unsur non-diagonalnya bernilai 0. Dalam kasus ini, matriks diagonal adalah matriks simetrik. Pada situasi tertentu digunakan notasi  $\text{diag}(A)$ , yang berarti sebuah matriks yang mempertahankan unsur-unsur diagonal  $A$  dan mengganti unsur non-diagonal dengan 0. Sebagai ilustrasi:

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 9 \end{bmatrix}$$

#### 3. Matriks Ortogonal

Sebuah matriks  $A$  berukuran  $n \times n$  dikatakan sebagai matriks orthogonal jika  $A^T A = A A^T = I_n$ . Hal ini secara cukup setara dengan mengatakan bahwa semua baris atau kolom matriks  $A$  bersifat ortogonal satu dengan yang lain. Dengan

demikian,  $A$  juga bersifat non-singular, dan jelas bahwa  $A^T$  juga bersifat ortogonal. Sebagai contoh (Mattjik dkk., 2011):

$$A = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{2}{\sqrt{6}} \end{bmatrix}$$

### 2.1.5 Multidimensional *Scaling*

#### 1. Pengertian Multidimensional *Scaling*

Multidimensional *Scaling* (MDS) adalah sebuah metode yang melibatkan beberapa variabel dan dapat digunakan untuk menetapkan posisi suatu objek relatif terhadap objek lain berdasarkan penilaian kemiripannya. MDS sering disebut sebagai Peta Persepsi (*Perceptual Map*). Ini terkait dengan menciptakan peta untuk mengilustrasikan letak suatu objek berdasarkan tingkat kesamaan dengan objek lainnya. Dari definisi tersebut, dapat dilihat bahwa kegunaan MDS adalah untuk visualisasi objek-objek berdasarkan tingkat kemiripan yang dimiliki dan juga untuk mengelompokkan objek-objek yang memiliki kesamaan berdasarkan beberapa variabel atau atribut tertentu yang dianggap dapat mengelompokkan objek-objek tersebut (Masuku dkk., 2014).

Secara umum, MDS berguna untuk mengidentifikasi dimensi-dimensi kunci yang relevan dalam mengevaluasi objek, menentukan jumlah dimensi yang relevan dalam suatu konteks tertentu, menilai signifikansi relatif setiap dimensi, dan memahami bagaimana objek berhubungan satu sama lain. MDS merupakan alat matematika yang digunakan untuk merepresentasikan tingkat kedekatan antar

objek dalam bentuk peta atau representasi visual. Prosedur MDS memberikan informasi yang berguna dalam konteks hubungan antar objek, terutama ketika dimensi-dimensi yang mendasari suatu penilaian tidak diketahui. Tujuan utama dari analisis MDS adalah memetakan objek-objek dalam ruang multidimensi sehingga posisi relatif mereka mencerminkan tingkat kedekatan antar objek.

## 2. Jenis Multidimensional Scaling

Data dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis berdasarkan skala pengukuran, yakni skala nominal, ordinal, interval, dan rasio. Dalam metode Multidimensional Scaling, terdapat 2 jenis, yaitu Multidimensional Scaling Metrik dan Multidimensional Scaling Nonmetrik

### a. Multidimensional Scaling Metrik

Dalam *Multidimensional Scaling* metrik, yang digunakan adalah data jarak yang mengikuti skala interval atau rasio. Prosedur MDS metrik bertujuan untuk menyusun titik-titik objek sedekat mungkin sesuai dengan input jarak yang diberikan, dan membentuk geometri yang merepresentasikan hubungan jarak antara objek.

Diberikan matriks jarak  $\mathbf{D} = d_{ij}^2$  adalah *Euclidean Distance* antara objek ke- $i$  dan ke- $j$ . Matriks  $\mathbf{D}$  berukuran  $(n \times n)$ , dengan  $n$  adalah jumlah objek. Dimana bentuk dari matriks  $\mathbf{D}$  adalah sebagai berikut (Härdle & Simar, 2007)

$$\mathbf{D} = (d_{ij}^2)_{n \times n} = \begin{bmatrix} d_{11}^2 & d_{12}^2 & \cdots & d_{1j}^2 & \cdots & d_{1n}^2 \\ d_{21}^2 & d_{22}^2 & \cdots & d_{2j}^2 & \cdots & d_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{i1}^2 & d_{i2}^2 & \cdots & d_{ij}^2 & \cdots & d_{in}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1}^2 & d_{n2}^2 & \cdots & d_{nj}^2 & \cdots & d_{nn}^2 \end{bmatrix}$$



Diasumsikan  $\mathbf{X} = (x_1, \dots, x_n)^T$  sebagai matriks koordinat, dan diasumsikan  $\bar{x} = 0$ . Sehingga jarak *Euclid* antara titik ke- $i$  dan ke- $j$  berdasarkan Persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} d_{ij}^2 &= \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \\ &= \sum_{k=1}^p ((x_{ik})^2 + (x_{jk})^2 - 2x_{ik}x_{jk}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan

$$\sum_{k=1}^p (x_{ik})^2 = \mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_i \quad (2.5)$$

$$\sum_{k=1}^p (x_{jk})^2 = \mathbf{x}_j^T \mathbf{x}_j \quad (2.6)$$

$$\sum_{k=1}^p (-2x_{ik}x_{jk}) = -2\mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_j \quad (2.7)$$

Matriks  $\mathbf{B}$  adalah matriks hasil kali yang mencerminkan hubungan antara koordinat objek dalam ruang *Euclid*. Setiap elemen  $b_{ij}$  dihitung sebagai:

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^p x_{ik}x_{jk} = \mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_j \quad (2.8)$$

dengan

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, p)$$

Untuk mencari  $\mathbf{B}$  dapat menggunakan jarak  $d_{ij}^2$ , yang menyatakan hubungan antara jarak *Euclid* dan elemen matriks  $\mathbf{B}$ , maka Persamaan (2.4), dengan substitusi (2.5), (2.6), dan (2.7) diperoleh

$$\begin{aligned}
 d_{ij}^2 &= \mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_i + \mathbf{x}_j^T \mathbf{x}_j - 2\mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_j \\
 &= b_{ii} + b_{jj} - 2b_{ij} \\
 -2b_{ij} &= d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj} \\
 b_{ij} &= -\frac{1}{2}(d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj}) \tag{2.9}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, pusatkan matriks koordinat  $\mathbf{X}$  yang berarti bahwa  $\sum_{i=1}^n b_{ij} = 0$ .

Dengan menjumlahkan Persamaan (2.9) pada  $i$ , diperoleh

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n b_{ij} &= \sum_{i=1}^n \left( -\frac{1}{2}(d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj}) \right) \\
 0 &= -\frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 - \sum_{i=1}^n b_{ii} - nb_{jj} \right) \\
 \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 &= \sum_{i=1}^n b_{ii} + nb_{jj} \\
 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii} + b_{jj} \\
 b_{jj} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii} \tag{2.10}
 \end{aligned}$$

menjumlahkan Persamaan (2.9) pada  $j$ , diperoleh

$$\sum_{j=1}^n b_{ij} = \sum_{j=1}^n \left( -\frac{1}{2}(d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj}) \right)$$

$$0 = -\frac{1}{2} \left( \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - nb_{ii} - \sum_{j=1}^n b_{jj} \right)$$

$$\sum_{j=1}^n d_{ij}^2 = \sum_{j=1}^n b_{jj} + nb_{ii}$$

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 = b_{ii} + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{jj}$$

$$b_{ii} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{jj} \quad (2.11)$$

menjumlahkan Persamaan (2.9) pada  $ij$ , diperoleh

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n -\frac{1}{2} (d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj})$$

$$0 = -\frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - \sum_{i=1}^n nb_{ii} - \sum_{j=1}^n nb_{jj} \right)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 = n \sum_{i=1}^n nb_{ii} + n \sum_{j=1}^n nb_{jj}$$

karena  $\sum_{i=1}^n nb_{ii} = \sum_{j=1}^n nb_{jj}$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 = 2n \sum_{i=1}^n b_{ii}$$

$$\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 = 2n \sum_{i=1}^n b_{ii} \quad (2.12)$$

Persamaan (2.10) dan (2.11) disubstitusi ke dalam Persamaan (2.9) menjadi,

$$b_{ij} = -\frac{1}{2} (d_{ij}^2 - b_{ii} - b_{jj})$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{1}{2} \left( d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{jj} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii} \right) \\
&= -\frac{1}{2} \left( d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{jj} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii} \right)
\end{aligned}$$

Sesuai dengan sifat-sifat notasi sigma  $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{jj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii}$ , sehingga

$$b_{ij} = -\frac{1}{2} \left( d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 + \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n b_{ii} \right) \quad (2.13)$$

Substitusi Persamaan (2.12) sehingga Persamaan (2.13) menjadi

$$b_{ij} = -\frac{1}{2} \left( d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 \right) \quad (2.14)$$

dengan

$b_{ij}$  : Elemen matriks  $\mathbf{B}$  untuk objek ke- $i$  dan ke- $j$

$d_{ij}^2$  : Jarak *Euclid* antara objek ke- $i$  dan ke- $j$

$n$  : Jumlah objek

## b. Multidimensional *Scaling* Nonmetrik

Data yang diperlukan untuk proses penskalaan adalah data yang berjenis nominal dan ordinal (kualitatif). Data yang digunakan dalam transformasi monoton (sama) ke data yang sebenarnya sehingga dapat dilakukan operasi aritmatika terhadap nilai ketidaksamaan, untuk menyesuaikan jarak dengan nilai urutan ketidaksamaan. Transformasi monoton akan memelihara urutan nilai ketidaksamaannya sehingga jarak antar objek yang tidak sesuai dengan urutan nilai ketidaksamaan dirubah sedemikian rupa sehingga akan tetap

memenuhi urutan nilai ketidaksamaan tersebut dan mendekati jarak awalnya (Nahar, 2016).

### **3. Istilah dalam *Multidimensional Scaling***

#### **a. Peta Spasial**

Dalam konteks MDS, istilah "Peta Spasial" merujuk pada representasi visual dari hubungan spasial antar objek dalam ruang multidimensional. Peta ini mencerminkan posisi atau letak suatu stimulus dalam suatu ruang multidimensional koordinat. Peta spasial yang dihasilkan oleh MDS menempatkan objek-objek yang memiliki kemiripan atau kedekatan dalam data asli berdekatan satu sama lain dalam ruang yang lebih rendah dimensi. Ini memungkinkan pemahaman visual yang lebih baik tentang struktur atau pola yang terkandung dalam data.

#### **b. Dimensi**

Dimensi dimensi mengacu pada jumlah atribut atau aspek yang digunakan untuk merepresentasikan objek-objek. Setiap objek memiliki dimensi yang dapat diamati atau dilihat secara subjektif.

#### **c. Matriks *Proximity***

Matriks yang memuat informasi mengenai kedekatan atau kesamaan antara setiap pasang objek dalam dataset. Matriks ini menjadi dasar analisis MDS, di mana tujuan utamanya adalah merekonstruksi konfigurasi objek dalam ruang berdimensi rendah agar mencerminkan sebaik mungkin kedekatan atau kesamaan antar-objek.

#### **d. *Scaling***

*Scaling* merupakan proses mengubah matriks *proximity* menjadi representasi berdimensi rendah. *Scaling* mencoba untuk mempertahankan proporsi dan relatif antara jarak antar-objek (Idrus, 2006).

#### **e. **Kuadran****

Terdapat empat kuadran di dalam peta spasial, yang setiap kuadran memiliki kepentingan masing-masing. Kuadran I berada pada dimensi 1 positif dan dimensi 2 positif, artinya variabel yang berada pada kuadran tersebut sudah baik. Kuadran II berada pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 positif, artinya variabel yang berada pada kuadran tersebut sudah cukup baik. Kuadran III berada pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 negatif, artinya variabel yang berada pada kuadran III masih perlu diperbaiki. Kuadran IV berada pada dimensi 1 positif dan dimensi 2 negatif, sama halnya dengan kuadran I artinya variabel yang berada pada kuadran tersebut sudah cukup baik (Pura dkk., 2023).

### **4. *Validitas Model Multidimensional Scaling***

Untuk memperoleh model MDS yang sesuai, terdapat validitas model yang harus dipenuhi agar hasilnya dapat dianggap memadai atau layak dan berguna untuk interpretasi yang tepat, validitas model tersebut antara lain sebagai berikut:

#### **a. *Stress (Standardized Residual Sum of Square)***

*Stress* adalah sebuah ukuran ketidakcocokan (*a lack of fit measure*) dalam sebuah model. Nilai *stress* menandakan seberapa baiknya model tersebut.

Semakin tinggi nilai *stress*, maka model semakin tidak cocok. Nilai *stress* dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Nafisah dkk., 2019):

$$Stress = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \hat{d}_{ij}^2)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \bar{d}_{ij}^2)^2}} \quad (2.14)$$

dengan

$\hat{d}_{ij}^2$  : Jarak disparatis yang dihasilkan dari nilai kemiripan antara objek ke-*i* dan ke-*j*

$\bar{d}_{ij}^2$ : jarak rata-rata dari nilai kemiripan  $\left(\frac{\sum_{i,j} d_{ij}^2}{n}\right)$

Menurut Kruskal (1964) dalam Johnson RA & Wichern DW (2007), nilai *Stress* dapat diinterpretasikan seperti yang tertera pada Tabel 2.1

Stress	Kriteria
>20%	Buruk
10-20%	Cukup
5,1-10%	Baik
2,5-5%	Sangat Baik
<2,5%	Sempurna

#### b. Nilai $R^2$

$R^2$  (*R square*) merupakan hasil kuadrat dari koefisien korelasi yang menunjukkan seberapa besar bagian dari variasi data yang dapat dijelaskan melalui prosedur multidimensional, sebagai suatu petunjuk tingkat kesesuaian (*goodness of fit measure*). Semakin tinggi nilai  $R^2$ , semakin baik pula model yang dihasilkan. Perhitungan nilai  $R^2$  dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \hat{d}_{ij}^2)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \bar{d}_{ij}^2)^2} \quad (2.15)$$

Nilai  $R^2$  yang diinginkan adalah  $R^2 = 1$  atau 100%, tetapi dianggap dapat diterima jika nilai  $R^2 > 0,6$  (Nafisah dkk., 2019).

### 2.1.6 Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Jika  $\mathbf{B}$  adalah sebuah matriks berukuran  $n \times n$ , maka sebuah vektor tak nol  $\mathbf{x}$  pada bilangan real  $n$  disebut vektor eigen (*eigenvector*) dari  $\mathbf{B}$  jika  $\mathbf{B}\mathbf{x}$  adalah suatu kelipatan skalar dari  $\mathbf{x}$ ; diwakili oleh persamaan (Anton dkk., 1991):

$$\mathbf{B}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}$$

dengan  $\lambda$  adalah suatu skalar yang dapat berupa nilai eigen (*eigenvalue*) matriks  $\mathbf{B}$ . Skalar  $\lambda$  disebut nilai eigen (*eigenvalue*) dari  $\mathbf{B}$ , dan  $\mathbf{x}$  disebut sebagai vektor eigen dari  $\mathbf{B}$  yang terkait dengan  $\lambda$ . Proses untuk menghitung nilai eigen dari matriks  $\mathbf{B}$  dapat direpresentasikan kembali dalam bentuk persamaan:

$$\mathbf{B}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{I}\mathbf{x}$$

dengan  $\mathbf{I}$  adalah matriks identitas  $n \times n$  atau secara *ekuivalen*, dapat ditulis

$$(\lambda\mathbf{I} - \mathbf{B})\mathbf{x} = 0 \quad (2.16)$$

Agar  $\lambda$  dapat menjadi nilai eigen, harus terdapat satu solusi tak nol dari persamaan ini. Akan tetapi, persamaan (2.6) memiliki solusi tak nol jika dan hanya jika

$$\det(\lambda\mathbf{I} - \mathbf{B}) = 0 \quad (2.17)$$

Nilai eigen (akar karakteristik) dari sebuah matriks memiliki pengulangan. Jika suatu nilai eigen berulang sebanyak  $r$  kali, maka dikatakan bahwa nilai eigen tersebut memiliki pengulangan sebanyak  $r$ . Ketika matriks  $\mathbf{B}$  bersifat simetrik, maka vektor eigen yang berkorespondensi dengan nilai eigen yang berbeda akan bersifat ortogonal satu sama lain setelah dinormalkan. Dengan demikian, setelah



mendapatkan kumpulan vektor eigen yang sudah dinormalkan dan ortogonal, misalkan  $x_1, \dots, x_n$ , kita memiliki  $n$  persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{B}x_1 &= \lambda_1 x_1 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \mathbf{B}x_n &= \lambda_n x_n \end{aligned}$$

Apabila dituliskan dalam bentuk matriks:

$$\mathbf{B}(x_1|x_2|\dots|x_n) = (x_1|x_2|\dots|x_n) = \begin{bmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix}$$

Matriks hasil kali dalam  $\mathbf{B}$  dapat diekspresikan sebagai

$$\mathbf{B} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$$

dengan  $\mathbf{X} = [x_1, \dots, x_n]^T$  adalah matriks koordinat yang berukuran  $(n \times p)$ .

Rank dari matriks  $\mathbf{B}$ ,  $r(\mathbf{B})$  adalah

$$r(\mathbf{B}) = r(\mathbf{X}\mathbf{X}^T) = r(\mathbf{X}) = p$$

Sekarang matriks  $\mathbf{B}$  adalah matriks yang simetrik, semi definit positif dan berpangkat  $(rank)p$ , sehingga memiliki  $p$  nilai eigen non-negatif dan  $n - p$  nilai eigen sama dengan 0.

Matriks  $\mathbf{B}$  kemudian ditulis dalam bentuk dekomposisi spectral:

$$\mathbf{B} = \mathbf{V}\mathbf{\Lambda}\mathbf{V}^T$$

dengan  $\mathbf{\Lambda} = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ , yaitu matriks diagonal dari nilai eigen matriks  $\mathbf{B}$ , dan  $\mathbf{V} = [\gamma_1, \dots, \gamma_n]$ , yaitu matriks dengan vektor eigen yang dinormalkan. Sehingga koordinat matriks  $\mathbf{X}$  sebagai berikut

$$\mathbf{X} = \mathbf{V}\mathbf{\Lambda}^{\frac{1}{2}} \tag{2.18}$$

### 2.1.7 Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang turun ke permukaan bumi dalam suatu wilayah dalam rentang waktu tertentu. Ini diukur sebagai tinggi air hujan yang terkumpul dalam sebuah penakar hujan pada area datar yang tidak menyerap, meresap, atau mengalir. Satuan yang dipakai untuk mengukur curah hujan adalah milimeter (mm). Sehingga, satu milimeter hujan menandakan bahwa dalam wilayah satu meter persegi, air hujan akan mencapai ketinggian satu milimeter jika tidak mengalir, meresap, atau menguap.

Pengelompokkan utama besar curah hujan bulanan menurut (BMKG, 2019) adalah sebagai berikut:

1. Rendah : 0 - 100 mm/bulan
2. Menengah : 101 - 300 mm/bulan
3. Tinggi : 301 - 500 mm/bulan
4. Sangat tinggi : >500 mm/bulan

Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi banyak sedikitnya curah hujan, diantaranya (Badwi dkk., 2017):

1. Suhu Udara

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi curah hujan. Wilayah yang memiliki suhu rendah cenderung memiliki curah hujan yang minim, sedangkan daerah dengan suhu tinggi cenderung mengalami curah hujan yang lebih tinggi.

2. Kelembaban

Ketika tingkat kelembaban meningkat, curah hujan cenderung lebih tinggi, sementara jika kelembaban rendah, curah hujan juga cenderung rendah.

### 3. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah gaya yang diterapkan pada setiap luas udara di atmosfer pada ketinggian tertentu. Bersamaan dengan suhu udara, tekanan udara memengaruhi kerapatan udara. Tekanan udara ini memainkan peran penting dalam pembentukan angin, awan, dan juga menjadi faktor penentu bagi terjadinya hujan (Fadholi, 2012). Tanpa adanya tekanan udara, proses-proses tersebut sulit terbentuk.

### 4. Intensitas Penyinaran Matahari

Intensitas penyinaran matahari adalah durasi atau lama waktu paparan sinar matahari ke permukaan bumi dalam satu hari, yang diukur dalam jam. Semakin lama sinar matahari bersinar di suatu wilayah, semakin banyak panas yang diterima oleh wilayah tersebut.

### 5. Penguapan

Curah hujan yang tinggi bisa disebabkan oleh faktor lingkungan sekitar seperti kelembaban udara yang tinggi, suhu udara yang tinggi yang meningkatkan nilai penguapan, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya hujan. (Hidayat dkk., 2020).

### 6. Kecepatan Angin

Angin adalah pergerakan *horizontal* massa udara yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan di berbagai lokasi. Pola pergerakan angin ini ditentukan oleh arah dan kecepatannya. Arah dan kecepatan angin memegang peran penting dalam memengaruhi curah hujan (Simbolon dkk., 2022) .

7. Arah Angin

Arah angin adalah salah satu faktor yang mempengaruhi curah hujan di suatu tempat. Arah angin menjadi penentu dari pergerakan awan yang membawa uap air dan menentukan di mana hujan akan turun.

8. Titik Embun

Suhu di titik embun selalu lebih rendah dari suhu udara. Ketika udara didinginkan hingga mencapai suhu titik embun, keadaan udara menjadi jenuh, dan ini mengakibatkan proses kondensasi, seperti pembentukan awan, embun, kabut, atau hujan.

9. Polusi (Pencemaran Udara)

Pencemaran udara memiliki pengaruh terhadap curah hujan. Dampak dari polusi udara tidak hanya berpengaruh pada kesehatan manusia dan ekosistem, tetapi juga berpengaruh pada pola cuaca dan iklim.

10. Tekanan Permukaan Laut (QFF)

Tekanan yang terjadi pada air di dekat permukaan laut dikenal sebagai tekanan permukaan laut. Perubahan tekanan ini dapat digunakan sebagai petunjuk untuk meramalkan curah hujan di suatu daerah, dengan pola korelasi tertinggi pada setiap bulan. Ini berarti, perubahan tekanan permukaan laut bisa menjadi indikator untuk memperkirakan curah hujan di zona-zona tertentu setiap bulannya. (Estiningtyas dkk., 2007).

11. Jarak Pandang Mendatar (Awan)

Jarak pandang mendatar terjauh terhadap awan tanpa bantuan alat penglihatan.

## 2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an/Hadits

Menurut Sunarsa (2018), hujan turun dengan pola bertahap dan teratur, disesuaikan dengan kebutuhan setiap makhluk, sehingga tidak berlebihan melebihi batas yang dibutuhkan, juga tidak terlalu sedikit sehingga tidak memenuhi kebutuhan. Sesuai dengan Surah Al-Furqan ayat 48-50, Allah SWT. berfirman (Kementrian Agama RI, 2022):

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾ لِنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَيِّتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَامًا وَأَنَاسِيَّ كَثِيرًا ﴿٤٩﴾ وَلَقَدْ صَرَّفْنَاهُ بَيْنَهُمْ لِيَذَكَّرُوا فَأَبَى أَكْثَرُ النَّاسِ إِلَّا كُفُورًا ﴿٥٠﴾

Artinya:

*“Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan). Kami turunkan dari langit air yang sangat suci. Agar dengannya (air itu) Kami menghidupkan negeri yang mati (tandus) dan memberi minum kepada sebagian apa yang telah Kami ciptakan, (berupa) hewan-hewan ternak dan manusia yang banyak. Dan sesungguhnya Kami telah memperlirinkan hujan itu diantara manusia supaya mereka mengambil pelajaran (dari padanya); maka kebanyakan manusia itu tidak mau kecuali mengingkari (nikmat).”*

Surah Al-Furqan ayat 48-50 menggambarkan kekuasaan Allah SWT yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira sebelum turunnya hujan. Allah SWT menurunkan air hujan yang suci untuk menghidupkan tanah mati, memberikan minuman kepada makhluk-Nya, baik hewan ternak maupun manusia. Allah SWT memperlirinkan hujan di antara manusia dengan tujuan agar mereka dapat mengambil pelajaran dari fenomena tersebut. Dengan mengatur distribusi hujan di antara manusia, Allah SWT memberikan pelajaran agar mereka menyadari kebesaran-Nya dan bersyukur atas nikmat-Nya. Meskipun Allah SWT memberikan tanda-tanda rahmat-Nya, sebagian besar manusia cenderung mengingkari dan tidak

bersyukur. Pesan keseluruhan dari ayat-ayat ini adalah untuk mengingat kebesaran Allah SWT, bersyukur atas nikmat-Nya, dan mengambil pelajaran dari tanda-tanda kehidupan sebagai wujud tawakal dan syukur kepada Sang Pencipta.

Kata "صَرَفْنَاهُ" (*sarrafnāhu*) dalam bahasa Arab berasal dari kata dasar "صَرَفَ" (*sarrafa*) yang memiliki arti "mengalihkan" atau "menggantikan". Dalam ayat Al-Qur'an kata "صَرَفْنَاهُ" (*sarrafnāhu*) diartikan sebagai "Kami telah memperlakukan". Dalam konteks ayat tersebut, penggunaan kata ini menggambarkan perubahan atau distribusi hujan di antara manusia secara bergantian atau dalam pola tertentu, mungkin untuk memberikan pelajaran atau ujian kepada mereka. Jadi, dalam ayat tersebut, "صَرَفْنَاهُ" (*sarrafnāhu*) diterjemahkan sebagai "Kami telah memperlakukan" untuk mengungkapkan makna pengalihan atau pergantian distribusi hujan sebagai bagian dari kebijaksanaan Allah SWT.

Menurut Tafsir Ibnu Katsir, ayat 48 dari Surah Al-Furqan menggambarkan bahwa keagungan kekuasaan Allah SWT yang sempurna terlihat melalui pengiriman angin sebagai pembawa berita baik, yang memiliki peran signifikan dalam membawa awan dan memicu turunnya hujan. Angin memiliki berbagai sifat yang berkontribusi pada proses terjadinya hujan. Allah SWT menurunkan air dari langit sebagai air yang sangat bersih, berfungsi sebagai sarana suci dan bersih. Penjelasan ini menekankan bahwa air hujan adalah alat yang Allah SWT berikan untuk membersihkan dan menyucikan.

Penjelasan Surah Al-Furqan ayat 49 menurut Tafsir Ibnu Katsir yaitu bahwa ayat "Agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri yang mati" merujuk pada tanah yang telah lama kering tanpa tumbuhan dan kehidupan. Setelah turun hujan,

tanah tersebut menjadi hidup dan subur dengan bermacam-macam bunga dan buah, sebagaimana disebutkan dalam Al-Qur'an Surah Al-Hajj:5, yang artinya: “Apabila Kami turunkan air di atasnya, hiduplah bumi itu dan suburlah”. Ayat selanjutnya “Dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak”, menjelaskan bahwa air hujan juga diperuntukkan untuk memberi minum hewan ternak dan memenuhi kebutuhan manusia, baik untuk konsumsi langsung, pertanian, maupun penyiraman tanaman buah-buahan.

Menurut Tafsir Ibnu Katsir Surah Al-Furqan ayat 50, menjelaskan bahwa Allah SWT menurunkan hujan di suatu daerah, sedangkan di daerah lain tidak. Allah SWT juga meniupkan awan melewati suatu daerah dan melampaui menuju daerah yang lain. Lalu, daerah itu diberi hujan yang cukup sehingga tanah menjadi subur, sedangkan daerah yang lain tidak diberi hujan sedikitpun. Ibnu Abbas Dan Ibnu Mas'ud R.A berkata, sesungguhnya tidak ada suatu tahun yang memiliki hujan yang lebih banyak daripada tahun lainnya, tetapi Allah SWT lah yang membuat hujan turun secara bergiliran menurut apa yang dikehendaki-Nya. Supaya mereka dapat mengambil pelajaran dari kehidupan di bumi yang dihidupkan oleh Allah SWT setelah mati melalui air hujan. Dengan demikian, mereka menyadari bahwa Allah SWT memiliki kekuasaan untuk membangkitkan orang yang telah mati dan tulang-belulang yang telah hancur. agar mereka yang tidak mendapat hujan dapat menyadari bahwa kekeringan yang mereka alami mungkin disebabkan oleh dosa yang mereka lakukan. Oleh karena itu, diharapkan mereka menyadari kesalahan mereka dan berhenti melakukan perbuatan dosa tersebut (Harum Yusuf, 2004).

Kesimpulan dari penjelasan tafsir di atas adalah bahwa Allah SWT dalam kebijaksanaan-Nya menurunkan hujan secara bergantian di berbagai daerah, menciptakan distribusi yang berbeda. Proses ini menjadi bukti kekuasaan Allah SWT dalam menghidupkan bumi yang mati melalui air hujan. Distribusi hujan yang tidak merata mengandung hikmah dan pelajaran, mengingatkan manusia akan kebesaran Allah SWT dan keadilan-Nya. Sementara daerah satu diberi kehidupan dan kesuburan, daerah lain mungkin mengalami kekeringan sebagai akibat dosa yang dilakukan penduduknya. Hal ini mengajarkan manusia untuk merenung, bersyukur, dan memperbaiki diri agar mendapatkan rahmat Allah SWT. Penjelasan tafsir ini memberikan pemahaman mendalam tentang keadilan dan hikmah Allah SWT dalam mengatur alam semesta serta mengajak manusia untuk merenung dan bertaubat. Penjelasan mengenai hujan turun secara bergiliran juga diperkuat oleh petunjuk Nabi Muhammad SAW Ketika beliau berkhotbah. Ubaidullah dari Tsaabit dari Anas bin Malik berkata (Tazkia, 2020)

حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ أَبِي بَكْرٍ حَدَّثَنَا مُعْتَمِرٌ عَنْ عَبْدِ اللَّهِ عَنْ ثَابِتٍ عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ قَالَ كَانَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَخْطُبُ يَوْمَ جُمُعَةٍ فَقَامَ النَّاسُ فَصَاحُوا فَقَالُوا يَا رَسُولَ اللَّهِ فَحَطَّ الْمَطَرُ وَاحْمَرَّتِ الشَّجَرُ وَهَلَكَتِ الْبَهَائِمُ فَادْعُ اللَّهَ يَسْتَقِينَا فَقَالَ اللَّهُمَّ اسْقِنَا مَرَّتَيْنِ وَإِيمُ اللَّهُ مَا نَرَى فِي السَّمَاءِ قَرَعَةً مِنْ سَحَابٍ فَنَشَأَتْ سَحَابَةٌ وَأَمْطَرَتْ وَنَزَلَ عَنِ الْمِنْبَرِ فَصَلَّى فَلَمَّا انْصَرَفَ لَمْ تَزَلْ تُمَطِّرُ إِلَى الْجُمُعَةِ الَّتِي تَلِيهَا فَلَمَّا قَامَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَخْطُبُ صَاحُوا إِلَيْهِ هَدَمَتِ الْبُيُوتُ وَانْقَطَعَتِ السُّبُلُ فَادْعُ اللَّهَ يَجْبِسْهَا عَنَّا فَتَبَسَّمَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ثُمَّ قَالَ اللَّهُمَّ حَوَالَيْنَا وَلَا عَلَيْنَا فَكَشَطَتِ الْمَدِينَةَ فَجَعَلَتْ تَمُطِرُ حَوْلَهَا وَلَا تَمُطِرُ بِالْمَدِينَةِ قَطْرَةً فَانظَرْتُ إِلَى الْمَدِينَةِ وَإِنَّهَا لَفِي مِثْلِ الْإِكْلِيلِ (رواه البخاري).



Artinya:

*"Diriwayatkan oleh Anas bin Malik, ia berkata: Nabi Muhammad SAW. kutbah pada hari Jum'at, lalu orang-orang berdiri dan berseru, "Wahai Rasulullah, hujan sudah tidak turun hingga pepohonan memerah dan hewan-hewan banyak yang mati. Maka mintalah kepada Allah SWT. agar menurunkan hujan buat kami!" Beliau lalu berdoa: "Ya Allah, berilah kami air hujan." dua kali. Demi Allah SWT., sebelumnya kami tidak melihat ada awan yang tipis sekalipun hingga muncul awan tebal, kemudian hujan pun turun. Setelah itu beliau turun dari mimbar dan melaksanakan shalat. Setelah selesai, hujan masih terus turun bahkan hingga Jum'at berikutnya. Maka ketika Nabi Muhammad SAW. berdiri menyampaikan khutbah, orang-orang kembali berseru kepada beliau: "Rumah-rumah telah hancur, jalan-jalan terputus, berdo'alah kepada Allah SWT. agar menahan hujan dari kami!" Nabi Muhammad SAW. lalu tersenyum sembari berdoa: "Ya Allah turunkanlah hujan di sekitar kami saja dan jangan membahayakan kami." Maka Madinah menjadi terang kembali dan hujan hanya turun di sekitarnya, bahkan tidak ada hujan setetes pun di Madinah. Kemudian aku melihat langit Madinah, dan nampak hujan hanya turun disekitarnya" (HR Al-Bukhari).*

*Hadits* tersebut menjelaskan bahwasannya Allah SWT memiliki kekuasaan mutlak atas alam semesta, termasuk kendali-Nya atas hujan dan cuaca. Rasulullah SAW sebagai utusan Allah SWT memiliki keberkatan dan keistimewaan dalam doanya. Hujan yang turun sebagai hasil dari doa beliau adalah bukti nyata akan kekuasaan dan kemurahan Allah SWT yang tidak terbatas. Dalam perkembangan selanjutnya, setelah Rasulullah SAW berdoa agar hujan ditahan dari kota Madinah, Allah SWT sekali lagi mengabulkan doa tersebut. Hujan hanya turun di sekitar Madinah, dan kota itu sendiri tetap kering. Hal ini menunjukkan bahwa Allah SWT mengabulkan doa Nabi-Nya untuk memberikan keberkahan dan keamanan bagi penduduk kota. Secara keseluruhan, hadis ini menggambarkan keajaiban doa Rasulullah SAW, kekuasaan Allah SWT dalam mengubah keadaan alam, dan bahwa doa yang tulus dan ikhlas dapat menghasilkan perubahan besar dalam hidup manusia.

### 2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Curah hujan merupakan istilah yang digunakan dalam meteorologi dan klimatologi untuk mengukur jumlah presipitasi air (hujan) yang jatuh ke permukaan bumi dalam suatu wilayah dan dalam periode waktu tertentu. Ini merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk memahami iklim dan cuaca suatu daerah karena dapat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk pertanian dan bencana alam. DIY salah satu daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi dan sifat sangat basah sehingga intensitas curah hujan menjadi cukup besar. berakibat negatif terhadap berbagai aspek tersebut. Oleh karena itu, informasi terkait pengelompokan curah hujan penting ini dilakukan.

Penelitian ini disusun dengan memetakan 11 faktor penentu curah hujan sehingga nantinya diperoleh hasil dari pemetaan dan dapat menentukan posisi atau kedekatan wilayah-wilayah di DIY, dimana nantinya akan terlihat bagaimana kemiripan wilayah-wilayah tersebut yang dilihat dari faktor penentu curah hujan. Maka dari itu, metode yang dapat digunakan dalam pemetaan ini adalah *Multidimensional Scaling*. Diawali dengan mendeskripsikan data guna mengetahui karakteristik data, meliputi *mean* (rata-rata), standar deviasi, nilai maksimum, dan nilai minimum. Selanjutnya, dilakukan standardisasi data terlebih dahulu pada persamaan (2.2) karena satuan tiap variabel berbeda.

Setelah diperoleh hasil standardisasi, tahapan selanjutnya adalah menentukan nilai kemiripan antar objek dan variabel ke dalam bentuk matriks jarak  $D_o$  dan  $D_v$  dengan menggunakan rumus jarak *Euclid* pada Persamaan (2.3). Kemudian menetapkan bahwa  $B_o$  dan  $B_v$  sebagai elemen matriks *product scalar*  $B$  yang dihitung dengan Persamaan (2.13). Lalu, menentukan titik koordinat dengan

mencari nilai eigen dan vektor eigen objek dan variabel dari matriks  $B_o$  dan  $B_v$  yang telah diperoleh dengan Persamaan (2.16) dan (2.17). Selanjutnya, menghitung disparatis  $\hat{D}_o$  dan  $\hat{D}_v$  yang merupakan jarak *Euclid* dari koordinat yang terbentuk dengan menggunakan Persamaan (2.3). Setelah itu, menggabungkan konfigurasi MDS objek dan konfigurasi MDS variabel (peubah) dalam satu konfigurasi (*space*). Tahapan selanjutnya setelah berhasil digabungkan adalah menguji validitas stimulus koordinat dengan menghitung nilai *Stress* dan  $R^2$  dengan rumus pada persamaan (2.14) dan (2.15). Jika nilai  $R^2 > 0,6$  maka hasil dari analisis MDS dianggap dapat diterima. Sebaliknya, jika nilai tidak sesuai kriteria, maka langkah diulangi dari tahap menentukan nilai kemiripan antar objek ke dalam bentuk matriks jarak  $D_o$  dan  $D_v$ . Setelah mendapat nilai *Stress* dan  $R^2$  yang sesuai, Langkah selanjutnya adalah menginterpretasikan hasil analisis Multidimensional *Scaling*.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian deskriptif kuantitatif karena proses analisisnya ditekankan pada data-data numerik yang diolah dengan metode statistika. Diawali dengan pengumpulan data-data yang diperlukan, kemudian menganalisis data yang sudah terkumpul sehingga nantinya diperoleh hasil data yang sesuai dengan kebutuhan peneliti.

#### 3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui perantara dari sumber yang sudah tersedia. Data penelitian ini bersumber dari BMKG Stasiun Klimatologi Kelas IV Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2019 sampai 2023. Untuk data lengkapnya terlampir pada Lampiran 1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan
$y_1$	Suhu Udara	$^{\circ}C$
$y_2$	Kelembaban Udara	RH
$y_3$	Tekanan Udara	Mb
$y_4$	Intensitas Penyinaran Matahari	Cd
$y_5$	Penguapan	mm
$y_6$	Kecepatan Angin	Knot
$y_7$	Arah Angin	$^{\circ}$
$y_8$	Titik Embun	$^{\circ}C$
$y_9$	Polusi (Pencemaran Udara)	Ispu
$y_{10}$	Suhu Permukaan Laut (QFF)	Mb
$y_{11}$	Jarak Pandang Mendatar (Awan)	Km

### 3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data faktor-faktor penentu curah hujan untuk mengetahui pemetaan wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta. Variabel faktor-faktor penentu curah hujan tersebut disajikan pada Tabel 3.1.

DIY terbagi menjadi 8 wilayah berdasarkan zona musim yang dapat dilihat di Tabel 3.2 (BMKG, 2022):

Tabel 3.2 Pembagian Wilayah

Kode	Wilayah
DIY 01	Kulon Progo Bagian Utara
DIY 02	Sleman Bagian Utara dan Tengah
DIY 03	Kulon Progo Bagian Timur, Sleman Bagian Barat Daya, Bantul Bagian Barat Laut
DIY 04	Sleman Bagian Barat, Selatan dan Timur, Kota Yogyakarta, Bantul Bagian Utara dan Timur Laut, Gunungkidul Bagian Barat Laut.
DIY 05	Gunungkidul Bagian Utara, dan Bagian Timur Laut, Sleman Bagian Timur Laut
DIY 06	Kulon Progo Bagian Barat dan Selatan
DIY 07	Wilayah Bantul Tengah, Barat, Timur, Selatan, Kulon Progo Tenggara, Gunungkidul Bagian Barat Daya
DIY 08	Gunungkidul Bagian Tengah, Timur, Selatan, dan Barat

### 3.4 Tahapan Analisis

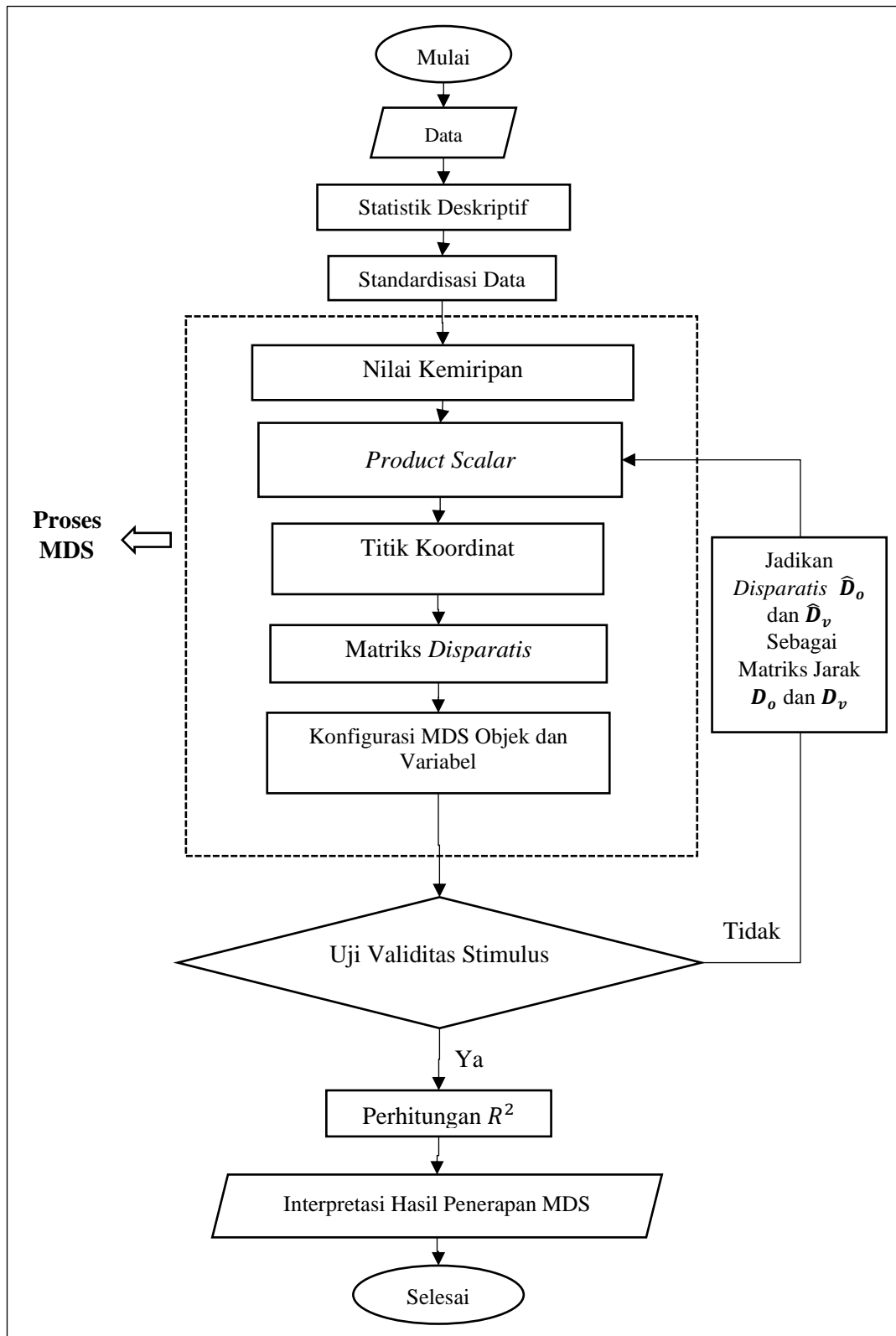
Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan data yang diperoleh dengan menggunakan statistik deskriptif (minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi) guna mengetahui karakteristik data yang digunakan.
2. Melakukan standardisasi data terhadap masing-masing variabel dengan Persamaan (2.2) untuk menyamakan skala dalam analisis sehingga memiliki rata-rata nol dan standar deviasi satu.

3. Melakukan Proses MDS
  - a. Menghitung nilai kemiripan (*similarity*) antar objek dan variabel ke dalam bentuk matriks jarak  $D_o$  dan  $D_v$  dengan menggunakan rumus jarak *Euclid* pada Persamaan (2.3).
  - b. Menghitung matriks *product scalar*  $B$  objek ( $B_o$ ) dan variabel ( $B_v$ ) dengan Persamaan (2.13).
  - c. Menghitung titik koordinat pada Persamaan (2.18) dengan mencari nilai eigen dan vektor eigen objek dan variabel dari matriks *product scalar*  $B$  objek ( $B_o$ ) dan variabel ( $B_v$ ) dengan Persamaan (2.16) dan (2.17).
  - d. Menghitung matriks *disparatis*  $\hat{D}$  antar objek ( $\hat{D}_o$ ) dan variabel ( $\hat{D}_v$ ) yang merupakan jarak *Euclid* dari koordinat yang terbentuk dengan Persamaan (2.3).
  - e. Menggabungkan konfigurasi MDS objek dan variabel dalam satu konfigurasi.
4. Menguji validitas stimulus dengan menghitung nilai *stress* dan  $R^2$ .
  - a. Jika nilai *stress* tidak sesuai kriteria, maka lakukan Langkah 3.a sampai 3.e, dengan syarat menjadikan matriks *disparatis*  $\hat{D}_o$  dan  $\hat{D}_v$  sebagai matriks jarak  $D_o$  dan  $D_v$ .
  - b. Jika *stress* sudah sesuai kriteria, selanjutnya menguji validitas stimulus lagi dengan menghitung nilai  $R^2$ .
5. Menginterpretasi hasil penerapan *Multidimensional Scaling* .

Tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



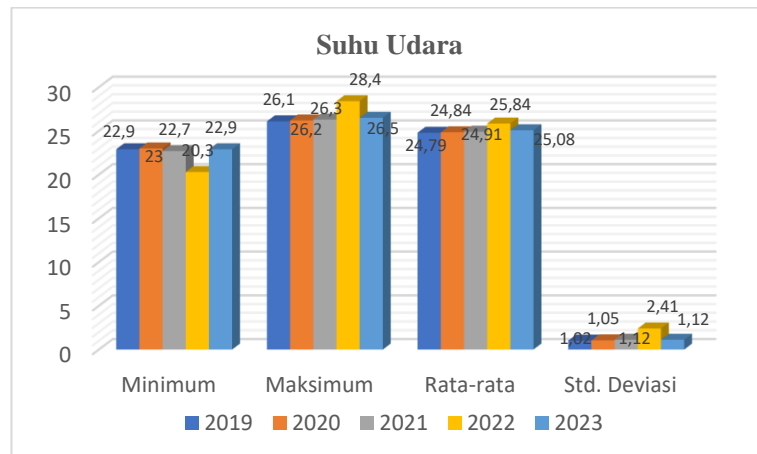
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif pada kesebelas variabel faktor penentu curah hujan bertujuan untuk mengetahui gambaran umum karakteristik data. Statistika deskriptif kesebelas variabel faktor penentu curah hujan antara lain: suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, intensitas penyinaran matahari, penguapan, kecepatan angin, arah angin, titik embun, polusi, suhu permukaan laut (QFF), dan jarak pandang mendatar (awan) di BMKG Klimatologi Yogyakarta tahun 2019 sampai 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai 4.11

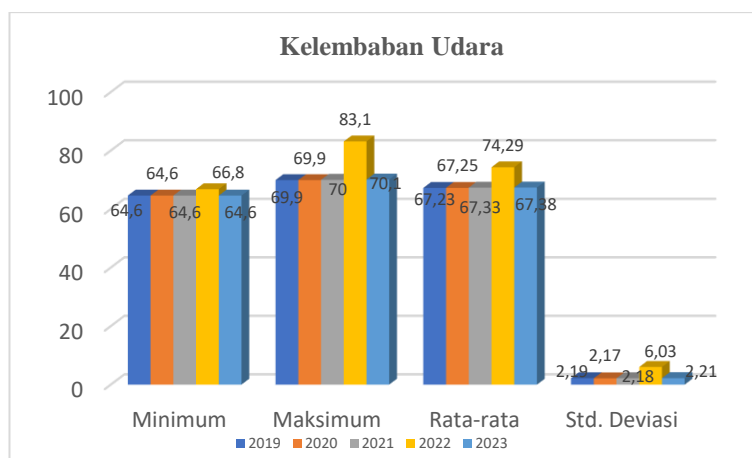


Gambar 4.1 Statistika Deskriptif Variabel Suhu Udara

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa rata-rata tahunan suhu udara berkisar antara 24,8°C hingga 25,8°C. Dibandingkan rata-rata suhu normal berkisar antara 26°C hingga 30°C, jadi DIY tergolong daerah yang hangat. Suhu udara di DIY relatif stabil sepanjang tahun dengan sedikit variasi. Terjadi sedikit peningkatan rata-rata suhu udara dari tahun 2019 hingga 2023. Pada tahun 2022, terjadi fluktuasi suhu yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya. Standar deviasi suhu rata-



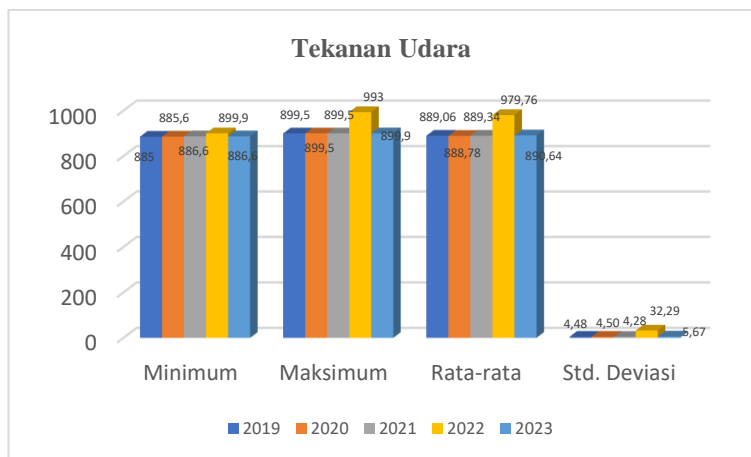
rata tahunan berkisar antara 1°C hingga 2,4°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu udara di wilayah DIY relatif stabil sepanjang tahun.



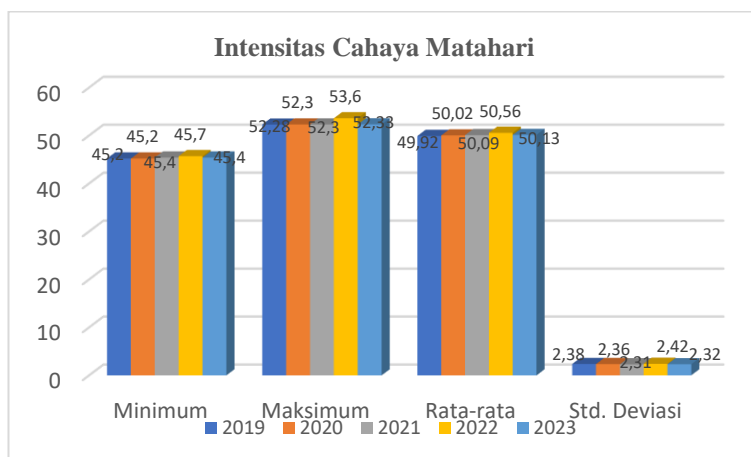
Gambar 4.2 Statistika Deskriptif Variabel Suhu Udara

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa rata-rata tahunan kelembaban udara berkisar antara 67,2% RH hingga 74,3% RH. Dibandingkan rata-rata normal kelembaban udara berkisar antara 55% RH hingga 95% RH, jadi DIY tergolong sedang. Kelembaban udara di wilayah DIY relatif stabil sepanjang tahun dengan sedikit variasi. Terjadi sedikit peningkatan rata-rata kelembaban udara dari tahun 2019 hingga 2022. Pada tahun 2022, terjadi fluktuasi kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya. Standar deviasi kelembaban rata-rata tahunan berkisar antara 2% RH hingga 6% RH. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban udara di wilayah DIY relatif stabil sepanjang tahun.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tekanan udara di DIY stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 888,78 Mb hingga 890,64 Mb. Pada tahun 2022, terjadi fluktuasi tekanan yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya. Tekanan minimum tahunan terendah terjadi di tahun 2019, 2020, dan 2021 dengan 885 Mb, sedangkan tertinggi di tahun 2022 dengan 993 Mb.



Gambar 4.3 Statistika Deskriptif Variabel Tekanan Udara

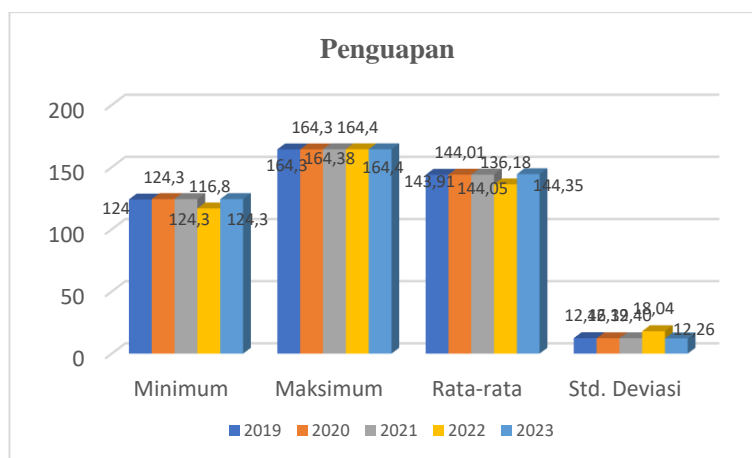


Gambar 4.4 Statistika Deskriptif Variabel Intensitas Cahaya Matahari

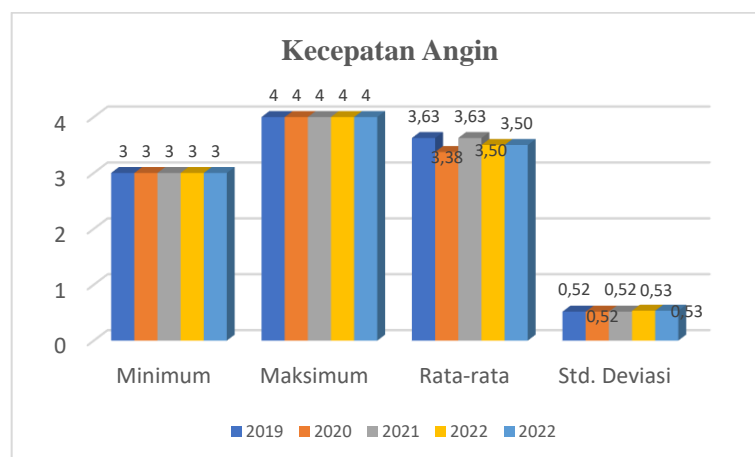
Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa intensitas cahaya matahari di DIY tergolong stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 49,92 Cd hingga 50,56 Cd. Pada tahun 2022, terjadi fluktuasi intensitas yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 2,31 Cd hingga 2,42 Cd. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari di Yogyakarta relatif stabil sepanjang tahun.

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa tingkat penguapan di DIY tergolong normal dan stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 143,91 mm hingga 144,35 mm. Pada tahun 2022, terjadi penurunan rata-rata tingkat penguapan

yang signifikan, diikuti dengan peningkatan pada tahun 2023. Secara keseluruhan, tingkat penguapan di DIY relatif stabil sepanjang tahun.

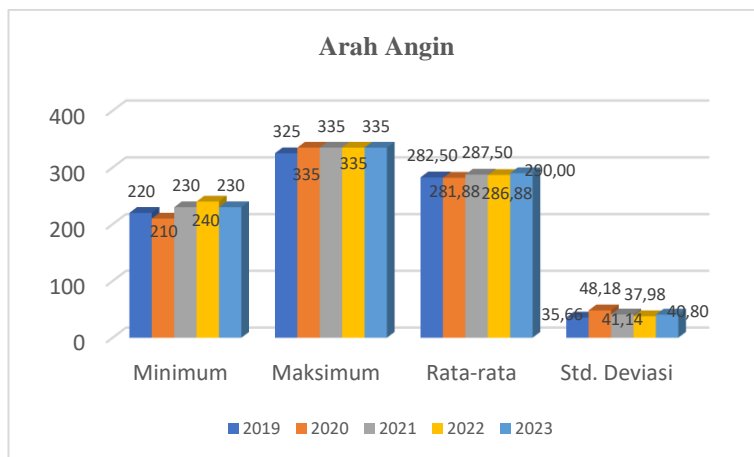


Gambar 4.5 Statistika Deskriptif Variabel Penguapan



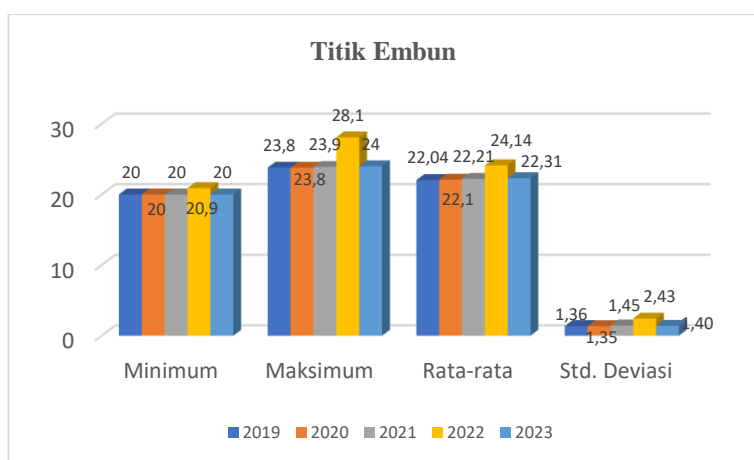
Gambar 4.6 Statistika Deskriptif Variabel Kecepatan Angin

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa kecepatan angin di DIY tergolong rendah dan stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 3,38 knot hingga 3,63 knot. Kecepatan angin di DIY menunjukkan variasi tahunan yang kecil. Kecepatan angin minimum dan maksimum tahunan di DIY berkisar antara 3 knot hingga 4 knot. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 0,52 knot hingga 0,53 knot. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan angin di DIY relatif stabil sepanjang tahun.



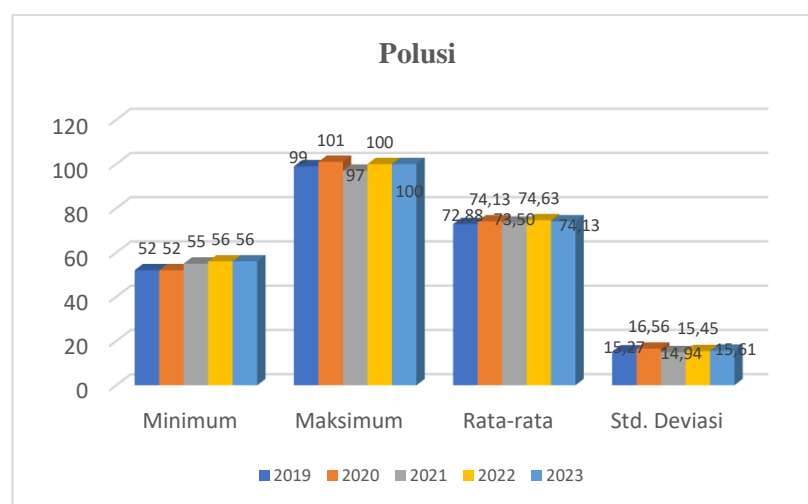
Gambar 4.7 Statistika Deskriptif Variabel Arah Angin

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa arah angin di DIY bervariasi dengan rata-rata tahunan berkisar antara 281,88 derajat hingga 290,00 derajat. Rata-rata tahunan tertinggi terjadi di tahun 2023 dengan 290,00 derajat, sedangkan terendah di tahun 2020 dengan 281,88 derajat. Secara keseluruhan, arah angin di DIY cenderung bertiup dari arah barat daya. Arah angin di DIY menunjukkan variasi tahunan yang sedang. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 35,66 derajat hingga 48,18 derajat. Hal ini menunjukkan bahwa arah angin di DIY cukup bervariasi sepanjang tahun. Pada tahun 2020, terjadi fluktuasi arah angin yang paling tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya.



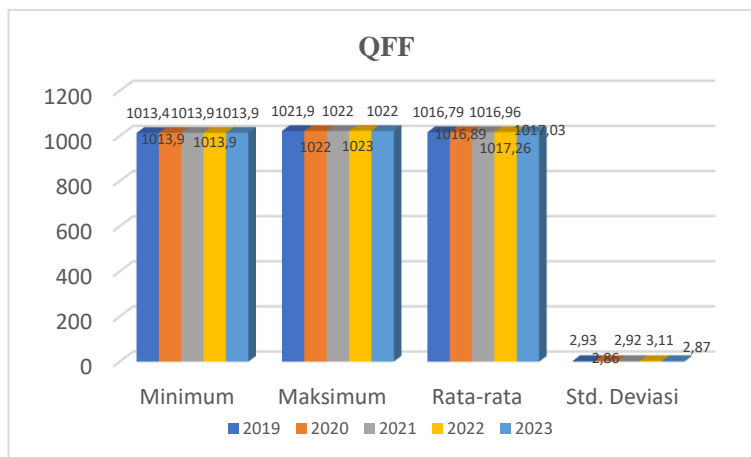
Gambar 4.8 Statistika Deskriptif Variabel Titik Embun

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa titik embun di DIY tergolong rendah dengan rata-rata tahunan berkisar antara 22,04 °C hingga 24,14 °C. Rata-rata tahunan tertinggi terjadi di tahun 2022 dengan 24,14 °C, sedangkan terendah di tahun 2019 dengan 22,04 °C. Secara keseluruhan, titik embun di DIY relatif stabil sepanjang tahun. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 1,35 °C hingga 2,43 °C. Hal ini menunjukkan bahwa titik embun di DIY relatif stabil sepanjang tahun. Fluktuasi titik embun di DIY cukup bervariasi sepanjang tahun, dengan fluktuasi tertinggi terjadi pada tahun 2022.



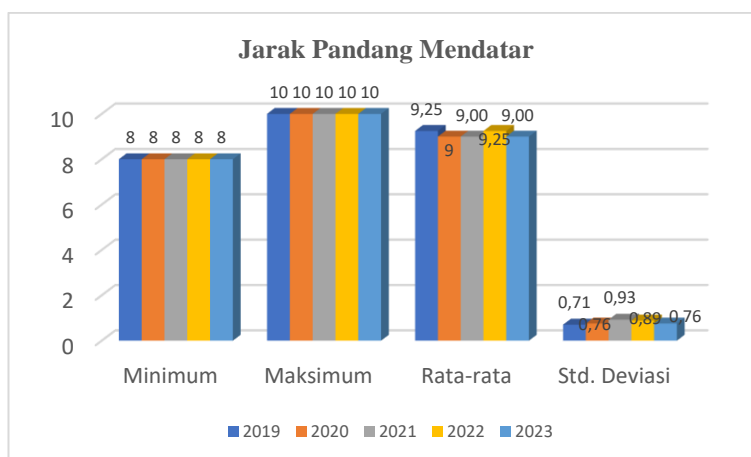
Gambar 4.9 Statistika Deskriptif Variabel Polusi

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa kualitas udara di DIY tergolong sedang dengan rata-rata Ispu tahunan berkisar antara 72,88 Ispu hingga 74,63 Ispu. Rata-rata Ispu tahunan tertinggi terjadi di tahun 2022 dengan 74,63 Ispu, sedangkan terendah di tahun 2019 dengan 72,88 Ispu. Penurunan aktivitas manusia dan mobilitas selama pandemi COVID-19 mungkin telah berkontribusi pada penurunan tingkat pencemaran udara di Yogyakarta pada tahun 2020. Namun, data Ispu hanya menunjukkan tingkat pencemaran udara secara keseluruhan dan tidak dapat secara langsung dikaitkan dengan penyebab spesifik seperti COVID-19.



Gambar 4.10 Statistika Deskriptif Variabel Suhu Permukaan Laut (QFF)

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa suhu permukaan laut di DIY tergolong normal dan stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 1016,79 Mb hingga 1017,26 Mb. Suhu permukaan laut di DIY menunjukkan variasi tahunan yang kecil. Fluktuasi suhu permukaan laut di DIY cukup bervariasi sepanjang tahun, dengan fluktuasi tertinggi terjadi pada tahun 2022. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 2,86 Mb hingga 3,11 Mb. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan laut di DIY relatif stabil sepanjang tahun.



Gambar 4.11 Statistika Deskriptif Variabel Jarak Pandang Mendatar (Awan)

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa jarak pandang mendatar terhadap awan di DIY tergolong stabil sepanjang tahun dengan rata-rata berkisar antara 9,00

km hingga 9,25 km. Standar deviasi rata-rata tahunan berkisar antara 0,71 km hingga 0,93 km. Hal ini menunjukkan bahwa jarak pandang mendatar di DIY relatif stabil sepanjang tahun. Penurunan aktivitas manusia dan mobilitas selama pandemi COVID-19 mungkin telah berkontribusi pada penurunan emisi polutan di DIY, yang dapat berdampak positif pada kualitas udara dan jarak pandang mendatar (awan).

## 4.2 Standarisasi Data

Langkah awal yang dilakukan dalam melakukan analisis adalah dengan standarisasi data agar mempunyai satuan yang sama. Berikut diberikan contoh perhitungan untuk variabel ke-1 data ke-1 dan data ke-2 yaitu  $y_{11}$  dan  $y_{21}$ , dengan  $\bar{y} = 24,79$ . Proses perhitungan standarisasi data yang dimaksud dengan melakukan transformasi pada data asli menggunakan *z-score* berdasarkan persamaan (2.2) sebagai berikut

$$x_{11} = \frac{24,5 - 24,79}{1,02} = -0,2818$$

$$x_{21} = \frac{26,1 - 24,79}{1,02} = 1,2862$$

Secara rinci hasil standarisasi dapat dilihat pada Lampiran 2.

## 4.3 Proses Multidimensional *Scaling*

### 4.3.1 Penentuan Nilai Kemiripan (*Similarity*)

Setelah data distandardisasi, langkah selanjutnya menentukan nilai kemiripan (*similarity*) antar objek ke dalam bentuk matriks jarak  $D_o$  dengan menggunakan rumus jarak *Euclid* pada Persamaan (2.3). Perhitungan antara DIY 01 dengan DIY 02 tahun 2019 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
d_{12}^2 &= \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 = ((x_{11} - x_{21})^2 + (x_{12} - x_{22})^2 + (x_{13} - x_{23})^2 + \\
&\quad (x_{14} - x_{24})^2 + (x_{15} - x_{25})^2 + (x_{16} - x_{26})^2 + (x_{17} - x_{27})^2 + (x_{18} - \\
&\quad x_{28})^2 + (x_{19} - x_{29})^2 + (x_{110} - x_{210})^2 + (x_{111} - x_{211})^2) \\
d_{12}^2 &= ((-0,2818) - 1,2872)^2 + ((-0,6049) - 1,221)^2 + ((-0,4384) - 0,0978)^2 + \\
&\quad (0,0862 - 0,995)^2 + (0,0195 - 1,6363)^2 + (0,7245 - 0,7245)^2 + (0,7712 - \\
&\quad (-1,7528))^2 + ((-0,0275) - 1,2943)^2 + (1,7105 - (-1,3667))^2 + \\
&\quad ((-0,5419) - 1,7452)^2 + ((-0,3535) - 1,0606)^2 \\
&= 34,3390
\end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan jarak antara DIY 01 dengan DIY 03 tahun 2019 diperoleh

$$\begin{aligned}
d_{13}^2 &= ((-0,2818) - 0,7962)^2 + ((-0,6049) - 0,582)^2 + ((-0,4384) - \\
&\quad (-0,014))^2 + (0,0862 - 0,7848)^2 + (0,0195 - 0,19206)^2 + (0,7245 - \\
&\quad (-1,2076))^2 + (0,7712 - 0,4907)^2 + ((-0,0275) - 0,6334)^2 + (1,7105 - \\
&\quad 0,1227)^2 + ((-0,5419) - (-0,2688))^2 + ((-0,3535) - 1,0606)^2 \\
&= 12,9528
\end{aligned}$$

Demikian pula untuk jarak antar DIY pada tahun selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 3. Kemudian data yang diperoleh disusun ke dalam bentuk matriks  $D_o$  berukuran  $8 \times 8$ . Berikut adalah matriks  $D_o$  untuk tahun 2019.

$$D_o = \begin{bmatrix} 0 & 34,3389 & \dots & 10,5170 & 6,7960 & \dots & 17,4694 \\ 34,3389 & 0 & \dots & 23,4911 & 36,5203 & \dots & \mathbf{60,5900} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 10,5170 & 23,4911 & \dots & 0 & \mathbf{4,6341} & \dots & 26,1580 \\ 6,7960 & 36,5203 & \dots & \mathbf{4,6341} & 0 & \dots & 13,6927 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 17,4694 & \mathbf{60,5900} & \dots & 26,1580 & 13,6927 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Interpretasi dari matriks  $D_o$  pada Persamaan (4.1) menunjukkan DIY 05 dan DIY 06 pada tahun 2019 memiliki jarak terdekat diantara DIY lainnya dengan jarak sebesar 4,6342, hal ini menunjukkan bahwa DIY 05 dan DIY 06 memiliki



karakteristik faktor penentu curah hujan yang hampir sama atau mirip. Sementara itu, DIY 02 dan DIY 08 memiliki jarak terjauh diantara DIY lainnya sebesar 60,5900, hal ini menunjukkan bahwa DIY 02 dan DIY 08 memiliki karakteristik faktor penentu curah hujan yang jauh berbeda diantara DIY lainnya.

Setelah mendapatkan hasil nilai kemiripan (*similarity*) antar objek, selanjutnya menentukan nilai kemiripan (*similarity*) antar variabel. Untuk menentukan nilai kemiripan (*similarity*) antar variabel, maka dihitung jarak antar variabel dengan mentransposekan data hasil standardisasi menggunakan rumus jarak *Euclid* pada Persamaan (2.3), perhitungan jarak antara variabel suhu udara dengan kelembaban tahun 2019 adalah sebagai berikut

$$d_{12}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 = ((x_{11} - x_{12})^2 + (x_{21} - x_{22})^2 + (x_{31} - x_{32})^2 + (x_{41} - x_{42})^2 + (x_{51} - x_{52})^2 + (x_{61} - x_{62})^2 + (x_{71} - x_{72})^2 + (x_{81} - x_{82})^2)$$

$$\begin{aligned} d_{12}^2 &= ((-0,2817) - (-0,6048))^2 + (1,2862 - 1,2210)^2 + (0,7962 - 0,5819)^2 + \\ &\quad (0,7962 - 1,1754)^2 + (0,2082 - 0,5819)^2 + ((-0,2817) - (-0,6504))^2 + \\ &\quad ((-0,6737) - (-1,1069))^2 + ((-1,8497) - (-1,1982))^2 \\ &= 1,1860 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan jarak antara suhu udara dengan tekanan udara tahun 2019 diperoleh

$$\begin{aligned} d_{13}^2 &= ((-0,2817) - (-0,4384))^2 + (1,2862 - 0,0977)^2 + (0,7962 - \\ &\quad (-0,0139))^2 + (0,7962 - 2,3317)^2 + (0,2082 - (-0,0363))^2 + ((-0,2817) - \\ &\quad (-0,4831))^2 + ((-0,6737) - (-0,5501))^2 + ((-1,8497) - (-0,9075))^2 \\ &= 5,4545 \end{aligned}$$

Demikian pula untuk jarak antar variabel yang lain dan tahun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks  $D_v$  berukuran  $11 \times 11$ . Berikut adalah matriks  $D_v$  untuk tahun 2019.

$$D_v = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \mathbf{0,2804} & \cdots & 20,1229 & 9,4109 & 0,6258 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0,2804} & \cdots & 0 & \cdots & 18,6945 & 10,1758 & 0,6593 \\ \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 20,1229 & \cdots & 18,6945 & \cdots & 0 & \mathbf{25,6007} & 21,3613 \\ 9,4109 & \cdots & 10,1757 & \cdots & \mathbf{25,6007} & 0 & 7,9895 \\ 0,6258 & \cdots & 0,6593 & \cdots & 21,3613 & 7,9895 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Interpretasi dari matriks  $D_v$  pada Persamaan (4.2) menunjukkan variabel suhu udara dan intensitas cahaya matahari pada tahun 2019 memiliki jarak terdekat diantara variabel lainnya sebesar 0,2804. Sementara itu, variabel polusi dan QFF memiliki jarak terjauh diantara DIY lainnya sebesar 25,6007.

#### 4.3.2 Penentuan Matriks *Product Scalar*

Menentukan matriks *product scalar*  $B$  antar objek ( $B_o$ ) dengan cara mendekomposisikan matriks  $D_o$  dengan menggunakan Persamaan (2.13), diperoleh

$$\begin{aligned} b_{12} &= -\frac{1}{2} \left( 34,3389 - \frac{1}{8} (0 + 34,3389 + 12,9527 + 23,1865 + 10,5170 + 6,7960 + \right. \\ &\quad 12,6220 + 17,4694) - \frac{1}{8} (34,3389 + 0 + 17,5990 + 14,5550 + 23,4911 + \\ &\quad 36,5203 + 34,9806 + 60,5900) + \frac{1}{8^2} (0 + 34,3389 + 12,9527 + 23,1865 + \\ &\quad 10,5170 + 6,7960 + 12,6220 + 17,4694 + \cdots + 17,4694 + 60,5900 + \\ &\quad \left. 39,3423 + 55,1863 + 26,1580 + 13,6927 + 12,8062 + 0) \right) \\ &= -\frac{1}{2} \left( 34,3389 - \frac{1}{8} (117,8828) - \frac{1}{8} (222,0751) + \frac{1}{64} (1232,4491) \right) \\ &= -\frac{1}{2} (34,3389 - 14,7353 - 27,7593 + 19,2570) \\ &= -5,5471 \end{aligned}$$

Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks  $\mathbf{B}_o$  berukuran  $8 \times 8$ . Berikut adalah contoh matriks  $\mathbf{B}_o$  untuk tahun 2019.

$$\mathbf{B}_o = \begin{bmatrix} 5,1103 & -5,5471 & -1,4520 & -2,5619 & \cdots & 3,0857 \\ -5,5471 & 18,1343 & 2,7368 & 8,2658 & \cdots & -11,9624 \\ -1,4520 & 2,7368 & 4,9383 & 3,4100 & \cdots & -7,9366 \\ -2,5619 & 8,2658 & 3,4100 & 12,9522 & \cdots & -11,8517 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3,0858 & -11,9624 & -7,9366 & -11,8517 & \cdots & 18,5306 \end{bmatrix}$$

Untuk hasil matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar objek ( $\mathbf{B}_o$ ) secara rinci di tahun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Setelah mendapatkan hasil matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar objek ( $\mathbf{B}_o$ ), selanjutnya menentukan matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar variabel ( $\mathbf{B}_v$ ). Menggunakan Persamaan (2.13), dengan perhitungan yang sama seperti contoh perhitungan sebelumnya, diperoleh

$$\begin{aligned} b_{12} &= -\frac{1}{2} \left( 1,1860 - \frac{1}{8} (0 + 1,1860 + 5,4545 + 0,2804 + 0,7592 + 16,7929 + \right. \\ &\quad 17,0644 + 0,5936 + 20,1229 + 9,4109 + 0,6258) - \frac{1}{8} (1,1860 + 0 + \\ &\quad 3,7866 + 1,7357 + 1,2775 + 15,9844 + 19,2614 + 0,5220 + 20,2628 + \\ &\quad 10,3186 + 2,1865) + \frac{1}{8^2} (0 + 1,1860 + 5,4545 + 0,2804 + 0,7592 + \\ &\quad 16,7929 + 17,0644 + 0,5936 + 20,1229 + 9,4109 + 0,6258 + \cdots + \\ &\quad 0,6258 + 2,1865 + 4,6009 + 0,6593 + 1,7252 + 15,3662 + 14,0000 + \\ &\quad \left. 1,6926 + 21,3613 + 7,9895 + 0) \right) \\ &= 1,5787 \end{aligned}$$

Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks  $\mathbf{B}_v$  berukuran  $11 \times 11$ . Berikut adalah matriks  $\mathbf{B}_v$  untuk tahun 2019.

$$\mathbf{B}_v = \begin{bmatrix} 1,9794 & 1,5787 & -2,6822 & 1,6945 & \cdots & 1,5718 \\ 1,5787 & 2,3640 & 7,5805 & 1,1591 & \cdots & 0,9838 \\ -0,2682 & 0,7580 & 2,9386 & -0,0997 & \cdots & 0,0639 \\ 1,6945 & 1,1591 & -9,9798 & 1,6900 & \cdots & 1,4103 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1,5718 & 0,9838 & 6,3908 & 1,4103 & \cdots & 1,7900 \end{bmatrix}$$

Untuk hasil matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar variabel ( $\mathbf{B}_v$ ) secara rinci di tahun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

### 4.3.3 Penentuan Titik Koordinat

Untuk menentukan titik koordinat objek dan variabel akan dicari nilai eigen dan vektor eigen berdasarkan matriks *product scalar*  $\mathbf{B}_o$  dan  $\mathbf{B}_v$  yang telah diperoleh sebelumnya. Dengan menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17), nilai eigen objek dari matriks *product scalar*  $\mathbf{B}_o$  adalah sebagai berikut

$$\lambda_1 = 46,0746, \lambda_2 = 14,0661, \lambda_3 = 8,6924, \lambda_4 = 4,4949, \lambda_5 = 3,2763, \\ \lambda_6 = 0,2390, \lambda_7 = 0,1563, \text{ dan } \lambda_8 = -4,7985$$

dan vektor eigennya adalah sebagai berikut

$$\mathbf{V}_o = \begin{bmatrix} 0,1612 & -0,1372 & 0,3155 & \cdots & -0,3535 \\ -0,5275 & 0,3581 & -0,6138 & \cdots & -0,3535 \\ -0,2131 & -0,3184 & 0,1407 & \cdots & -0,3535 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0,5953 & 0,2482 & -0,2674 & \cdots & -0,3535 \end{bmatrix}$$

Secara rinci hasil vektor eigen dapat dilihat pada Lampiran 7.

Dalam penentuan jumlah dimensi pada analisis MDS, didasarkan pada nilai eigen. Dengan nilai eigen positif terbesar secara berurutan ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \cdots > \lambda_n$ ) yang dapat dipilih untuk menentukan jumlah dimensi. Untuk memudahkan dalam menginterpretasi hasil MDS, pada umumnya jumlah dimensi yang digunakan adalah dua dimensi. Oleh karena itu, nilai eigen positif yang terbesar pertama dari matriks *product scalar*  $\mathbf{B}_o$  yaitu  $\lambda_1 = 46,0746$  dan  $\lambda_2 = 14,0661$ .

Nilai ini menunjukkan bahwa dua dimensi pertama adalah yang paling signifikan dalam menjelaskan variabilitas data. Dua dimensi pertama  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  adalah yang paling signifikan dalam menjelaskan data. Dimensi pertama menjelaskan lebih dari tiga kali variabilitas yang dijelaskan oleh dimensi kedua.

Menentukan titik koordinat yang dapat dilakukan dengan mengambil vektor eigen yang berkorespondensi dengan dua nilai eigen yang dipilih. Dengan menggunakan Persamaan (2.18), perhitungan koordinat titik dari 8 objek adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \mathbf{X}_o &= \begin{bmatrix} 0,1612 & -0,1372 \\ -0,5275 & 0,3581 \\ -0,2131 & -0,3184 \\ -0,4384 & 0,1557 \\ -0,0303 & -0,4958 \\ 0,2199 & -0,3535 \\ 0,2328 & 0,5428 \\ 0,5953 & 0,2482 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 46,07464 & 0 \\ 0 & 14,06617 \end{bmatrix}^{\frac{1}{2}} \\
 &= \begin{bmatrix} 0,1612 & -0,1372 \\ -0,5275 & 0,3581 \\ -0,2131 & -0,3184 \\ -0,4384 & 0,1557 \\ -0,0303 & -0,4958 \\ 0,2199 & -0,3535 \\ 0,2328 & 0,5428 \\ 0,5953 & 0,2482 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6,7878 & 0 \\ 0 & 3,7504 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk DIY 01 dimensi 1

$$\begin{aligned}
 &= (0,1612 \cdot 6,7878) + (-0,1372 \cdot 0) \\
 &= 1,0946
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk DIY 01 dimensi 2

$$\begin{aligned}
 &= (0,1612 \cdot 0) + (-0,1372 \cdot 3,7504) \\
 &= -0,5146
 \end{aligned}$$

Demikian pula hasil koordinat titik untuk DIY yang lain dari 8 objek seperti pada

Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Titik Koordinat Objek Iterasi 1

No	Nama Objek	Dimensi	
		1	2
1.	DIY 01	1.0946	-0.5146
2.	DIY 02	-3.5807	1.3433
3.	DIY 03	-1.4467	-1.1943
4.	DIY 04	-2.9762	0.5842
5.	DIY 05	-0.2062	-1.8597
6.	DIY 06	1.4932	-1.3259
7.	DIY 07	1.5808	2.0360
8.	DIY 08	4.0412	0.9309

Nilai eigen variabel dari matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar variabel ( $\mathbf{B}_v$ ) menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17), adalah sebagai berikut

$$\lambda_1 = 25,3767, \lambda_2 = 13,8816, \lambda_3 = 6,4148, \lambda_4 = 3,7047, \lambda_5 = 0,7970,$$

$$\lambda_6 = 0,2030, \lambda_7 = 0,1388, \lambda_8 = 1,2733, \lambda_9 = -3,7650, \lambda_{10} = -6,3161,$$

$$\text{dan } \lambda_{11} = -4,7456$$

dan untuk dan vektor eigennya adalah

$$\mathbf{V}_v = \begin{bmatrix} -0,2523 & 0,1073 & 0,0028 & \dots & -0,1496 \\ -0,2577 & 0,0945 & -0,1116 & \dots & -0,0344 \\ -0,0482 & 0,0073 & 0,3463 & \dots & -0,3674 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,2081 & 0,0218 & 0,2307 & \dots & -0,1350 \end{bmatrix}$$

Secara rinci hasil vektor eigen dapat dilihat pada Lampiran 8.

Dalam penentuan jumlah dimensi pada analisis *MDS*, didasarkan pada nilai eigen. Dengan nilai eigen positif terbesar secara berurutan ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_n$ ) yang dapat dipilih untuk menentukan jumlah dimensi. Untuk memudahkan dalam menginterpretasi hasil *MDS*, pada umumnya jumlah dimensi yang digunakan adalah dua dimensi. Oleh karena itu, nilai eigen positif yang pertama dari matriks *product scalar*  $\mathbf{B}_v$  yaitu  $\lambda_1 = 25,3767$  dan  $\lambda_2 = 13,8816$ . Nilai ini menunjukkan bahwa dua dimensi pertama adalah yang paling signifikan dalam menjelaskan variabilitas data. Dua dimensi pertama  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  adalah yang paling

signifikan dalam menjelaskan data. Dimensi pertama menjelaskan lebih dari tiga kali variabilitas yang dijelaskan oleh dimensi kedua.

Menentukan titik koordinat yang dapat dilakukan dengan mengambil vektor eigen yang berkorespondensi dengan dua nilai eigen yang dipilih. Menggunakan Persamaan (2.18), contoh koordinat titik dari 8 variabel adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 X_v &= \begin{bmatrix} -0,2523 & 0,1073 \\ -0,2577 & 0,0945 \\ -0,0482 & 0,0073 \\ -0,2073 & 0,1440 \\ -0,2305 & -0,0155 \\ 0,3638 & -0,5252 \\ 0,4961 & 0,0763 \\ -0,2391 & 0,1376 \\ 0,5387 & 0,5485 \\ 0,0448 & -0,5970 \\ -0,2081 & 0,0218 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 25,37675 & 0 \\ 0 & 13,88165 \end{bmatrix}^{\frac{1}{2}} \\
 &= \begin{bmatrix} -0,2523 & 0,1073 \\ -0,2577 & 0,0945 \\ -0,0482 & 0,0073 \\ -0,2073 & 0,1440 \\ -0,2305 & -0,0155 \\ 0,3638 & -0,5252 \\ 0,4961 & 0,0763 \\ -0,2391 & 0,1376 \\ 0,5387 & 0,5485 \\ 0,0448 & -0,5970 \\ -0,2081 & 0,0218 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5,0375 & 0 \\ 0 & 3,7258 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk variabel suhu udara dimensi 1

$$\begin{aligned}
 &= (-0,2523 \cdot 5,0375) + (0,1073 \cdot 0) \\
 &= -1.2714
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk variabel suhu udara dimensi 2

$$\begin{aligned}
 &= (-0,2523 \cdot 0) + (0,1073 \cdot 3,7258) \\
 &= 0.40008
 \end{aligned}$$

Demikian pula hasil koordinat titik untuk variabel selanjutnya dari 11 variabel seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Titik Koordinat Variabel Iterasi 1

No.	Variabel	Dimensi	
		1	2
1.	Suhu Udara	-1.2714	0.4000
2.	Kelembaban Udara	-1.2982	0.3523
3.	Tekanan Udara	-0.2432	0.0274
4.	Intensitas	-1.0446	0.5366
5.	Penguapan	-1.1613	-0.0578
6.	Kecepatan Angin	1.8330	-1.9568
7.	Arah Angin	2.4993	0.2846
8.	Titik Embun	-1.2048	0.5128
9.	Polusi	2.7141	2.0439
10.	Qff	0.2259	-2.2243
11.	Jarak Pandang	-1.0486	0.0812

Demikian pula, untuk hasil titik koordinat objek dan variabel tahun lainnya bisa dilihat pada Lampiran 9 dan 10.

#### 4.3.4 Penentuan Matriks Disparatis

Langkah selanjutnya yaitu menghitung matriks Disparatis  $\hat{D}$  antar objek ( $\hat{D}_o$ ) yang merupakan jarak *Euclid* dari koordinat yang terbentuk. Koordinat yang terbentuk akan digunakan untuk menghitung jarak stimulus (objek) ruang dimensi tersebut. Tiap-tiap jarak dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3). Berikut diberikan contoh perhitungan jarak antara DIY 01 dan DIY 02 dengan menggunakan titik koordinat yang terbentuk

$$\begin{aligned} \hat{d}_{12}^2 &= (1,0946 - ((-3,807))^2 + ((-0,5146) - 1,3433)^2 \\ &= 25,3113 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan jarak antara DIY 01 dan DIY 03 dengan menggunakan titik koordinat terbentuk



$$\begin{aligned} \hat{d}_{13}^2 &= (1.0946 - (-1.4467))^2 + (-0.5146 - (-1.1943))^2 \\ &= 6.9206 \end{aligned}$$

Demikian pula untuk jarak antar DIY yang lain dan tahun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 11. Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks disparatis  $\hat{\mathbf{D}}_o$  berukuran  $8 \times 8$ . Berikut adalah contoh matriks disparatis  $\hat{\mathbf{D}}_o$  untuk tahun 2019.

$$\hat{\mathbf{D}}_o = \begin{bmatrix} 0 & 25,3113 & \cdots & 3,5017 & \mathbf{0,8171} & \cdots & 10,7723 \\ 25,3113 & 0 & \cdots & 21,6464 & 32,8703 & \cdots & \mathbf{58,2652} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 3,5017 & 21,6464 & \cdots & 0 & 3,1732 & \cdots & 25,8297 \\ \mathbf{0,8171} & 32,8703 & \cdots & 3,1732 & 0 & \cdots & 11,5863 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 10,7723 & \mathbf{58,2652} & \cdots & 25,8297 & 11,5863 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Interpretasi dari matriks disparatis  $\hat{\mathbf{D}}_o$  pada Persamaan (4.3) menunjukkan DIY 01 dan DIY 06 pada tahun 2019 memiliki jarak terdekat diantara DIY lainnya dengan jarak sebesar 0,8171. Sedangkan DIY 02 dan DIY 08 memiliki jarak terjauh di antara yang lainnya yaitu dengan jarak sebesar 58,2652.

Setelah mendapatkan hasil matriks disparatis antar objek ( $\hat{\mathbf{D}}_o$ ), selanjutnya menentukan disparatis antar variabel ( $\hat{\mathbf{D}}_v$ ). Dengan menggunakan rumus jarak *Euclid* pada Persamaan (2.3), contoh perhitungan jarak antara variabel suhu udara dengan kelembaban tahun 2019 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \hat{d}_{12}^2 &= ((-1.2714) - ((-1.2982)))^2 + (0,4000 - 0,3523)^2 \\ &= 0,00299 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan jarak antara suhu udara dan tekanan udara dengan menggunakan titik koordinat terbentuk

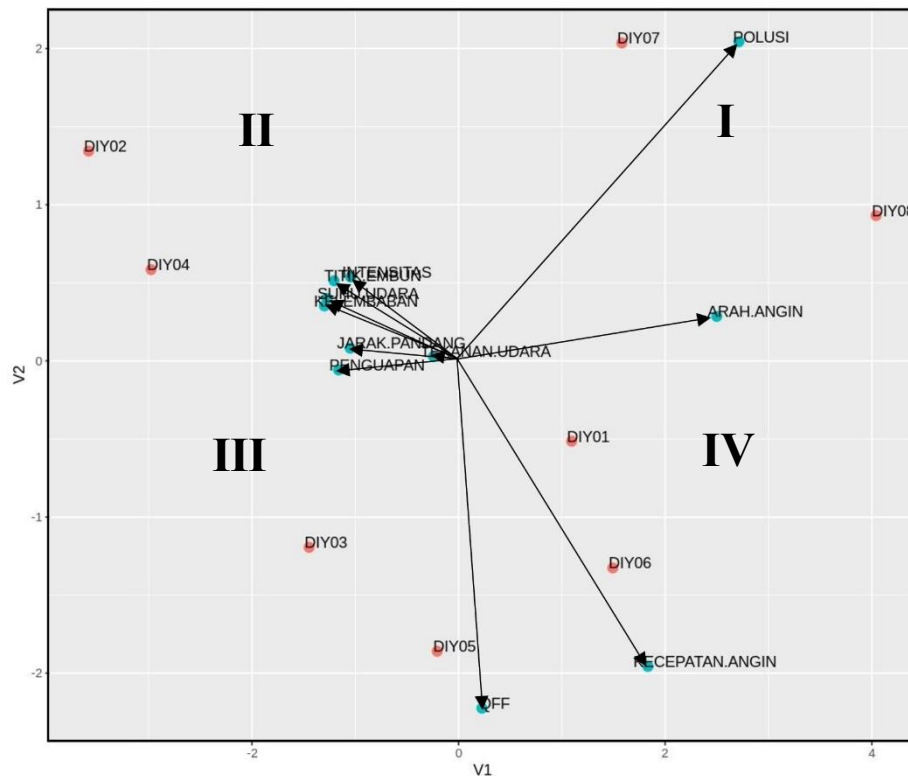
$$\begin{aligned} \hat{d}_{13}^2 &= ((-1.2714) - ((-0,2432)))^2 + (0,4000 - 0,0274)^2 \\ &= 1,19607 \end{aligned}$$

Demikian pula untuk jarak antar variabel yang lain dan tahun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 12. Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks disparatis  $\hat{D}_v$  berukuran  $11 \times 11$ . Berikut adalah contoh matriks  $\hat{D}_v$  untuk tahun 2019.

$$\hat{D}_v = \begin{bmatrix} 0 & 0,0029 & 1,1960 & \cdots & 18,5871 & 9,1299 & 0,1512 \\ 0,0029 & 0 & 1,2185 & \cdots & 18,9606 & 8,9623 & 0,1357 \\ 1,1960 & 1,2185 & 0 & \cdots & 12,8121 & 5,2908 & 0,6516 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 18,5871 & 18,9606 & 12,8121 & \cdots & 0 & 24,4091 & 18,0109 \\ 9,1299 & 8,9623 & 5,2908 & \cdots & 24,4091 & 0 & 6,9404 \\ 0,1512 & 0,1357 & 0,6516 & \cdots & 18,0109 & 6,9404 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Berdasarkan matriks disparatis  $\hat{D}_v$  pada Persamaan (4.4) menunjukkan bahwa jarak terdekat adalah suhu udara dan kelembaban sebesar 0,0029. Sedangkan polusi udara dan QFF memiliki jarak terjauh di antara yang lainnya yaitu sebesar 24,4091.

#### 4.3.5 Penggabungan Konfigurasi MDS Objek dan Variabel



Gambar 4.12 Hasil Konfigurasi MDS 2 Dimensi Untuk Objek dan Variabel Iterasi 1 Tahun 2019

Berdasarkan koordinat titik yang diperoleh pada Tabel 4.1 dan 4.2 maka diperoleh peta spasial atau *perceptual map* wilayah (objek) dengan karakteristik faktor penentu curah hujan (variabel) tahun 2019 yang disajikan pada Gambar 4.12. Pada Gambar 4.12 menunjukkan posisi objek dan variabel yang terkait. Informasi ini digunakan untuk menentukan pengelompokan di setiap wilayah DIY berdasarkan faktor penentu curah hujan. Terdapat empat kuadran, setiap kuadran mengelompokkan beberapa wilayah dengan kemiripan variabel faktor penentu curah hujan.

#### 4.3.6 Pengujian Validitas Stimulus Koordinat

Kriteria nilai *stress* dapat dilihat pada Tabel 2.1. Nilai *stress* untuk objek yang dihasilkan dari perhitungan jarak antar stimuli dapat menggunakan persamaan (2.14) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Stress (Objek)} &= \sqrt{\frac{(d_{11}^2 - \hat{d}_{11}^2)^2 - (d_{12}^2 - \hat{d}_{12}^2)^2 + \dots + (d_{88}^2 - \hat{d}_{88}^2)^2}{\left(d_{11}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{11}^2}{8}\right)\right)^2 + \left(d_{12}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{12}^2}{8}\right)\right)^2 + \dots + \left(d_{88}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{88}^2}{8}\right)\right)^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{(0 - 0)^2 - (34,3389 - 25,3113)^2 + \dots + (0 - 0)^2}{(0 - 19,2570)^2 - (34,3389 - 19,2570)^2 + \dots + (0 - 0)^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{1932,3825}{13848,409}} \\
 &= 0,3560
 \end{aligned}$$

Sementara itu, nilai *stress* variabel yang dihasilkan dari perhitungan jarak antar stimuli dapat menggunakan persamaan (2.14) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Stress (Variabel)} &= \sqrt{\frac{(d_{11}^2 - \hat{d}_{11}^2)^2 - (d_{12}^2 - \hat{d}_{12}^2)^2 + \dots + (d_{88}^2 - \hat{d}_{88}^2)^2}{\left(d_{11}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{11}^2}{11}\right)\right)^2 + \left(d_{12}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{12}^2}{11}\right)\right)^2 + \dots + \left(d_{1111}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{1111}^2}{11}\right)\right)^2}} \\
&= \sqrt{\frac{(0 - 0)^2 - (1,1860 - 0,0029)^2 + \dots + (0 - 0)^2}{(0 - 9,1841)^2 - (1,1860 - 9,1841)^2 + \dots + (0 - 0)^2}} \\
&= \sqrt{\frac{950,4176}{6906,1484}} \\
&= 0,3712
\end{aligned}$$

Nilai *stress* yang diperoleh pada tahun 2019 sebesar 0,3760 atau 35,60% untuk objek dan 0,3712 atau 37,12% untuk variabel. Demikian pula, nilai *stress* untuk tahun 2020, 2021, 2022, dan 2023 masing-masing adalah terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil *Stress* Iterasi 1

Tahun	Nilai <i>Stress</i>	
	Objek	Variabel
2020	0,4207	0,4902
2021	0,4199	0,5528
2022	1,1223	0,1245
2023	0,2482	0,3102

Mengacu pada Tabel 2.1, menunjukkan bahwa model penskalaan MDS yang diperoleh termasuk dalam kriteria buruk. Dalam hal ini, tidak perlu menghitung  $R^2$  dikarenakan perlu adanya iterasi selanjutnya. Karena nilai *stress* tidak memenuhi kriteria.

#### 4.4 Proses Multidimensional *Scaling* Iterasi Kedua

##### 4.4.1 Menjadikan Matriks Disparatis $\hat{D}$ Sebagai Matriks Jarak $D$

Matriks (4.3) merupakan matriks disparatis  $\hat{D}$  antar objek ( $\hat{D}_o$ ). Selanjutnya matriks (4.4) merupakan matriks hasil matriks disparatis  $\hat{D}$  antar variabel ( $\hat{D}_v$ ).

Pada iterasi kedua, untuk menentukan matriks jarak  $\mathbf{D}$  yaitu dapat menjadikan matriks disparatis  $\hat{\mathbf{D}}$  sebagai matriks jarak  $\mathbf{D}$ .

#### 4.4.2 Penentuan Matriks *Product Scalar*

Langkah selanjutnya yaitu menentukan matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  dengan cara mendekomposisikan matriks  $\mathbf{D}$  yang diperoleh dan diubah ke dalam bentuk matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$ . Dengan perhitungan yang sama seperti pada iterasi pertama, data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks  $\mathbf{B}_o$  berukuran  $8 \times 8$ . Berikut adalah contoh matriks  $\mathbf{B}_o$  untuk tahun 2019.

$$\mathbf{B}_o = \begin{bmatrix} 1,4631 & -4,6109 & -0,9690 & -3,5586 & \cdots & 3,9447 \\ -4,6109 & 14,6262 & 3,5759 & 11,4421 & \cdots & -13,2201 \\ -0,9690 & 3,5759 & 3,5194 & 3,6081 & \cdots & -6,9585 \\ -3,5586 & 11,4421 & 3,6081 & 9,1996 & \cdots & -11,4841 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3,9447 & -13,2201 & -6,9585 & -11,4841 & \cdots & 17,1987 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan hasil matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar objek ( $\mathbf{B}_o$ ), selanjutnya menentukan matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar variabel ( $\mathbf{B}_v$ ). Hasil yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks  $\mathbf{B}_v$  berukuran  $11 \times 11$ . Berikut adalah contoh matriks  $\mathbf{B}_v$  untuk tahun 2019.

$$\mathbf{B}_v = \begin{bmatrix} 1,7766 & 1,7915 & 0,3202 & 1,5429 & \cdots & 1,3658 \\ 1,7915 & 1,8095 & 0,3254 & 1,5452 & \cdots & 1,3900 \\ 0,3202 & 0,3254 & 0,0599 & 0,2688 & \cdots & 0,2573 \\ 1,5429 & 1,5452 & 0,2688 & 1,3793 & \cdots & 1,1391 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1,3658 & 1,3900 & 0,2573 & 1,1391 & \cdots & 1,1063 \end{bmatrix}$$

#### 4.4.3 Penentuan Titik Koordinat

Untuk menentukan titik koordinat objek dan variabel akan dicari nilai eigen dan vektor eigen berdasarkan matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  yang telah diperoleh

sebelumnya. Dengan menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17), nilai eigen objek dari matriks *product scalar*  $\mathbf{B}$  antar objek ( $\mathbf{B}_o$ ) adalah sebagai berikut

$$\lambda_1 = 46,0746, \lambda_2 = 14,0661, \lambda_3 = 5,3740, \lambda_4 = 2,4924, \lambda_5 = -2,0340,$$

$$\lambda_6 = -2,5230, \lambda_7 = -2,8695, \text{ dan } \lambda_8 = -2,9160$$

dan untuk vektor eigennya adalah

$$\mathbf{V}_o = \begin{bmatrix} 0,1612 & -0,1372 & 0,0000 & \cdots & 0,0000 \\ -0,5275 & 0,3581 & 0,4521 & \cdots & -0,4275 \\ -0,2131 & -0,3184 & -0,1354 & \cdots & -0,0088 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0,5953 & 0,2482 & 0,3817 & \cdots & 0,0020 \end{bmatrix}$$

Dalam penentuan jumlah dimensi pada analisis MDS, didasarkan pada nilai eigen. Dengan nilai eigen positif terbesar secara berurutan ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \cdots > \lambda_n$ ) yang dapat dipilih untuk menentukan jumlah dimensi. Oleh karena itu, nilai eigen positif yang terbesar pertama dari matriks B yaitu  $\lambda_1 = 46,07464$  dan  $\lambda_2 = 14,06617$ . Nilai ini menunjukkan bahwa dua dimensi pertama adalah yang paling signifikan dalam menjelaskan variabilitas data. Dapat dilihat bahwa, untuk  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  iterasi 1 dan 2 ini memiliki nilai yang sama tetapi untuk  $\lambda_3$  dan seterusnya itu berbeda. Untuk memudahkan dalam menginterpretasi hasil MDS, pada umumnya jumlah dimensi yang digunakan adalah dua dimensi. Jadi, untuk diperoleh titik koordinat bernilai sama dengan iterasi 1 pada Tabel 4.1.

Tabel 4.4 Titik Koordinat Objek Iterasi 2

No	Nama Objek	Dimensi	
		1	2
1.	DIY 01	1.0947	-0.5146
2.	DIY 02	-3.5807	1.3434
3.	DIY 03	-1.4467	-1.1943
4.	DIY 04	-2.9762	0.5843
5.	DIY 05	-0.2063	-1.8598
6.	DIY 06	1.4932	-1.3260
7.	DIY 07	1.5809	2.0360
8.	DIY 08	4.0413	0.9310

Penentuan titik koordinat dapat dilakukan dengan mengambil vektor eigen yang berkorespondensi dengan dua nilai eigen yang dipilih. Diperoleh koordinat titik dari 8 objek seperti pada Tabel 4.4.

Nilai eigen variabel dari matriks *product scalar* **B** menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17) adalah sebagai berikut

$$\lambda_1 = 25,3767, \lambda_2 = 13,8816, \lambda_3 = 2,7945, \lambda_4 = 8,2701, \lambda_5 = 4,4884, \lambda_6 = 3,1143, \lambda_7 = 1,5200, \lambda_8 = -7,6274, \lambda_9 = -1,0064, \lambda_{10} = -1,0725, \text{ dan } \lambda_{11} = -1,7518$$

dan untuk vektor eigennya adalah

$$V_v = \begin{bmatrix} -0,2523 & 0,1073 & -0,6913 & \dots & 0,6684 \\ -0,2577 & 0,0945 & -0,1009 & \dots & -0,2168 \\ -0,0482 & 0,0073 & -0,1699 & \dots & -0,1952 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,2081 & 0,0218 & -0,2182 & \dots & -0,3077 \end{bmatrix}$$

Pada penentuan jumlah dimensi pada analisis *MDS*, didasarkan pada nilai eigen. Dengan nilai eigen positif terbesar secara berurutan ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_n$ ) yang dapat dipilih untuk menentukan jumlah dimensi. Oleh karena itu, nilai eigen positif yang pertama dari matriks **B** yaitu  $\lambda_1 = 25,3767$  dan  $\lambda_2 = 13,8816$ . Nilai ini menunjukkan bahwa dua dimensi pertama adalah yang paling signifikan dalam menjelaskan variabilitas data. Dapat dilihat bahwa, untuk  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  iterasi 1 dan 2 itu sama tetapi untuk  $\lambda_3$  dan seterusnya itu berbeda. Untuk memudahkan dalam menginterpretasi hasil *MDS*, pada umumnya jumlah dimensi yang digunakan adalah dua dimensi. Jadi, untuk diperoleh titik koordinat bernilai sama dengan iterasi 1 pada Tabel 4.2. Penentuan titik koordinat dapat dilakukan dengan mengambil vektor eigen yang berkorespondensi dengan dua nilai eigen yang dipilih. Diperoleh koordinat titik dari 11 variabel seperti pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Titik Koordinat Variabel Iterasi 2

No	Nama Objek	Dimensi	
		1	2
1.	Suhu Udara	-1.2714	0.4000
2.	Kelembaban Udara	-1.2982	0.3523
3.	Tekanan Udara	-0.2432	0.0274
4.	Intensitas	-1.0446	0.5366
5.	Penguapan	-1.1613	-0.0578
6.	Kecepatan Angin	1.8330	-1.9568
7.	Arah Angin	2.4993	0.2846
8.	Titik Embun	-1.2048	0.5128
9.	Polusi	2.7141	2.0439
10.	QFF	0.2259	-2.2243
11.	Jarak Pandang	-1.0486	0.0812

#### 4.4.4 Menentukan Matriks Disparatis

Langkah selanjutnya yaitu mengitung matriks Disparatis  $\hat{D}_o$  antar objek ( $\hat{D}_o$ ) yang merupakan jarak *Euclid* dari koordinat yang terbentuk. Koordinat yang terbentuk akan digunakan untuk menghitung jarak stimulus (objek) ruang dimensi tersebut. Tiap-tiap jarak dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3). Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks Disparatis  $\hat{D}_o$  berukuran  $8 \times 8$ . Berikut adalah hasil matriks disparatis  $\hat{D}_o$  untuk tahun 2019.

$$\hat{D}_o = \begin{bmatrix} 0 & 25,3113 & \cdots & 3,5017 & \mathbf{0,8171} & \cdots & 10,7723 \\ 25,3113 & 0 & \cdots & 21,6464 & 32,8703 & \cdots & \mathbf{58,2652} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 3,5017 & 21,6464 & \cdots & 0 & 3,1732 & \cdots & 25,8297 \\ \mathbf{0,8171} & 32,8703 & \cdots & 3,1732 & 0 & \cdots & 11,5863 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 10,7723 & \mathbf{58,2652} & \cdots & 25,8297 & 11,5863 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Interpretasi dari matriks disparatis  $\hat{D}_o$  pada Persamaan (4.5) menunjukkan DIY 01 dan DIY 06 pada tahun 2019 memiliki jarak terdekat diantara DIY lainnya dengan jarak sebesar 0,8171. Sedangkan DIY 02 dan DIY 08 memiliki jarak terjauh di antara yang lainnya yaitu dengan jarak sebesar 58,2652.

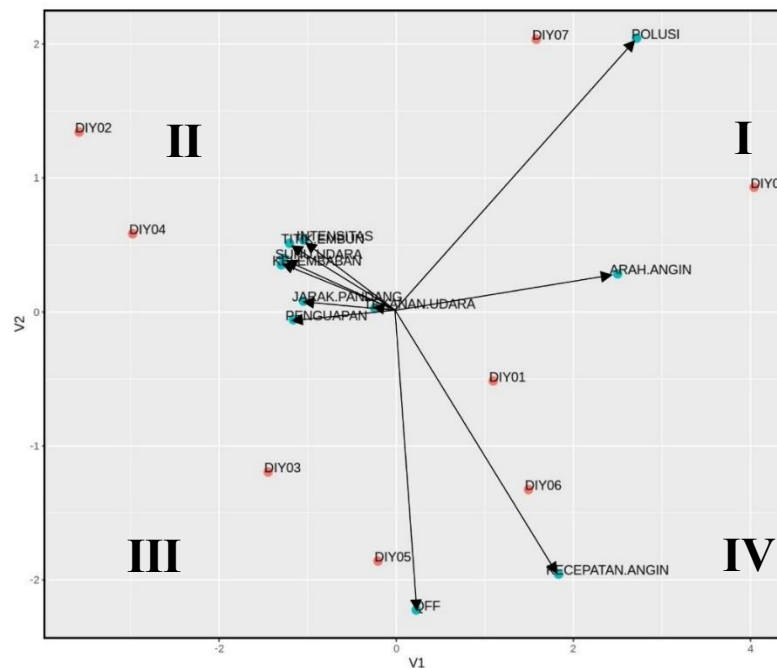


Setelah mendapatkan hasil matriks disparatis antar objek ( $\hat{D}_o$ ), selanjutnya menentukan disparatis antar variabel ( $\hat{D}_v$ ). Kemudian data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matriks disparatis  $\hat{D}_v$  berukuran  $11 \times 11$ . Berikut adalah hasil matriks  $\hat{D}_v$  untuk tahun 2019.

$$\hat{D}_v = \begin{bmatrix} 0 & 0,0029 & 1,1960 & \cdots & 18,5871 & 9,1299 & 0,1512 \\ 0,0029 & 0 & 1,2185 & \cdots & 18,9606 & 8,9623 & 0,1357 \\ 1,1960 & 1,2185 & 0 & \cdots & 12,8121 & 5,2908 & 0,6516 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 18,5871 & 18,9606 & 12,8121 & \cdots & 0 & 24,4091 & 18,0109 \\ 9,1299 & 8,9623 & 5,2908 & \cdots & 24,4091 & 0 & 6,9404 \\ 0,1512 & 0,1357 & 0,6516 & \cdots & 18,0109 & 6,9404 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Berdasarkan matriks disparatis  $\hat{D}_v$  pada Persamaan (4.6) menunjukkan bahwa jarak terdekat adalah suhu udara dan kelembaban sebesar 0,0029. Sedangkan polusi udara dan QFF memiliki jarak terjauh di antara yang lainnya yaitu sebesar 24,4091.

#### 4.4.5 Penggabungan Konfigurasi MDS Objek dan Variabel



Gambar 4.13 Hasil Konfigurasi MDS 2 Dimensi Untuk Objek dan Variabel Iterasi 2 Tahun 2019

Berdasarkan koordinat titik yang diperoleh pada Tabel 4.4 dan 4.5 maka diperoleh peta spasial atau perceptual map wilayah (objek) dengan variabel faktor penentu curah hujan (variabel) tahun 2019 yang disajikan pada Gambar 4.13.

Pada Gambar 4.13 menunjukkan posisi objek dan variabel yang terkait. Informasi ini digunakan untuk menentukan pengelompokan di setiap wilayah DIY berdasarkan faktor penentu curah hujan. Terdapat empat kuadran, setiap kuadran mengelompokkan beberapa wilayah dengan kemiripan variabel faktor penentu curah hujan.

#### 4.4.6 Pengujian Validitas Stimulus Koordinat

Menguji stimulus dapat dilakukan dengan menghitung nilai *stress* dan nilai  $R^2$

##### 1. Nilai *Stress*

Nilai *stress* objek yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.14) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Stress (Objek)} &= \sqrt{\frac{(d_{11}^2 - \hat{d}_{11}^2)^2 + (d_{12}^2 - \hat{d}_{12}^2)^2 + \dots + (d_{88}^2 - \hat{d}_{88}^2)^2}{\left(d_{11}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{11}^2}{8}\right)\right)^2 + \left(d_{12}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{12}^2}{8}\right)\right)^2 + \dots + \left(d_{88}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^8 d_{88}^2}{8}\right)\right)^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{(0 - 0)^2 + (25,3113 - 25,3113)^2 + \dots + (0 - 0)^2}{(0 - 14,8598)^2 + (25,3113 - 14,8598)^2 + \dots + (0 - 0)^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{0}{12688,609}} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Sementara itu, nilai *stress* variabel yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.14) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Stress (Variabel)} &= \frac{\sqrt{(d_{11}^2 - \hat{d}_{11}^2)^2 - (d_{12}^2 - \hat{d}_{12}^2)^2 + \dots + (d_{88}^2 - \hat{d}_{88}^2)^2}}{\sqrt{\left(d_{11}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{11}^2}{11}\right)\right)^2 + \left(d_{12}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{12}^2}{11}\right)\right)^2 + \dots + \left(d_{1111}^2 - \left(\frac{\sum_{i,j}^{11} d_{1111}^2}{11}\right)\right)^2}} \\
&= \frac{\sqrt{(0 - 0)^2 - (0,0029 - 0,0029)^2 + \dots + (0 - 0)^2}}{\sqrt{(0 - 7,1462)^2 - (0,0029 - 7,1462)^2 + \dots + (0 - 0)^2}} \\
&= \frac{\sqrt{0}}{\sqrt{6064,4833}} \\
&= 0
\end{aligned}$$

Nilai *stress* tahun 2019 yang diperoleh pada iterasi kedua sebesar 0 atau 0% .  
Demikian pula, nilai *stress* untuk tahun lainnya masing-masing yang diperoleh juga sebesar 0 atau 0%. Mengacu pada Tabel 2.1, menunjukkan bahwa model penskalaan MDS yang diperoleh termasuk dalam kriteria sempurna.

## 2. Perhitungan $R^2$

Pada analisis MDS,  $R^2$  menunjukkan apakah model penskalaan layak untuk mewakili data input. Semakin tinggi nilai  $R^2$  peta spasial yang dihasilkan semakin baik. Untuk menghitung nilai  $R^2$  objek dapat menggunakan Persamaan (2.15) :

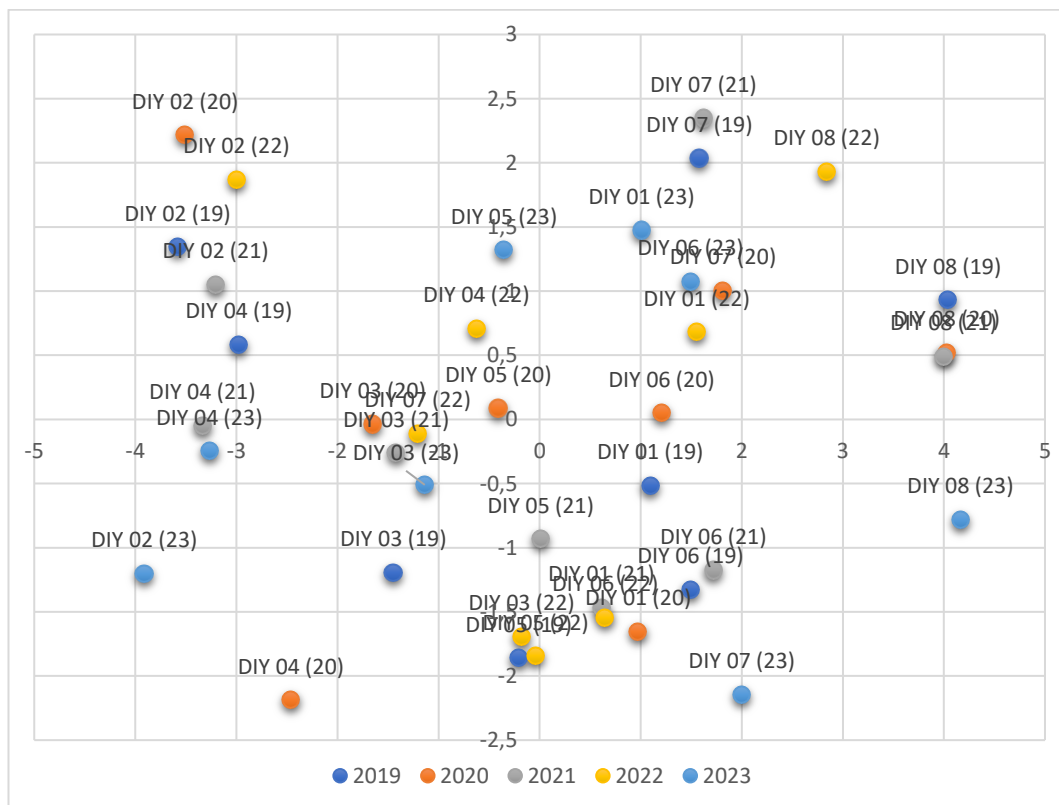
$$\begin{aligned}
R^2 &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \hat{d}_{ij}^2)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{ij}^2 - \bar{d}_{ij}^2)^2} \\
&= 1 - \frac{(0 - 0)^2 + (25,3113 - 25,3113)^2 + \dots + (0 - 0)^2}{(0 - 14,8598)^2 + (25,3113 - 14,8598)^2 + \dots + (0 - 0)^2} \\
&= 1 - \frac{0}{12688,609} \\
&= 1
\end{aligned}$$

Begitu juga, nilai  $R^2$  variabel dapat menggunakan Persamaan (2.15)

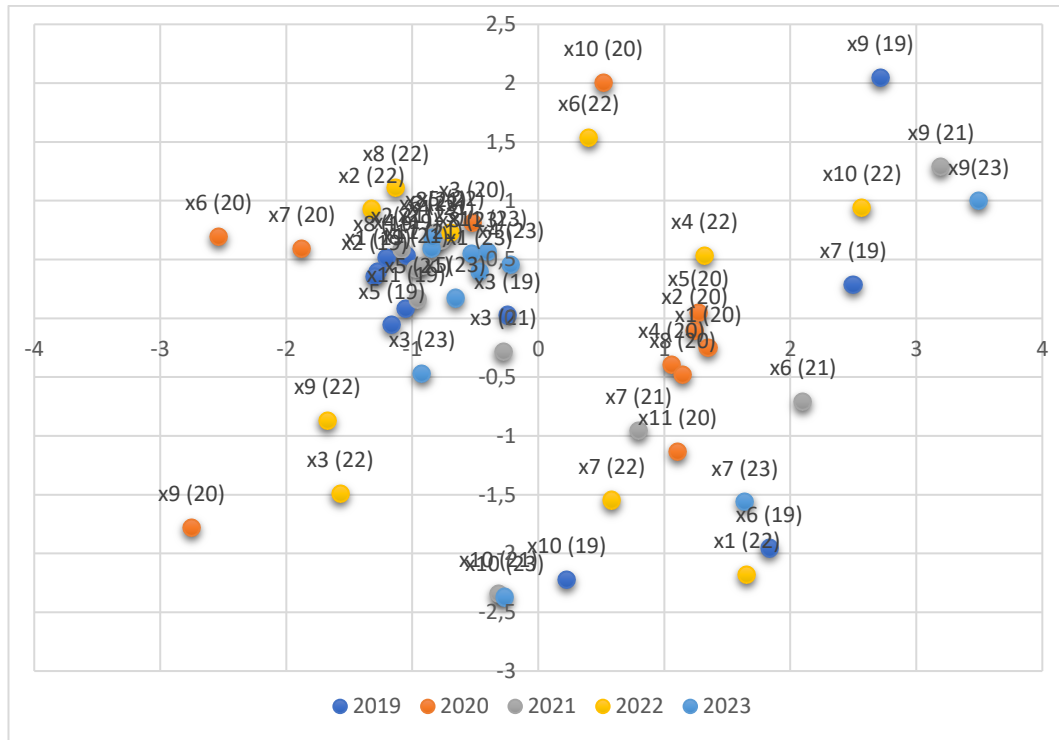
$$\begin{aligned}
 R^2 &= 1 - \frac{(0 - 0)^2 - (0,0029 - 0,0029)^2 + \dots + (0 - 0)^2}{(0 - 7,1462)^2 - (0,0029 - 7,1462)^2 + \dots + (0 - 0)^2} \\
 &= 1 - \frac{0}{6064,4833} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai  $R^2$  objek dan variabel masing-masing diperoleh sebesar 1. Demikian pula, nilai  $R^2$  untuk tahun lainnya masing-masing yang diperoleh juga sebesar 1. Karena nilai  $R^2 > 0.6$ , maka hal ini menunjukkan peta spasial yang diperoleh bisa diterima.

#### 4.5 Interpretasi Hasil Pemetaan Multidimensional *Scaling*



Gambar 4.14 Hasil Konfigurasi Objek Tahun 2019-2023 Iterasi 2



Gambar 4.15 Hasil Konfigurasi Variabel Tahun 2019-2023 Iterasi 2

Peta spasial pada tahun 2019 sampai 2023 seperti yang telah disajikan pada Gambar 4.14 dan 4.15, menunjukkan bahwa terdapat beberapa kelompok yang memiliki kemiripan antar anggotanya. Beberapa wilayah dengan karakteristik faktor-faktor penentu curah hujan akan digambarkan dengan titik yang berdekatan, semakin dekat posisi titik maka semakin mirip, semakin jauh posisi titik maka semakin berbeda. Berdasarkan Gambar 4.14 dan 4.15, wilayah di DIY masing-masing memiliki karakteristik yang mendominasi sesuai dengan kedekatan jarak antar objek dan variabel.

Adapun penjelasan dari Gambar 4.15 dan 4.16 adalah Kuadran I terdapat variabel polusi (2019-2023 kecuali 2022), arah angin (2019), kecepatan angin (2022), intensitas (2022), dan QFF (2022). Kedua dimensi tersebut berada pada dimensi positif, artinya kualitas udara di DIY terbilang baik selama periode 2019-2023. Hal ini ditunjukkan dengan tingkat polusi yang rendah di beberapa wilayah,

seperti DIY 07, DIY 08, DIY 06, dan DIY 01. Arah angin yang baik di DIY 07 dan DIY 08 pada tahun 2019 juga membantu membawa polutan keluar dari wilayah tersebut. Di tahun 2022, DIY 01 dan DIY 08 memiliki kecepatan angin dan QFF yang baik. Kecepatan angin yang sedang membantu mengurangi rasa panas dan menyebarkan polutan, sedangkan QFF yang tinggi menunjukkan tekanan udara yang stabil dan cuaca yang cerah. Selain itu, intensitas cahaya matahari di DIY 01 dan DIY 08 pada tahun 2022 juga tergolong baik, sehingga mendukung aktivitas manusia dan fotosintesis tumbuhan.

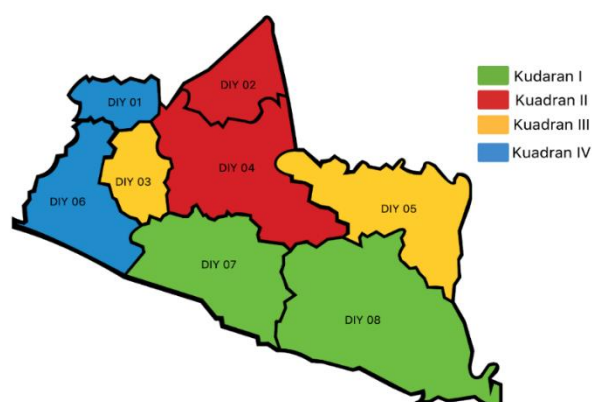
Kuadran II yaitu variabel kecepatan angin (2020 dan 2023), arah angin (2020), titik embun (2019-2023 kecuali 2020), jarak pandang (2019-2023 kecuali 2020), suhu udara (2019, 2021, 2023), kelembaban (2019-2023 kecuali 2020), tekanan udara (2019 dan 2020), intensitas (2019, 2021, 2023), penguapan (2021-2023). Kedua dimensi tersebut berada pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 positif, artinya secara umum kondisi cuaca di beberapa wilayah DIY terbilang cukup baik selama periode 2019-2023. Hal ini ditunjukkan dengan berbagai variabel, seperti intensitas cahaya matahari, titik embun, suhu udara, kelembaban udara, jarak pandang mendatar terhadap awan, tekanan udara, penguapan, dan kecepatan angin. Meskipun demikian, terdapat beberapa variasi antar wilayah dan tahun. Contohnya, pada tahun 2019, DIY 02 dan DIY 04 memiliki kondisi yang lebih baik dibandingkan DIY 03 dan DIY 04 pada tahun 2020. Pada tahun 2021, DIY 02 kembali menunjukkan kondisi yang baik, sedangkan pada tahun 2022, DIY 02 dan DIY 04 memiliki kondisi yang lebih baik dibandingkan DIY 03 dan DIY 04. Terakhir, pada tahun 2023, DIY 03, DIY 04, dan DIY 05 menunjukkan kondisi yang lebih baik dibandingkan DIY 02 dan DIY 04.

Kuadran III terdapat variabel penguapan (2019 dan 2020), QFF (2020, 2021,2023), polusi (2020 dan 2022), tekanan udara (2021-2023). Kuadran ini terletak pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 negatif. Artinya variabel yang berada pada kuadran III masih perlu diperbaiki. Selama periode 2019-2023, beberapa wilayah di DIY mengalami kondisi penguapan, QFF, tekanan udara, dan polusi yang rendah. Pada tahun 2019, DIY 03 dan DIY 05 memiliki tingkat penguapan yang rendah. Dampak dari penguapan rendah yaitu dapat meningkatkan risiko banjir, menyebabkan kekurangan air terutama di musim kemarau. Pada tahun 2020, kondisi ini berlanjut di DIY 03 dan DIY 04. Pada tahun 2020, DIY 03 dan DIY 04 mengalami QFF yang rendah. Di tahun 2021, kondisi ini kembali terjadi di DIY 03 dan DIY 04. Pada tahun 2023, DIY 02 dan DIY 04 juga menunjukkan QFF yang rendah. Pada tahun 2022, DIY 03, DIY 05, dan DIY 07 mengalami tekanan udara yang rendah. Tekanan udara rendah menyebabkan udara naik dan mendingin, yang dapat menghasilkan awan dan hujan lebat, angin kencang, dan gelombang tinggi. Di tahun 2023, kondisi ini juga terjadi di DIY 02 dan DIY 04. Pada tahun 2022, DIY 03, DIY 05, dan DIY 07 mengalami polusi yang rendah. Pemerintah DIY perlu mengambil langkah-langkah untuk memperbaiki kondisi ini, seperti meningkatkan kesadaran masyarakat, menerapkan kebijakan yang lebih ketat, mengembangkan energi terbarukan, dan melakukan reboisasi. Dengan menerapkan berbagai upaya perbaikan, diharapkan tingkat penguapan di wilayah ini dapat ditingkatkan dan dampak negatifnya dapat diminimalkan.

Kuadran IV terdapat variabel kecepatan angin (2019-2021), QFF (2019), tekanan udara (2020), arah angin (2020-2023), suhu udara (2022). Sama halnya dengan kuadran I. Pada tahun 2019, DIY 01 dan DIY 06 tercatat memiliki

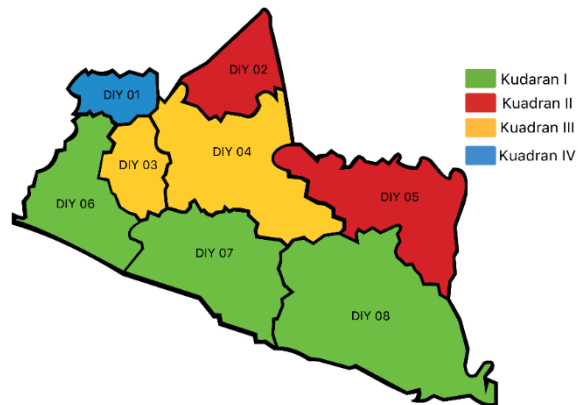
kecepatan angin dan QFF yang cukup baik. Di tahun 2020, kondisi ini kembali terjadi di DIY 01, menunjukkan konsistensi dalam hal kecepatan angin dan QFF yang ideal. Di tahun 2021, DIY 01, DIY 05, dan DIY 06 menunjukkan kecepatan angin dan arah angin yang cukup baik, menandakan pola yang relatif stabil. Pada tahun 2020, DIY 01 menunjukkan tekanan udara, arah angin, dan kecepatan angin yang cukup baik. Hal ini menunjukkan keseimbangan dalam kondisi atmosfer di wilayah tersebut. Pada tahun 2021, DIY 01, DIY 05, dan DIY 06 menunjukkan kecepatan angin dan arah angin yang cukup baik. Hal ini menunjukkan konsistensi dalam pola angin di wilayah tersebut. Pada tahun 2022, DIY 06 menunjukkan suhu udara dan arah angin yang cukup baik, menunjukkan stabilitas dalam kedua parameter tersebut. Di tahun 2023, DIY 07 dan DIY 08 menunjukkan arah angin yang cukup baik. Pada tahun 2022, DIY 06 menunjukkan suhu udara dan arah angin yang cukup baik. Hal ini menunjukkan keseimbangan dalam suhu dan pola angin di wilayah tersebut.

Adapun visualisasi peta DIY masing-masing tahun dari 2019 sampai 2023 berdasarkan hasil pemetaan menggunakan MDS berdasarkan faktor penentu curah hujan disajikan pada gambar 4.16 sampai 4.20.

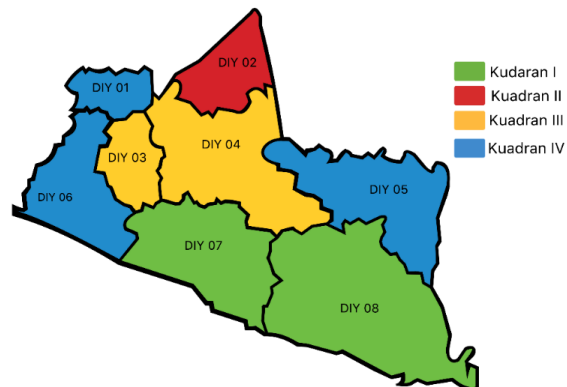


Gambar 4.16 Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2019

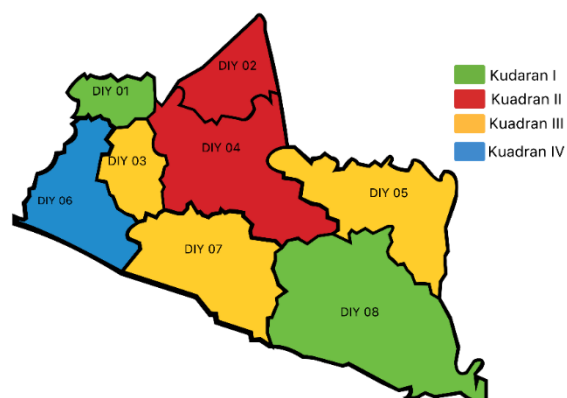




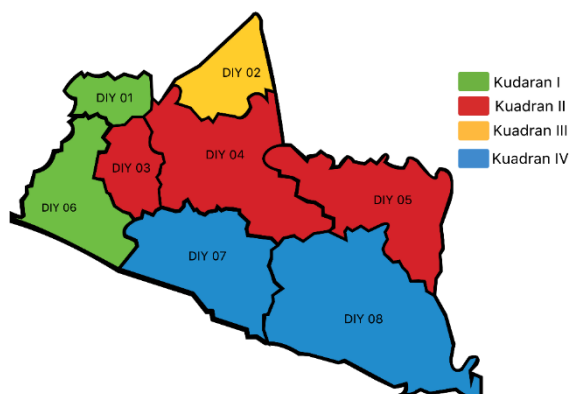
Gambar 4. 17 Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2020



Gambar 4. 18 Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2021



Gambar 4. 19 Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2022



Gambar 4. 20 Visualisasi Hasil Pemetaan dengan MDS pada Peta Tahun 2023

#### 4.6 Penerapan MDS dalam Pandangan Islam

Salah satu faktor yang mempengaruhi pemetaan wilayah adalah kondisi geografis wilayah tersebut. Kondisi geografis menyebabkan perbedaan suhu udara, kelembaban, tekanan udara, dan faktor penentu curah hujan lainnya itu berbeda-beda tiap wilayah. Perbedaan tersebut merupakan kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan dan mengatur alam semesta. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT Surah Al-Luqman ayat 10 berikut (Kementrian Agama RI, 2022):

خَلَقَ السَّمٰوٰتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَّرَوٰهَا ۗ وَاَلْقٰۤى فِي الْاَرْضِ رُوْسٰۤىۤ اَنْ تَمِيْدَ بِكُمْ ۗ وَبَثَّ فِيْهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ ۗ وَاَنْزَلْنَا مِنْ السَّمٰۤاءِ مَآءًۭ فَانۢبَتۢنَا فِيْهَا مِنْ كُلِّ رَوْحٍ كَرِيْمٍ (۱۰)

Artinya:

*“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu, dan memperkembangbiakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.”*

Surah Al-Luqman ayat 10 menggambarkan tentang kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan dan mengatur alam semesta. Dia menciptakan langit tanpa tiang, meletakkan gunung-gunung untuk menjaga kestabilan bumi, memperbanyak

segala jenis makhluk yang bernyawa, dan menurunkan hujan dari langit yang menyebabkan tumbuh-tumbuhan berkembang.

Dalam ayat ini, gunung-gunung disebut sebagai penopang bumi agar tidak menggoyangkan manusia. Dalam konteks dataran tinggi dan rendah, gunung dapat menjadi bagian dari topografi yang memberikan variasi pada lingkungan. Gunung juga memiliki peran dalam mempengaruhi iklim dan cuaca, yang pada gilirannya mempengaruhi perbedaan suhu udara antara dataran tinggi dan rendah. Ayat ini juga menyebutkan bahwa Allah SWT memperkembangbiakkan segala jenis makhluk bergerak yang bernyawa di bumi. Kondisi dataran tinggi dan rendah memungkinkan adanya keanekaragaman ekosistem dan spesies, yang dihasilkan oleh perbedaan iklim, suhu, dan lingkungan. Hujan yang turun dari langit membawa kehidupan ke seluruh wilayah, memungkinkan pertumbuhan berbagai tumbuhan dan mendukung kehidupan berbagai jenis makhluk. Perbedaan suhu udara di dataran tinggi dan rendah disebabkan oleh variasi ketinggian dan pengaruh geografis lainnya. Dataran tinggi biasanya memiliki suhu yang lebih dingin karena berada pada ketinggian yang lebih tinggi, sementara dataran rendah cenderung lebih hangat. Perbedaan ini mempengaruhi jenis tumbuhan dan hewan yang bisa hidup di daerah tersebut, serta aktivitas manusia yang beradaptasi dengan kondisi setempat. Ayat ini mengingatkan kita akan keajaiban dan kebesaran Allah dalam menciptakan dan mengatur alam semesta dengan berbagai variasi dan keunikan. Keanekaragaman geografis seperti dataran tinggi dan rendah serta perbedaan suhu udara adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah yang mengundang kita untuk merenungkan dan menghargai ciptaan-Nya.

Menurut tafsir Ibnu Katsir melalui ayat ini menjelaskan tentang kekuasaanNya melalui penciptaan langit dan bumi serta segala sesuatu yang ada pada keduanya. Al-Hasan dan Qatadah mengatakan bahwa langit tidak mempunyai tiang, baik yang tidak terlihat maupun yang terlihat. Ibnu Abbas, Ikrimah, dan Mujahid mengatakan bahwa langit memang mempunyai tiang, tetapi kalian tidak dapat melihatnya. Gunung-gunung yang terpancang di bumi untuk menyeimbangkannya agar tidak berguncang menggoyangkan para penduduknya. Karena itulah disebutkan agar bumi tidak berguncang menggoyangkan kamu sehingga bumi menjadi stabil. Dia telah menyebarkan segala macam binatang di bumi dalam jumlah yang tidak diketahui bentuk dan warnanya kecuali hanya oleh penciptanya. Setelah menetapkan bahwa Dia adalah Yang Menciptakan, lalu Allah SWT mengingatkan (manusia) bahwa Dialah yang memberi rezeki, yang hal ini diungkapkan yakni segala macam tetumbuhan yang baik dan indah pemandangannya (Harum, 2004).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari diperoleh bahwa pemetaan dibagi menjadi empat kuadran. Kuadran I menunjukkan kualitas udara yang baik dengan tingkat polusi rendah, terutama di wilayah seperti DIY 07, DIY 08, DIY 06, dan DIY 01. Kuadran II mencerminkan cuaca yang cukup baik dengan variabel intensitas cahaya matahari, titik embun, suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin yang mendukung. Kuadran III menunjukkan wilayah yang perlu perbaikan dengan variabel penguapan, QFF, tekanan udara, dan polusi yang rendah, seperti yang terjadi di DIY 03, DIY 04, dan DIY 05. Kuadran IV memperlihatkan stabilitas dalam kecepatan angin, tekanan udara, dan arah angin, dengan wilayah DIY 01, DIY 05, DIY 06, DIY 07, dan DIY 08 menunjukkan kondisi yang baik dalam beberapa tahun. Secara keseluruhan, pemahaman ini membantu mengidentifikasi wilayah yang memerlukan perhatian lebih untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan mitigasi dampak perubahan iklim di DIY.

#### **5.2 Saran**

Saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan mengenai data geografi penentu curah hujan secara spasial, serta dapat dengan jangkauan wilayah yang lebih luas. Selain menggunakan MDS, Teknik penskalaan atau pemetaan lainnya dapat dilakukan dengan menggunakan biplot.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori Mattjik, A., & I Made Sumertajaya. (2011). *Sidik Peubah Ganda dengan menggunakan SAS (Pertama)*. IPB PRESS.
- Anton, H., & Rorres, C. (1991). *Aljabar Linier Elementer Edisi Kedelapan-Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- Anuraga, G. (2015). Analisis biplot untuk pemetaan karakteristik kemiskinan pada Kabupaten/Kota di Jawa Timur. *Jurnal Statistika*, 7, 25–34.
- Badwi Nasiah, Maru Rosmini, & Abbas Ibrahim. (2017). 4782-11474-1-SM. *Jurnal Scientific Pinisi*, 3, 116–122.
- BMKG. (2019). Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2019 Tentang Penyediaan Dan Penyebaran Peringatan Dini Iklim Ekstrim.
- BMKG. (2022). *Pemutakhiran Zona Musim Indonesia*.
- Estiningtyas, W., Ramadhani, F., & Aldrian, E. (2007). Analisis Korelasi Curah Hujan dan Suhu Permukaan Wilayah Indonesia, serta Implikasinya untuk Prakiraan Curah Hujan (Studi Kasus Kabupaten Cilacap). *J. Agromet Indonesia*, 21(2), 46–60.
- Fadholi, A. (2012). *Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Operasi Penerbangan di Bandara H.A.S. Hananjoeddin Belitung Periode 1980-2010* (Vol. 12, Issue 2).
- Fransiska, H., Sunandi, E., & Agustina, D. (2020). Peramalan Curah Hujan Provinsi Bengkulu dengan Generalized Space-Time Autoregressive. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 5(2), 130. <https://doi.org/10.30651/must.v5i2.5326>
- Härdle, W., & Simar, L. (2007). Applied Multivariate Statistical Analysis. In *Applied multivariate statistical analysis*. Springer-Verlag Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-05802-2>
- Harum Yusuf. (2004). Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5. In *Bogor: Pustaka Imam Syafi'i*. Pustaka Imam Asy Syafii.
- Hidayat, R., & Farihah, A. W. (2020). Identifikasi Perubahan Suhu Udara dan Curah Hujan di Bogor. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 10(4), 616–626. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.4.616-626>
- Idrus, M. (2006). Mengenal Multidimensional Scaling. *Psikologika: Jurnal Pemikiran Dan Penelitian Psikologi*, 11(22), 137–148.

- Imogiri, K. B. (2020). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. *Geological Society of America Bulletin*, 72(9), 1409–1414.
- Johnson RA, & Wichern DW. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th edition*. Pearson Education.
- Kementrian Agama RI. (2022). *Quran Kemenag. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an*. <https://quran.kemenag.go.id/>
- Latifah, N. A., Sulistiyono, M., Sidauruk, A., Budi, S., & Nurcholis, M. T. (2023). Prediksi Curah Hujan Menggunakan Algoritma Regresi Linear Berganda. *Jurnal ICT: Information Communication & Technology*, 23(1), 39–44. <https://ejournal.ikmi.ac.id/index.php/jict-ikmi>
- Masuku, T. J., Paendong, M. S., & Langi, Y. A. R. (2014a). Persepsi Konsumen Terhadap Produk Sepatu Olahraga di Sport Station Megamall dengan Menggunakan Analisis Multidimensional Scalling. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(2), 69–72.
- Nafisah, S., & Setiawan, T. H. (2019). Penerapan Analisis Multidimensional Scalling Pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Banten. In *Jurnal Statistika dan Matematika* (Vol. 1, Issue 2). <https://banten.bps.go.id/>
- Nahar, J. (2016). Penerapan Metode Multidimensional Scalling dalam Pemetaan Sarana Kesehatan di Jawa Barat. *12(1)*, 43–50.
- Nasution, N. B., & Jana, P. (2021). Analisis Multidimensional Scalling Untuk Pemetaan Aplikasi Pembelajaran Daring. *Jurnal Statistika Dan Matematika*, 3(1), 71–81.
- Pradita, D., Satyahadewi, N., & Perdana Intisari, H. (2019). Analisis Perbandingan Metode Multidimensional Scalling (MDS) dan Weighted Multidimensional Scalling (WMDS). In *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)* (Vol. 08, Issue 1).
- Pura Nurmayanti, W., Nisrina, S., Syifa, I., Alpain, ian, Fathurrohman, H., Delima Septiani, B., Studi Statistika Universitas Hamzanwadi, P., TGKH Muhammad Zainuddin Abdul Madjid Pancor, J., Timur, L., & Tenggara Barat, N. (2023). Pemetaan Faktor Kesejahteraan Keluarga Pada Kampung Keluarga Berkualitas Di Desa Rempung: Analisis Multidimensional Scalling. In *Jurnal Keluarga Berencana* (Vol. 8, Issue 2).
- Santoso, S. (2017). *Statistik multivariat dengan SPSS*. PT. Elex Media Komputindo.
- Sihombing, S. O. (2022). *Pengantar Metode Analisis Multivariat*. PT. Nasya Expanding Management.

- Simbolon Clara Dwi Lestari, Ruhiat Yayat, & Saefullah Asep. (2022). Analisis Arah dan Kecepatan Angin terhadap Sebaran Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Tangerang. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 10.
- Sroyer, A. M., Mandowen, S. A., & Reba, F. (2022). Analisis Cluster Penyakit Malaria Provinsi Papua Menggunakan Metode Single Linkage Dan K-Means. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 7(3), 147–154. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v7i3.2021.147-154>
- Sunarsa, S. (2018). Isyarat Sains Tentang Air Dalam Al-Qur'an. *Jurnal Naratas*, 1(2), 9–18.
- Supranto, J. (2010). *Analisis multivariat: arti & interpretasi*.
- Tazkia. (2020). *Hadits Riwayat Bukhari No.965 - Bab: Doa Ketika Hujan Terus Menerus*. <https://hadits.tazkia.ac.id/hadits/bab/1:629>
- Ulinuh, N., & Veriani, R. (2020). Analisis Cluster dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Variabel Penyakit Menular Menggunakan Metode Complete Linkage, Average Linkage, dan Ward. *Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(1), 100–108. <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i1.2464>
- Utari Nurmaliza, & Fajarwati Alia. (2020). *Dinamika Peran Sektor Pertanian dan Hubungannya dengan Tingkat Kemiskinan di D.I. Yogyakarta*.
- Wahyuni, I., & Mahmudy, W. F. (2017). Rainfall prediction in Tengger, Indonesia using hybrid tsukamoto FIS and genetic algorithm method. *Journal of ICT Research and Applications*, 11(1), 38–55. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2017.11.1.3>
- Wijaya, T., & Budiman, S. (2016). *Analisis Multivariat Untuk Penelitian Manajemen. Yogyakarta: Pohon Cahaya*.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Faktor Penentu Curah Hujan Bulan Januari – Desember Tahun 2019 -2023

TAHUN	DAERAH	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	<b>DIY 01</b>	24,5	65,9	887,1	50,12	144,2	4	310	22	99	1015	9
<b>2019</b>	<b>DIY02</b>	26,1	69,9	889,5	52,28	164,3	4	220	23,8	52	1021,9	10
	<b>DIY03</b>	25,6	68,5	889	51,78	146,3	3	300	22,9	71	1016	10
	<b>DIY04</b>	25,6	69,8	899,5	52,18	155,3	4	310	23,3	62	1017,9	10
	<b>DIY05</b>	25	68,5	888,9	50,29	145,8	3	250	22,6	80	1013,4	9
	<b>DIY06</b>	24,5	65,8	886,9	49	136,5	3	280	21,2	82	1014	9
	<b>DIY07</b>	24,1	64,8	886,6	48,47	134,9	4	325	20,5	58	1019,9	9
	<b>DIY08</b>	22,9	64,6	885	45,2	124	4	265	20	79	1016	8
	<b>2020</b>	<b>DIY01</b>	24,5	66	887,1	50,2	144,15	4	330	22,1	101	1015,2
<b>DIY02</b>		26,2	69,9	886,5	52,3	164,3	3	210	23,8	52	1022	10
<b>DIY03</b>		25,6	68,5	889,1	51,8	146,7	3	300	22,9	71	1016,1	10
<b>DIY04</b>		25,8	69,8	899,5	52,2	155,3	4	335	23,4	62	1017,9	9
<b>DIY05</b>		25,1	68,5	888,9	50,3	145,8	3	250	22,6	80	1013,9	9
<b>DIY06</b>		24,5	65,8	886,9	49,67	136,56	3	275	21,5	89	1014,1	9
<b>DIY07</b>		24	64,9	886,6	48,5	135	3	325	20,5	58	1019,9	8
<b>DIY08</b>		23	64,6	885,6	45,2	124,3	4	230	20	80	1016	8
<b>2021</b>	<b>DIY01</b>	24,8	66,1	887,1	50,25	144,16	4	330	22,2	97	1015,2	9
	<b>DIY02</b>	26,3	70	889,7	52,3	164,38	4	265	23,9	55	1022	10
	<b>DIY03</b>	25,6	68,6	889,1	51,9	146,75	3	300	23	71	1016,1	10
	<b>DIY04</b>	25,9	69,9	899,5	52,2	155,3	4	335	23,9	62	1017,9	10
	<b>DIY05</b>	25,1	68,5	888,9	50,3	145,8	3	240	22,6	80	1013,9	9
	<b>DIY06</b>	24,6	65,9	886,9	49,87	136,56	4	275	21,6	89	1014,2	8
	<b>DIY07</b>	24,3	65	886,9	48,5	135,15	3	325	20,5	58	1020,4	8
	<b>DIY08</b>	22,7	64,6	886,6	45,4	124,3	4	230	20	76	1016	8
<b>2022</b>	<b>DIY01</b>	25,9	82,5	990,7	50,25	146,2	4	330	22,6	100	1015,5	8
	<b>DIY02</b>	26,6	70,3	899,9	52,33	116,8	4	250	24	56	1023	9
	<b>DIY03</b>	27,1	66,8	992,6	45,7	132,9	3	295	25,7	71	1016,2	9
	<b>DIY04</b>	26,9	76,3	990	49,45	134,1	4	310	20,9	65	1017,9	8
	<b>DIY05</b>	28,4	74,2	991,2	50,5	120,9	3	240	23	80	1013,9	10
	<b>DIY06</b>	25,5	72,2	990,3	52,4	117,6	3	290	26,5	91	1014,7	10
	<b>DIY07</b>	26	68,9	993	53,6	156,5	3	335	22,3	58	1020,6	10
	<b>DIY08</b>	20,3	83,1	990,4	50,22	164,4	4	245	28,1	76	1016,3	10
<b>2023</b>	<b>DIY01</b>	25	66,2	887,2	50,25	144,2	3	325	22,3	100	1015	9
	<b>DIY02</b>	26,5	70,1	899,9	52,33	164,4	4	265	24	56	1022	10
	<b>DIY03</b>	25,7	68,7	889,1	51,95	146,8	4	300	23	71	1016,2	9
	<b>DIY04</b>	26	70	899,5	52,21	155,4	4	335	23,9	62	1017,9	10
	<b>DIY05</b>	25,4	68,5	888,9	50,5	145,9	4	245	22,7	80	1013,9	9
	<b>DIY06</b>	24,8	65,9	887	49,87	138,6	3	285	21,7	90	1014,7	9
	<b>DIY07</b>	24,3	65	886,9	48,5	135,2	3	335	20,9	58	1020,4	8
	<b>DIY08</b>	22,9	64,6	886,6	45,4	124,3	3	230	20	76	1016,1	8

## Lampiran 2. Hasil Standardisasi Data

TAHUN	DAERAH	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2019	DIY 01	-0,2817	-0,6048	-0,4384	0,0865	0,0196	0,7246	0,7712	-0,0275	1,7105	-0,5419	-0,3536
	DIY02	1,2852	1,2211	0,0977	0,9951	1,6365	0,7246	-1,7528	1,2947	-1,3668	1,7453	1,0607
	DIY03	0,7962	0,5820	-0,0140	0,7847	0,1921	-1,2076	0,4908	0,6334	-0,1228	-0,2688	1,0607
	DIY04	0,7962	1,1754	2,3317	0,9530	0,9142	0,7246	0,7712	0,9272	-0,7120	0,3798	1,0607
	DIY05	0,2082	0,5820	-0,0365	0,1578	0,1519	-1,2076	-0,9115	0,4131	0,4665	-1,1564	-0,3536
	DIY06	-0,2817	-0,6505	-0,4831	-0,3850	-0,5942	-1,2076	-0,0701	-0,6151	0,5975	-0,9516	-0,3536
	DIY07	-0,6737	-1,1069	-0,5501	-0,6080	-0,7226	0,7246	1,1919	-1,1291	-0,9739	1,0625	-0,3536
	DIY08	-1,8497	-1,1982	-0,9076	-1,9838	-1,5972	0,7246	-0,4908	-1,4963	0,4010	-0,2688	-1,7678
2020	DIY01	-0,3210	-0,5769	-0,3726	0,0758	0,0110	1,2076	0,9989	0,0000	1,6232	-0,5904	0,0000
	DIY02	1,2958	1,2231	-0,5061	0,9667	1,6372	-0,7246	-1,4919	1,2572	-1,3365	1,7887	1,3229
	DIY03	0,7252	0,5769	0,0723	0,7546	0,2168	-0,7246	0,3762	0,5916	-0,1887	-0,2755	1,3229
	DIY04	0,9154	1,1769	2,3858	0,9243	0,9108	1,2076	1,1027	0,9614	-0,7323	0,3542	0,0000
	DIY05	0,2497	0,5769	0,0278	0,1183	0,1442	-0,7246	-0,6616	0,3698	0,3548	-1,0452	0,0000
	DIY06	-0,3210	-0,6692	-0,4171	-0,1490	-0,6015	-0,7246	-0,1427	-0,4437	0,8984	-0,9752	0,0000
	DIY07	-0,7965	-1,0846	-0,4838	-0,6454	-0,7274	-0,7246	0,8951	-1,1832	-0,9739	1,0540	-1,3229
	DIY08	-1,7476	-1,2231	-0,7065	-2,0453	-1,5910	1,2076	-1,0768	-1,5530	0,3548	-0,3105	-1,3229
2021	DIY01	-0,1004	-0,5629	-0,5232	0,0694	0,0089	0,7246	1,0329	-0,0086	1,5732	-0,6027	0,0000
	DIY02	1,2383	1,2291	0,0848	0,9580	1,6401	0,7246	-0,5469	1,1657	-1,2385	1,7227	1,0801
	DIY03	0,6136	0,5858	-0,0555	0,7846	0,2178	-1,2076	0,3038	0,5440	-0,1674	-0,2949	1,0801
	DIY04	0,8813	1,1832	2,3762	0,9146	0,9076	0,7246	1,1545	1,1657	-0,7699	0,3206	1,0801
	DIY05	0,1673	0,5399	-0,1023	0,0910	0,1412	-1,2076	-1,1545	0,2677	0,4351	-1,0473	0,0000
	DIY06	-0,2789	-0,6548	-0,5699	-0,0954	-0,6042	0,7246	-0,3038	-0,4231	1,0376	-0,9447	-1,0801
	DIY07	-0,5466	-1,0683	-0,5699	-0,6892	-0,7180	-1,2076	0,9114	-1,1830	-1,0376	1,1755	-1,0801
	DIY 08	-1,9746	-1,2521	-0,6401	-2,0330	-1,5933	0,7246	-1,3975	-1,5284	0,1674	-0,3291	-1,0801

2022	DIY01	0,025	1,362	0,338	-0,126	0,555	0,935	1,135	-0,633	1,649	-0,567	-1,410
	DIY02	0,316	-0,661	-2,473	0,734	-1,073	0,935	-0,970	-0,056	-1,205	1,847	-0,282
	DIY03	0,523	-1,241	0,397	-2,010	-0,181	-0,935	0,213	0,643	-0,234	-0,342	-0,282
	DIY04	0,440	0,333	0,317	-0,458	-0,115	0,935	0,608	-1,333	-0,622	0,205	-1,410
	DIY05	1,063	-0,014	0,354	-0,023	-0,846	-0,935	-1,234	-0,468	0,347	-1,082	0,846
	DIY06	-0,140	-0,346	0,326	0,763	-1,029	-0,935	0,082	0,973	1,059	-0,825	0,846
	DIY07	0,067	-0,893	0,410	1,260	1,126	-0,935	1,267	-0,756	-1,075	1,074	0,846
	DIY08	-2,297	1,461	0,329	-0,139	1,564	0,935	-1,102	1,622	0,089	-0,310	0,846
2023	DIY01	-0,066	-0,531	-0,606	0,053	-0,012	-0,935	0,857	-0,008	1,680	-0,705	0,000
	DIY02	1,271	1,232	1,636	0,949	1,636	0,935	-0,612	1,209	-1,164	1,732	1,329
	DIY03	0,557	0,599	-0,271	0,785	0,199	0,935	0,245	0,491	-0,200	-0,287	0,000
	DIY04	0,825	1,187	1,561	0,897	0,907	0,935	1,101	1,134	-0,776	0,304	1,329
	DIY05	0,289	0,508	-0,306	0,161	0,126	0,935	-1,101	0,276	0,376	-1,088	0,000
	DIY06	-0,245	-0,667	-0,641	-0,110	-0,462	-0,935	-0,122	-0,437	1,017	-0,809	0,000
	DIY07	-0,694	-1,073	-0,659	-0,700	-0,746	-0,935	1,101	-1,009	-1,032	1,174	-1,329
	DIY08	-1,940	-1,248	-0,712	-2,038	-1,636	-0,935	-1,470	-1,625	0,120	-0,321	-1,329

**Lampiran 3.** Matriks Antar Objek ( $D_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

<b>TAHUN</b>	<b>DAERAH</b>	<b>DIY 01</b>	<b>DIY 02</b>	<b>DIY 03</b>	<b>DIY 04</b>	<b>DIY 05</b>	<b>DIY 06</b>	<b>DIY 07</b>	<b>DIY 08</b>
<b>2019</b>	<b>DIY 01</b>	0	34,3390	12,9527	23,1865	<b>10,5179</b>	<b>6,7960</b>	<b>12,6221</b>	<b>17,4695</b>
	<b>DIY 02</b>	34,3390	0	17,5991	14,5550	23,4912	36,5204	34,9805	60,5900
	<b>DIY 03</b>	12,9527	17,5991	0	11,0705	5,8907	9,7458	19,9056	39,3423
	<b>DIY 04</b>	23,1865	14,5550	11,0705	0	20,0967	28,7918	27,7311	55,1864
	<b>DIY 05</b>	10,5171	23,4912	5,8907	20,0967	0	4,6342	22,7801	26,1580
	<b>DIY 06</b>	6,7960	36,5204	9,7458	28,7918	4,6342	0	12,5488	13,6927
	<b>DIY 07</b>	12,6221	34,9805	19,9056	27,7311	22,7801	12,5488	0	12,8062
	<b>DIY 08</b>	17,4695	60,5900	39,3423	55,1864	26,1580	13,6927	12,8062	0
<b>2020</b>	<b>DIY 01</b>	0	36,9968	12,7303	21,1191	10,28	6,3432	17,9047	19,7869
	<b>DIY 02</b>	36,9968	0	12,6507	23,7646	18,8637	31,5561	37,2188	60,8486
	<b>DIY 03</b>	12,7303	12,6507	0	13,099	4,4026	9,1358	21,0404	38,8089
	<b>DIY 04</b>	21,1191	23,7646	13,099	0	17,9376	27,9181	32,1017	51,9363
	<b>DIY 05</b>	10,28	18,8637	4,4026	17,9376	0	3,9354	18,2172	25,352
	<b>DIY 06</b>	6,3432	31,5561	9,1358	27,9182	3,9354	0	11,6627	15,3242
	<b>DIY 07</b>	17,9047	37,2188	21,0404	32,1017	18,2172	11,6626	0	15,0646
	<b>DIY 08</b>	19,7869	60,8486	38,8089	51,9363	25,352	15,3242	15,0646	0
<b>2021</b>	<b>DIY 01</b>	0	27,1775	11,4644	22,8436	11,5702	3,97466	17,8328	22,4225
	<b>DIY 02</b>	27,1775	0	12,9381	10,9985	21,2043	31,9713	33,5491	55,2392
	<b>DIY 03</b>	11,4644	12,9381	0	12,4198	4,9889	15,6289	18,3327	37,3393
	<b>DIY 04</b>	22,8436	10,9985	12,4197	0	22,6928	30,8948	35,7806	57,8649
	<b>DIY 05</b>	11,5702	21,2043	4,9889	22,6928	0	8,90977	19,3106	24,3803

<b>TAHUN</b>	<b>DAERAH</b>	<b>DIY 01</b>	<b>DIY 02</b>	<b>DIY 03</b>	<b>DIY 04</b>	<b>DIY 05</b>	<b>DIY 06</b>	<b>DIY 07</b>	<b>DIY 08</b>
	<b>DIY 06</b>	3,97466	31,9713	15,6289	30,8948	8,90977	0	15,1978	11,5236
	<b>DIY 07</b>	17,8328	33,5491	18,3327	35,7806	19,3106	15,1978	0	17,5493
	<b>DIY 08</b>	22,4225	55,2392	37,3393	57,8649	24,3803	11,5236	17,5493	0
<b>2022</b>	<b>DIY 01</b>	0	35,4648	21,948	8,28318	21,1211	18,9367	26,0506	24,1341
	<b>DIY 02</b>	35,4648	0	28,0873	19,5696	25,6088	27,3649	24,4337	37,3872
	<b>DIY 03</b>	21,948	28,0873	0	14,1993	11,6859	12,97	19,7995	29,4086
	<b>DIY 04</b>	8,28318	19,5696	14,1993	0	16,5716	21,2091	16,4661	29,2767
	<b>DIY 05</b>	21,1211	25,6088	11,6859	16,5716	0	6,59493	20,3291	27,8894
	<b>DIY 06</b>	18,9367	27,3649	12,97	21,2091	6,59493	0	17,8105	22,0087
	<b>DIY 07</b>	26,0506	24,4337	19,7995	16,4661	20,3291	17,8105	0	31,3908
	<b>DIY 08</b>	24,1341	37,3872	29,4086	29,2767	27,8894	22,0087	31,3908	0
<b>2023</b>	<b>DIY 01</b>	0	36,2181	10,115	23,5686	10,546	1,8538	15,3851	23,4314
	<b>DIY 02</b>	36,218	0	14,628	5,88393	21,326	36,039	41,5043	66,89
	<b>DIY 03</b>	10,115	14,6281	0	7,86932	3,3143	9,8886	18,6853	34,0961
	<b>DIY 04</b>	23,569	5,88393	7,8693	0	16,008	26,023	33,5403	59,9207
	<b>DIY 05</b>	10,546	21,3263	3,3143	16,0082	0	7,6697	23,9796	25,9417
	<b>DIY 06</b>	1,8538	36,0394	9,8886	26,0232	7,6697	0	12,5141	14,3784
	<b>DIY 07</b>	15,385	41,5043	18,685	33,5402	23,98	12,514	0	14,7806
	<b>DIY 08</b>	23,431	66,89	34,096	59,9207	25,942	14,378	14,7806	0

**Lampiran 4.** Matriks Antar Variabel ( $D_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2019	$y_1$	0,0000	1,1861	5,4546	0,2804	0,7592	16,7930	17,0644	0,5937	20,1230	9,4110	0,6259
	$y_2$	1,1861	0	3,7866	1,7358	1,2775	15,9845	19,2615	0,522	20,2629	10,3186	2,1865
	$y_3$	5,4546	3,7866	0	4,8283	5,182	11,9389	11,7226	4,894	19,3517	11,0828	4,6009
	$y_4$	0,2804	1,7358	4,8283	0	0,9748	16,1544	14,8508	0,7535	18,6946	10,1758	0,6594
	$y_5$	0,3864	1,2775	5,182	0,9748	0	13,033	18,456	0,5582	20,1969	7,6159	1,7253
	$y_6$	16,7929	15,9845	11,9389	16,1544	13,033	0	12,1034	15,6673	17,6371	4,8152	15,3663
	$y_7$	17,0644	19,2615	11,7226	14,8508	18,456	12,1034	0	18,4179	11,4385	15,594	14
	$y_8$	0,5937	0,522	4,894	0,7535	0,5582	15,6673	18,4179	0	18,4586	10,4682	1,9693
	$y_9$	20,1229	20,2628	19,3517	18,6945	20,1969	17,6371	11,4385	18,4586	0	25,6007	21,3613
	$y_{10}$	9,411	10,3186	11,0828	10,1758	7,6159	4,8152	15,594	10,4682	25,6007	0	7,9895
	$y_{11}$	0,6259	2,1865	4,6009	0,6594	1,7253	15,3663	14	1,6926	21,3613	7,9895	0
2020	$y_1$	0	0,7477	7,0785	0,4251	0,6044	18,4563	13,8445	0,3414	20,2082	9,226	1,9218
	$y_2$	0,7477	0	5,741	1,9373	1,1724	16,4078	15,6526	0,593	20,6319	9,8549	3,1319
	$y_3$	7,0785	5,741	0	6,8709	7,8266	8,9496	7,1812	6,8703	17,6673	13,5459	11,9989
	$y_4$	0,4251	1,9373	6,8709	0	1,1618	18,039	10,9914	0,7998	18,3544	10,4391	2,327
	$y_5$	0,6044	1,1724	7,8266	1,1618	0	16,5858	14,5863	0,5725	20,4465	7,3039	2,961
	$y_6$	18,4563	16,4078	8,9496	18,039	16,5858	0	10,0395	16,2862	9,1861	16,1125	19,1121
	$y_7$	13,8445	15,6526	7,1812	10,9914	14,5863	10,0395	0	14,3223	11,7606	15,7256	16,4713
	$y_8$	0,3414	0,593	6,8703	0,7998	0,5725	16,2862	14,3224	0	18,3236	10,5848	1,8693
	$y_9$	20,2082	20,6319	17,6673	18,3544	20,4465	9,1861	11,7606	18,3236	0	25,8793	16,397
	$y_{10}$	9,226	9,8549	13,5459	10,4391	7,3039	16,1125	15,7256	10,5848	25,8793	0	11,9636
	$y_{11}$	1,9218	3,1319	11,9989	2,327	2,961	19,1121	16,4713	1,8693	16,397	11,9636	0

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2021	$y_1$	0	1,38	6,1305	0,201	0,6119	14,9053	8,8484	0,7343	18,905	9,2184	2,0469
	$y_2$	1,38	0	4,1883	1,8528	1,1078	14,222	12,7157	0,5305	19,9243	10,2548	1,0961
	$y_3$	6,1305	4,1883	0	6,1725	5,9245	11,1877	8,3882	4,5813	19,7993	11,1485	4,9586
	$y_4$	0,201	1,8528	6,1725	0	1,2458	14,7203	8,0423	0,8072	17,1943	10,952	2,1732
	$y_5$	0,6119	1,1078	5,9245	1,2458	0	12,6127	10,3619	0,6676	19,679	7,7	1,7278
	$y_6$	14,9053	14,222	11,1877	14,7203	12,6127	0	14,2348	12,5651	11,025	13,3558	14
	$y_7$	8,8484	12,7157	8,3882	8,0423	10,3619	14,2348	0	10,5161	15,2691	10,5134	10,3247
	$y_8$	0,7343	0,5305	4,5813	0,8072	0,6676	12,5651	10,5161	0	17,5932	11,0831	1,017
	$y_9$	18,905	19,9243	19,7993	17,1943	19,679	11,025	15,2691	17,5932	0	25,9797	19,0615
	$y_{10}$	9,2184	10,2548	11,1485	10,952	7,7	13,3558	10,5134	11,0831	25,9797	0	10,0108
	$y_{11}$	2,0469	1,0961	4,9586	2,1732	1,7278	14	10,3247	1,017	19,0615	10,0108	0
2022	$y_1$	0	22,1229	15,6478	15,5057	23,4881	19,6653	11,2052	23,4391	15,583	13,5401	18,0013
	$y_2$	22,1229	0	10,5875	13,8157	7,3956	4,661	15,256	12,6756	6,3281	19,2268	17,3584
	$y_3$	15,6478	10,5875	0	18,1852	7,8463	19,5683	8,3796	13,7247	7,3927	24,2954	12,2757
	$y_4$	15,5057	13,8157	18,1852	0	14,0116	13,9613	13,4482	16,1438	15,8075	8,3681	8,4808
	$y_5$	23,4881	7,3956	7,8463	14,0116	0	10,5163	9,5453	12,3182	14,2745	13,5377	13,1559
	$y_6$	19,6653	4,661	19,5683	13,9613	10,5163	0	15,2315	15,4641	14,3632	9,602	22,4423
	$y_7$	11,2052	15,256	8,3796	13,4482	9,5453	15,2315	0	20,8774	12,3964	12,8288	20,1637
	$y_8$	23,4391	12,6756	13,7247	16,1438	12,3182	15,4641	20,8774	0	10,929	17,7084	6,4489
	$y_9$	15,583	6,3281	7,3927	15,8075	14,2745	14,3632	12,3964	10,929	0	25,282	15,3505
	$y_{10}$	13,5401	19,2268	24,2954	8,3681	13,5377	9,602	12,8288	17,7084	25,282	0	15,762
	$y_{11}$	18,0013	17,3584	12,2757	8,4808	13,1559	22,4423	20,1637	6,4489	15,3505	15,762	0

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2023	$y_1$	0	1,1918	3,6758	0,2194	0,4423	2,9844	9,9762	0,3288	17,9987	9,9268	1,49
	$y_2$	1,1918	0	2,1973	1,7205	1,111	0,8031	13,147	0,5566	19,7645	10,345	1,4382
	$y_3$	3,6758	2,1973	0	4,7175	2,0907	4,2003	12,253	2,6936	22,4699	5,7605	1,9144
	$y_4$	0,2194	1,7205	4,7175	0	1,1109	3,5481	8,5919	0,5753	16,8824	11,197	1,8742
	$y_5$	0,4423	1,111	2,0907	1,1109	0	3,2835	10,938	0,417	19,0315	8,0954	0,9819
	$y_6$	2,9844	0,8031	4,2003	3,5481	3,2835	0	15,376	2,3694	20,5933	11,524	4,1005
	$y_7$	9,9762	13,147	12,2534	8,5919	10,9377	15,376	0	10,6194	15,2566	10,662	11,73
	$y_8$	0,3288	0,5566	2,6936	0,5753	0,417	2,3694	10,619	0	17,7832	10,602	0,7658
	$y_9$	17,999	19,765	22,4699	16,882	19,0315	20,593	15,257	17,7832	0	25,695	16,713
	$y_{10}$	9,9268	10,345	5,7605	11,197	8,0954	11,524	10,662	10,6018	25,6945	0	10,867
	$y_{11}$	1,49	1,4382	1,9144	1,8742	0,9819	4,1005	11,73	0,7658	16,7125	10,867	0



**Lampiran 5.** Matriks Antar Objek ( $B_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

<b>TAHUN</b>	<b>DAERAH</b>	<b>DIY 01</b>	<b>DIY 02</b>	<b>DIY 03</b>	<b>DIY 04</b>	<b>DIY 05</b>	<b>DIY 06</b>	<b>DIY 07</b>	<b>DIY 08</b>
<b>2019</b>	<b>DIY 01</b>	5,1103	-5,5471	-1,452	-2,5620	-0,4179	1,3902	0,3926	3,0858
	<b>DIY 02</b>	-5,5471	18,1344	2,7368	8,2658	-0,3929	-6,9599	-4,2747	-11,9625
	<b>DIY 03</b>	-1,452	2,7368	4,9383	3,4101	1,8093	-0,1706	-3,3352	-7,9367
	<b>DIY 04</b>	-2,562	8,2658	3,4101	12,9523	-1,2867	-5,6867	-3,241	-11,8517
	<b>DIY 05</b>	-0,4179	-0,3929	1,8093	-1,2867	4,571	2,2015	-4,9562	-1,5282
	<b>DIY 06</b>	1,3903	-6,9599	-0,1706	-5,6867	2,2015	4,4662	0,1071	4,6521
	<b>DIY 07</b>	0,3925	-4,2747	-3,3352	-3,241	-4,9562	0,1071	8,2968	7,0106
	<b>DIY 08</b>	3,0858	-11,9024	-7,9367	-11,8517	-1,5282	4,6521	7,0106	18,5306
<b>2020</b>	<b>DIY 01</b>	6,0201	-6,4321	-1,1759	-0,6197	-0,7557	1,6432	-1,1792	2,4992
	<b>DIY 02</b>	-6,4321	18,1124	4,9101	4,1037	0,9987	-4,9171	-4,7901	-11,9855
	<b>DIY 03</b>	-1,1759	4,9101	4,3585	2,5595	1,3522	-0,584	-3,5778	-7,8426
	<b>DIY 04</b>	-0,6197	4,1037	2,5595	13,8595	-0,6647	-5,2246	-4,3579	-9,6558
	<b>DIY 05</b>	-0,7557	0,9987	1,3522	-0,6647	2,7486	1,2113	-2,9712	-1,9191
	<b>DIY 06</b>	1,6432	-4,9171	-0,584	-5,2246	1,2113	3,6094	0,7365	3,5252
	<b>DIY 07</b>	-1,1792	-4,7901	-3,5778	-4,3579	-2,9712	0,7365	9,5263	6,6134
	<b>DIY 08</b>	2,4992	-11,985	-7,8426	-9,6558	-1,9191	3,5252	6,6134	18,7652
<b>2021</b>	<b>DIY 01</b>	5,0357	-3,8160	-0,9574	-1,6230	-1,0137	3,0993	-1,3640	0,6391
	<b>DIY 02</b>	-3,8160	14,5097	3,0428	9,0366	-1,0937	-6,1620	-4,4851	-11,0323
	<b>DIY 03</b>	-0,9574	3,0428	4,5140	3,3281	2,0161	-2,9887	-1,8748	-7,0802
	<b>DIY 04</b>	-1,6230	9,0366	3,3281	14,5619	-1,8119	-5,5977	-5,5748	-12,3191
	<b>DIY 05</b>	-1,0137	-1,0937	2,0161	-1,8119	4,5071	0,3675	-2,3672	-0,6041
	<b>DIY 06</b>	3,0993	-6,1620	-2,9887	-5,5977	0,3675	5,1376	0,0045	6,1394
	<b>DIY 07</b>	-1,3640	-4,4851	-1,8748	-5,5748	-2,3672	0,0045	10,0691	5,5923
	<b>DIY 08</b>	0,6391	-11,0323	-7,0802	-12,3191	-0,6041	6,1394	5,5923	18,6649

<b>2022</b>	<b>DIY 01</b>	9,8673	-5,2415	-2,2217	3,828	2,3269	-1,4163	-3,1366	0,6476
	<b>DIY 02</b>	-5,2415	15,1145	-2,6677	0,8084	-1,9471	3,0068	0,2954	-3,3554
	<b>DIY 03</b>	-2,2217	-2,6677	7,6373	-0,245	1,2758	0,4521	-1,1261	-3,1047
	<b>DIY 04</b>	3,828	0,8084	-0,245	6,0719	-1,9498	-4,4502	-0,2421	-3,8214
	<b>DIY 05</b>	-2,3269	-1,9471	1,2758	-1,9498	6,6001	3,121	-1,9095	-2,8637
	<b>DIY 06</b>	-1,4163	-3,0068	0,4521	-4,4502	3,121	6,2368	0,8318	-0,1049
	<b>DIY 07</b>	-3,1366	0,2954	-1,1261	-0,2421	-1,9095	-0,8318	9,91	-2,9594
	<b>DIY 08</b>	0,6476	-3,3554	-3,1047	-3,8214	-2,8637	-0,1049	-2,9594	15,5619
<b>2023</b>	<b>DIY 01</b>	5,5147	-6,2586	-0,9503	-3,0385	-0,529	3,7909	0,2766	1,1941
	<b>DIY 02</b>	-6,2586	18,1863	3,1289	12,1396	0,4166	-6,9661	-6,4472	-14,199
	<b>DIY 03</b>	-0,9503	3,1289	2,6996	3,4035	1,6793	-1,6341	-2,781	-5,5458
	<b>DIY 04</b>	-3,0385	12,1396	3,4035	11,9768	-0,0291	-5,0628	-5,5699	-13,82
	<b>DIY 05</b>	-0,529	0,4166	1,6793	-0,0291	3,9732	0,1122	-4,7914	-0,8318
	<b>DIY 06</b>	3,7909	-6,9661	-1,6341	-5,0628	0,1122	3,9209	0,9152	4,9237
	<b>DIY 07</b>	0,2766	-6,4472	-2,781	-5,5699	-4,7914	0,9152	10,4237	7,974
	<b>DIY 08</b>	1,1941	-14,199	-5,5458	-13,82	-0,8318	4,9237	7,974	20,3049

**Lampiran 6.** Matriks Antar Variabel ( $B_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
<b>2019</b>	$y_1$	1,9795	1,5788	-2,6682	1,6946	1,4856	-3,3624	-2,8883	1,6706	-2,5895	-0,8723	1,5718
	$y_2$	1,5788	2,3641	7,5805	1,1592	1,4188	-2,7658	-3,7945	1,8987	-2,4672	-1,1339	0,9838
	$y_3$	-0,2682	0,7581	2,9387	0,0998	-0,2461	-0,4557	0,2622	0	-1,7243	-1,2287	0,0639
	$y_4$	1,6946	1,1592	-99,798	1,6901	1,2332	-3,1878	-1,9262	1,446	-2,0201	-1,3995	1,4104
	$y_5$	1,4856	1,4188	-2,4613	1,2332	1,7511	-1,5966	-3,6983	1,5741	-2,7407	-0,089	0,9079
	$y_6$	-3,3624	-2,7658	-4,5573	-3,1878	-1,5966	8,0887	2,6468	-2,8116	1,708	4,4801	-2,7437
	$y_7$	-2,8883	-3,7945	2,6222	-1,9262	-3,6983	2,6468	9,3084	-3,5771	5,4171	-0,2994	-1,4508
	$y_8$	1,6706	1,8987	2,9182	1,446	1,5741	-2,8116	-3,5771	1,9554	-1,7695	-1,413	1,0264
	$y_9$	-2,5895	-2,4672	-1,7243	-2,0201	-2,7407	1,708	5,4171	-1,7695	12,9644	-3,4748	-3,3034
	$y_{10}$	-0,8723	-1,1339	-1,2287	-1,3995	-0,089	4,4801	-0,2994	-1,413	-3,4748	5,6868	-0,2563
	$y_{11}$	1,5718	0,9838	6,3908	1,4104	0,9079	-2,7437	-1,4508	1,0264	-3,3034	-0,2563	1,7901
<b>2020</b>	$y_1$	1,9331	1,6964	-0,6572	1,652	1,6476	-3,8259	-2,3655	1,6583	-3,3528	-0,0535	1,6677
	$y_2$	1,6964	2,2073	0,1486	1,033	1,5007	-2,6646	-3,1324	1,6696	-3,4275	-0,2308	1,1997
	$y_3$	-0,6572	0,1486	3,83	0,622	-1,0146	1,8763	1,9151	-0,6572	-1,1334	-1,2645	-2,422
	$y_4$	1,652	1,033	-0,622	1,796	1,3003	-3,6858	-1,0075	1,3605	-2,4944	-0,7286	1,3965
	$y_5$	1,6476	1,5007	-1,0146	1,3003	1,9665	-2,874	-2,7197	1,5594	3,4552	0,9243	1,1647
	$y_6$	-3,8259	-2,6646	1,8763	-3,6858	-2,874	8,8714	3,0062	-2,845	5,6274	-0,0276	-3,4584
	$y_7$	-2,3655	-3,1324	1,9151	-1,0075	-2,7197	3,0062	7,1805	-2,7085	3,4947	-0,6796	-2,9834
	$y_8$	1,6583	1,6696	-0,6572	1,3605	1,5594	-2,845	-2,7085	1,7249	-2,5146	-0,837	1,5898
	$y_9$	-3,3528	-3,4275	-1,1334	-2,4944	-3,4552	5,6274	3,4947	-2,5146	11,5695	-3,5619	-0,7517
	$y_{10}$	-0,0535	-0,2308	-1,2645	-0,7286	0,9243	-0,0276	-0,6796	-0,837	-3,5619	7,186	-0,7268
	$y_{11}$	1,6677	1,1997	-2,422	1,3965	1,1647	-3,4584	-2,9834	1,5898	-0,7517	-0,7268	3,324

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
<b>2021</b>	$y_1$	1,5482	1,0532	-0,6308	1,4649	1,1812	-2,7296	-0,7745	1,0498	-2,3839	-0,4594	0,6809
	$y_2$	1,0532	1,9382	0,5353	-0,8341	1,1283	-2,1929	-2,5131	1,3468	-2,6986	-0,7826	1,3513
	$y_3$	-0,6308	0,5353	3,3207	0,6345	-0,5888	0,0155	0,3419	0,0126	-1,9448	-0,5382	0,1113
	$y_4$	1,4649	0,8341	-0,6345	1,5827	0,8815	-2,6198	-0,3542	1,0306	-1,5113	-1,309	0,635
	$y_5$	1,1812	1,1283	-0,5888	0,8815	1,4261	-1,6443	-1,5923	1,0222	-2,8319	0,2388	0,7794
	$y_6$	-2,7296	-2,1929	0,0155	-2,6198	-1,6443	7,8979	-0,2929	-1,6907	4,7309	0,6467	-2,1208
	$y_7$	0,7745	-2,5131	0,3419	-0,3542	-1,5923	-0,2929	5,7512	-1,7396	1,5355	0,9946	-1,3565
	$y_8$	1,0498	1,3468	0,0126	1,0306	1,0222	-1,6907	-1,7396	1,2858	-1,8592	1,523	1,0646
	$y_9$	-2,3839	-2,6986	-1,9448	-1,5113	-2,8319	4,7309	1,5355	1,8592	-12,589	-3,3197	-2,306
	$y_{10}$	-0,4594	-0,7826	-0,5382	-1,309	0,2388	0,6467	0,9946	-1,523	-3,3197	6,7513	-0,6995
	$y_{11}$	0,6809	1,3513	0,1113	0,635	0,7794	-2,1208	-1,3565	1,0646	-2,306	-0,6995	1,8605
<b>2022</b>	$y_1$	9,6247	-3,6536	-0,0307	0,0323	-4,4879	-1,6953	2,2555	-3,3889	-0,0073	2,0344	-0,6831
	$y_2$	-3,6536	5,191	0,2825	-1,3396	1,3415	3,5899	-1,9868	-0,224	2,4033	-3,0258	-2,5785
	$y_3$	-0,0308	0,2825	5,9615	-3,139	1,5014	-3,4784	1,8367	-0,3633	2,2563	-5,1749	0,3481
	$y_4$	0,0323	-1,3396	-3,139	5,9456	-1,5892	-0,6829	-0,7056	-1,5808	-1,9591	2,7808	2,2375
	$y_5$	-4,4879	1,3415	1,5014	-1,5892	4,8875	0,5106	0,7168	-0,197	-1,7216	-0,333	-0,6291
	$y_6$	-1,6953	3,5899	-3,4784	-0,6829	0,5106	6,6499	-1,2451	-0,8888	-0,8848	2,516	-4,3911
	$y_7$	2,2555	-1,9868	1,8367	-0,7056	0,7168	-1,2451	6,0914	-3,8747	-0,1806	0,6233	-3,531
	$y_8$	-3,3889	-0,224	-0,3633	-1,5808	-0,197	-0,8888	-3,8747	7,0366	1,0257	-1,3439	3,799
	$y_9$	-0,0073	-2,4033	2,2563	-1,9591	-1,7216	-0,8848	-0,1806	-1,0257	-5,9437	5,6771	-1,1983
	$y_{10}$	2,0344	-3,0258	-5,1749	2,7808	-0,333	2,516	0,6233	-1,3439	-5,6771	7,9841	-0,3838
	$y_{11}$	-0,6831	-2,5785	0,3481	2,2375	-0,6291	-4,3911	-3,531	3,799	-1,1983	-0,3838	7,0103
<b>2023</b>	$y_1$	0,8593	0,4471	-0,3541	0,8497	0,6049	0,3011	-0,9326	0,6257	-1,5967	-1,0841	0,2798
	$y_2$	0,4471	1,2266	0,5688	0,2828	0,4542	1,5754	-2,3342	0,6954	-2,296	-1,1095	0,4893
	$y_3$	-0,3541	0,5688	2,1083	-0,7748	0,4052	0,3177	-1,4467	0,0678	-3,2078	1,6236	0,6921

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	$y_4$	0,8497	0,2828	-0,7748	1,0596	0,3707	0,1194	-0,1403	0,6025	-0,9385	1,619	0,1878
	$y_5$	0,6049	0,4542	0,4052	0,3707	0,7927	0,1183	-1,4467	0,5483	-2,1464	-0,2017	0,5006
	$y_6$	0,3011	1,5754	0,3177	0,1194	0,1183	2,7273	-2,6984	0,5394	-1,96	-0,9488	-0,0915
	$y_7$	-0,9326	-2,3342	-1,4467	-0,1403	-1,4467	-2,6984	7,2516	-1,3235	2,9705	1,7444	-1,6441
	$y_8$	-0,6257	0,6954	0,0678	0,6025	0,5483	0,5394	-1,3235	0,7208	-1,5582	-1,4908	0,5726
	$y_9$	-1,5967	-2,296	-3,2078	-0,9385	-2,1464	-1,96	2,9705	-1,5582	13,9459	-2,4246	-0,7882
	$y_{10}$	-1,0841	-1,1095	1,6236	-1,619	-0,2017	-0,9488	1,7444	-1,4908	-2,4246	6,8993	-1,3888
	$y_{11}$	0,2798	0,4893	0,6921	0,1878	0,5006	-0,0915	-1,6441	0,5726	-0,7882	-1,3888	1,1903

**Lampiran 7.** Hasil Nilai Eigen Objek dan Variabel Tahun 2019-2023 Iterasi 1

Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen
<b>2019</b>	1.	46,0746	<b>2020</b>	1.	43,1462	<b>2021</b>	1.	45,3184	<b>2022</b>	1.	21,7661	<b>2023</b>	1.	51,962
	2.	14,0661		2.	13,7202		2.	11,3471		2.	16,8482		2.	12,039
	3.	8,6924		3.	10,3981		3.	7,7525		3.	16,2205		3.	8,2432
	4.	4,4949		4.	5,5193		4.	7,0564		4.	10,7637		4.	2,9565
	5.	3,2763		5.	3,2662		5.	4,1803		5.	7,2515		5.	1,5278
	6.	0,23903		6.	0,7862		6.	1,0777		6.	3,4296		6.	0,2266
	7.	0,1563		7.	0,1634		7.	0,2672		7.	0,72011		7.	0,0451
	8.	-4,7983		8.	4,9707		8.	-3,5348		8.	3,2274		8.	-1,7641

Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen	Tahun	No	Nilai eigen
<b>2019</b>	1.	25,3767	<b>2020</b>	1.	26,6925	<b>2021</b>	1.	20,55703	<b>2022</b>	1.	20,3783	<b>2023</b>	1.	18,3925
	2.	13,8816		2.	10,4296		2.	10,348		2.	16,3878		2.	11,1216
	3.	6,4148		3.	7,2741		3.	7,1195		3.	16,1205		3.	5,1355
	4.	3,7047		4.	5,3171		4.	4,7677		4.	9,5283		4.	2,4665
	5.	0,79709		5.	0,9428		5.	1,9587		5.	5,9695		5.	1,5166
	6.	0,20305		6.	0,7861		6.	1,0054		6.	3,2538		6.	0,1276
	7.	0,1388		7.	0,1474		7.	0,19507		7.	0,6779		7.	0,0213
	8.	1,2733		8.	1,5256		8.	2,1849		8.	3,3366		8.	-3,9937
	9.	-3,76504		9.	-1,5648		9.	-5,2345		9.	1,7117		9.	-4,3351
	10.	-6,3161		10.	-1,1971		10.	-1,0618		10.	-7,5626		10.	-1,06702
	11.	-4,7456		11.	-1,6287		11.	-7,9448		11.	-1,3199		11.	-1,5274

**Lampiran 8.** Matriks Vektor Eigen Objek ( $V_o$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

<b>2019</b>	0,1612	-0,1372	0,3156	0,5687	-0,6367	-0,0171	-0,399	-0,3536
	-0,5275	0,3582	-0,6139	0,0993	-0,2369	-0,0742	0,1418	-0,3536
	-0,2131	-0,3184	0,1408	-0,4813	-0,1748	0,6556	0,1277	-0,3536
	-0,4385	0,1558	0,5388	0,2502	0,537	-0,0682	0,1122	-0,3536
	-0,0304	-0,4959	-0,2908	0,0784	0,2668	-0,1194	-0,6724	-0,3536
	0,2199	-0,3535	-0,056	-0,267	0,043	-0,5701	0,5481	-0,3536
	0,2329	0,5429	0,233	-0,4877	-0,1505	-0,2209	-0,4031	-0,3536
	0,5954	0,2482	-0,2675	0,2394	0,3521	0,4143	0,1857	-0,3536

<b>2020</b>	0,1486	-0,4462	-0,2376	0,0288	0,7218	0,2205	0,164	-0,3536
	-0,5337	0,5984	0,0568	0,3155	0,3079	0,1206	-0,141	-0,3536
	-0,2511	-0,0103	-0,2531	-0,3021	-0,0353	-0,7544	0,2935	-0,3536
	-0,3745	-0,5904	0,5058	0,1623	-0,2566	-0,0003	-0,1954	-0,3536
	-0,0622	0,0232	-0,3712	0,0509	-0,5253	0,4934	0,4591	-0,3536
	0,1837	0,0136	-0,3971	-0,2438	-0,1611	0,0424	-0,7721	-0,3536
	0,2762	0,2714	0,5512	-0,6057	0,0575	0,1787	0,1379	-0,3536
	0,6131	0,1403	0,1453	0,5942	-0,1089	-0,3009	0,0541	-0,3536

<b>2021</b>	0,0909	-0,436	0,2795	-0,3752	0,4181	0,3482	-0,4021	0,3536
	-0,4761	0,3126	0,0903	0,5289	0,5114	-0,0013	-0,0359	0,3536
	-0,2107	-0,0783	-0,4806	-0,2047	-0,0554	0,4805	0,5636	0,3536
	-0,4954	-0,0149	0,4651	-0,1663	-0,6095	-0,112	-0,0373	0,3536
	0,0016	-0,2774	-0,6097	0,2302	-0,2395	-0,2582	-0,4993	0,3536

	0,2554	-0,3488	0,146	0,0192	0,1946	-0,6151	0,5002	0,3536
	0,2407	0,6972	-0,129	-0,4935	0,0769	-0,2193	-0,1297	0,3536
	0,5934	0,1455	0,2383	0,4615	-0,2966	0,3771	0,0405	0,3536

<b>2022</b>	-0,3334	-0,1655	0,6015	-0,0897	0,293	0,2746	-0,453	-0,3536
	0,6426	-0,4554	-0,2624	-0,3548	0,0733	0,1735	-0,1563	-0,3536
	0,0382	0,4125	0,0472	-0,1072	-0,7745	0,2463	-0,1707	-0,3536
	0,1338	-0,1725	0,5197	-0,0411	-0,1324	-0,3138	0,663	-0,3536
	0,0084	0,4493	-0,1338	-0,2717	0,2725	-0,6679	-0,247	-0,3536
	-0,1393	0,3758	-0,2686	-0,0565	0,405	0,5081	0,4657	-0,3536
	0,2582	0,0266	-0,0519	0,8799	0,0792	-0,0524	-0,1475	-0,3536
	-0,6086	-0,4707	-0,4518	0,0412	-0,2162	-0,1685	0,0457	-0,3536

<b>2023</b>	0,1399	0,4248	-0,4836	0,3224	-0,1023	0,5695	0,0482	-0,3536
	-0,5425	-0,3457	0,2637	0,4536	-0,4212	0,0571	0,0721	-0,3536
	-0,1577	0,1471	0,0003	-0,606	-0,1649	-0,0324	0,658	-0,3536
	-0,4532	-0,0715	-0,1914	-0,0096	0,7837	-0,0627	-0,098	-0,3536
	-0,0487	0,3801	0,4598	-0,3328	-0,1122	0,1198	-0,6156	-0,3536
	0,2072	0,309	-0,1295	0,2874	-0,1041	-0,7914	0,0097	-0,3536
	0,2775	-0,6185	-0,4226	-0,3055	-0,204	-0,0219	-0,3185	-0,3536
	0,5775	-0,2252	0,5032	0,1905	0,325	0,1621	0,2634	-0,3536



**Lampiran 9.** Hasil Vektor Eigen Variabel ( $V_v$ ) Tahun 2019-2023 Iterasi 1

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
<b>2019</b>	$y_1$	-0,2523	0,1073	0,0029	-0,2237	-0,038	-0,2709	-0,0978	0,8763	0	0	-0,1497
	$y_2$	-0,2577	0,0946	-0,1117	0,2466	-0,495	0,46	-0,2827	0,0608	0,1133	0,5451	-0,0344
	$y_3$	-0,0483	0,0074	0,3464	0,7468	-0,1022	-0,4058	0,098	-0,0069	-0,0097	-0,0109	-0,3674
	$y_4$	-0,2074	0,144	0,0859	-0,1905	0,394	-0,0271	-0,19	-0,2068	-0,593	0,384	-0,3983
	$y_5$	-0,2305	-0,0155	-0,1925	-0,0323	0,3996	-0,3173	-0,2671	-0,1947	0,6921	0,2344	-0,0706
	$y_6$	0,3639	-0,5252	-0,2821	0,2605	0,3894	0,2506	0,165	0,3237	-0,02	0,2739	-0,1495
	$y_7$	0,4961	0,0764	0,6602	-0,2091	0,0457	0,2225	-0,2825	0,0811	0,2824	0,0773	-0,2114
	$y_8$	-0,2392	0,1376	-0,1664	0,04	0,114	0,4784	0,0419	-0,0163	0,167	-0,537	-0,5783
	$y_9$	0,5388	0,5486	-0,4633	-0,0449	-0,1768	-0,206	0,13	-0,0268	0,0337	0,1439	-0,281
	$y_{10}$	0,0449	-0,597	-0,1102	-0,3345	-0,4767	-0,2478	-0,1228	-0,1821	-0,0121	-0,0379	-0,4232
	$y_{11}$	-0,2082	0,0218	0,2308	-0,2589	-0,0541	0,0634	0,8079	-0,0452	0,2171	0,33	-0,135
<b>2020</b>	$y_1$	0,2609	-0,079	-0,0714	0,0395	-0,0615	-0,0331	0,0865	0,8825	0	0,3575	0
	$y_2$	0,2403	-0,0331	-0,0886	-0,2831	-0,3163	-0,0078	-0,7242	-0,1104	-0,2105	0,2235	0,3494
	$y_3$	-0,1013	0,2507	-0,5528	-0,2912	-0,4536	0,0997	0,4147	-0,1656	-0,1254	0,2907	-0,1454
	$y_4$	0,2046	-0,1213	-0,1652	0,2165	0,2143	-0,137	0,3605	-0,2155	0,0852	0,2359	0,7518
	$y_5$	0,2461	0,015	0,0737	-0,0521	0,3248	-0,4951	0,0897	-0,1482	-0,6535	0,1984	-0,2898
	$y_6$	-0,4911	0,215	0,1616	-0,5353	0,4801	0,1623	-0,0137	0,1263	-0,0392	0,2865	0,2081
	$y_7$	-0,363	0,1845	-0,3832	0,6397	0,202	0,0985	-0,3426	-0,0046	-0,1141	0,2965	0,0965
	$y_8$	0,2218	-0,1487	-0,0564	-0,1365	0,2042	-0,1467	-0,1299	-0,2454	0,6411	0,4678	-0,3698
	$y_9$	-0,5324	-0,5518	0,2841	0,0843	-0,3764	-0,2935	0,069	-0,0364	-0,0531	0,2952	0,0177
	$y_{10}$	0,1001	0,6201	0,5905	0,2357	-0,2829	0,0097	0,0752	-0,0921	0,0742	0,3155	-0,0437
	$y_{11}$	0,2141	-0,3514	0,2077	0,0825	0,0653	0,7624	0,1148	-0,1648	0,2679	0,2594	-0,1261

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2021	$y_1$	-0,2149	0,1301	0,1035	0,1908	-0,2139	0,2786	0,1769	0,8243	0	0	-0,2357
	$y_2$	-0,2393	0,1814	-0,1833	-0,0354	0,2842	0,1256	0,0837	-0,1858	-0,3219	-0,6292	-0,4872
	$y_3$	-0,061	-0,0881	-0,0485	-0,7762	0,3008	0,3113	-0,0344	0,0998	0,0597	0,3625	-0,2241
	$y_4$	-0,1699	0,2043	0,1749	0,1289	-0,2987	0,1781	0,5254	-0,4585	-0,0926	0,4344	-0,2787
	$y_5$	-0,2107	0,0509	-0,1107	0,2044	-0,1986	0,0746	-0,7748	-0,089	-0,2523	0,3154	-0,2873
	$y_6$	0,4635	-0,2193	-0,5816	-0,1414	-0,4844	-0,1319	0,1333	0,0606	-0,0573	-0,0319	-0,3179
	$y_7$	0,1758	-0,2972	0,7343	-0,2036	-0,2517	-0,1954	-0,129	-0,0267	-0,0225	-0,2271	-0,3594
	$y_8$	-0,1788	0,2254	-0,0938	-0,0139	-0,1312	-0,0432	-0,1371	-0,1276	0,8787	-0,1463	-0,2462
	$y_9$	0,705	0,4011	0,1282	0,2467	0,3805	0,1201	-0,0708	0,0433	0,0647	0,1462	-0,2705
	$y_{10}$	-0,0697	-0,7283	-0,0725	0,4225	0,3638	0,1116	0,1045	-0,0335	0,1905	0,1322	-0,2653
	$y_{11}$	-0,1999	0,1398	-0,0504	-0,0228	0,2492	-0,8295	0,1224	0,1848	-0,0653	0,2676	-0,2496
2022	$y_1$	0,3671	0,5385	-0,0316	0,3744	-0,2343	-0,3595	-0,1954	-0,2082	0	-0,4104	0
	$y_2$	-0,2927	-0,2289	0,3194	0,1985	0,228	-0,2801	-0,009	0,1617	0,1101	-0,3681	-0,6451
	$y_3$	-0,348	0,3688	-0,0178	0,2839	-0,0341	-0,2959	0,5426	-0,4056	0,2931	0,1411	-0,0925
	$y_4$	0,2922	-0,131	-0,1965	0,0349	0,732	0,1514	0,1571	-0,4514	-0,0018	-0,26	0,0531
	$y_5$	-0,153	-0,18	0,1456	-0,5771	-0,0588	-0,1899	-0,5732	-0,3401	0,07	-0,2654	0,1756
	$y_6$	0,0892	-0,3787	0,4512	0,2528	-0,1507	-0,1168	0,3112	-0,0256	0,3587	-0,168	0,5388
	$y_7$	0,1295	0,3824	0,2683	-0,3637	0,0091	0,5312	0,1338	0,3055	0,2395	-0,4241	-0,0434
	$y_8$	-0,25	-0,275	-0,3854	0,1376	-0,4932	0,3845	0,1571	-0,3017	-0,0659	-0,406	-0,1361
	$y_9$	-0,3707	0,2151	0,0664	0,4144	0,1481	0,3639	-0,41	-0,1994	0,4769	0,2166	0,0602
	$y_{10}$	0,5692	-0,2334	0,0191	-0,1166	-0,2373	0,0667	-0,0619	-0,1932	0,4566	0,2996	-0,4554
	$y_{11}$	-0,1084	0,1188	0,2153	0,0117	-0,3953	-0,0891	0,6689	0	0	-0,5622	0

<b>TAHUN</b>		<b><math>y_1</math></b>	<b><math>y_2</math></b>	<b><math>y_3</math></b>	<b><math>y_4</math></b>	<b><math>y_5</math></b>	<b><math>y_6</math></b>	<b><math>y_7</math></b>	<b><math>y_8</math></b>	<b><math>y_9</math></b>	<b><math>y_{10}</math></b>	<b><math>y_{11}</math></b>
<b>2023</b>	<b><math>y_1</math></b>	-0,1975	0,1772	-0,059	-0,1943	0,1764	0,0501	-0,2683	-0,2394	-0,5411	-0,4023	-0,5204
	<b><math>y_2</math></b>	-0,215	-0,1407	-0,2705	0,321	0,5177	0,0181	0,2538	-0,2629	0,4988	-0,1502	-0,2908
	<b><math>y_3</math></b>	-0,0503	0,1363	0,349	-0,0424	-0,3046	-0,5145	-0,2811	-0,1168	0,424	0,1327	-0,4557
	<b><math>y_4</math></b>	-0,1528	0,0509	0,0419	0,2276	-0,3099	0,637	0,096	0,2853	0,0261	0,2922	-0,4919
	<b><math>y_5</math></b>	-0,1957	0,2051	-0,1974	-0,7231	0,2067	-0,0312	0,1729	0,4644	0,239	0,0558	-0,091
	<b><math>y_6</math></b>	0,3823	-0,4693	0,6038	-0,1394	0,3559	0,1092	0,0643	0,212	-0,0072	-0,1356	-0,2086
	<b><math>y_7</math></b>	-0,1232	0,1655	0,1417	0,0714	-0,0231	0,3438	-0,5142	0,1865	0,3926	-0,5356	0,2708
	<b><math>y_8</math></b>	0,8155	0,299	-0,3717	0,0339	-0,0741	0,0285	0,0087	0,0503	0,1271	-0,1778	-0,2228
	<b><math>y_9</math></b>	-0,062	-0,7114	-0,4375	-0,0685	-0,3656	-0,1446	-0,1685	0,2058	0,0149	-0,228	-0,1284
	<b><math>y_{10}</math></b>	-0,093	0,1685	-0,0158	0,5022	0,2161	-0,4072	-0,0325	0,662	-0,2243	-0,0681	-0,0609
	<b><math>y_{11}</math></b>	-0,1084	0,1188	0,2153	0,0117	-0,3953	-0,0891	0,6689	0	0	-0,5622	0

**Lampiran 10.** Titik Koordinat Objek Tahun 2020 – 2023 Iterasi 1

Tahun	No	Nama Objek	Dimensi	
			1	2
2020	1.	DIY 01	0,9758	-1,6527
	2.	DIY 02	-3,5059	2,2166
	3.	DIY 03	-1,6496	-0,038
	4.	DIY 04	-2,4597	-2,1869
	5.	DIY 05	-0,4082	0,0858
	6.	DIY 06	1,2063	0,0503
	7.	DIY 07	1,8143	1,0053
	8.	DIY 08	4,027	0,5196

Tahun	No	Nama Objek	Dimensi	
			1	2
2021	1.	DIY 01	0,6121	-1,4686
	2.	DIY 02	-3,2047	1,0531
	3.	DIY 03	-1,4183	-0,2637
	4.	DIY 04	-3,3347	-0,0501
	5.	DIY 05	0,011	-0,9343
	6.	DIY 06	1,7194	-1,1748
	7.	DIY 07	1,6201	2,3485
	8.	DIY 08	3,9949	0,4901

Tahun	No	Nama Objek	Dimensi	
			1	2
2022	1.	DIY 01	-1,5554	-0,6795
	2.	DIY 02	2,9981	-1,8692
	3.	DIY 03	0,1783	1,6931
	4.	DIY 04	0,6244	-0,7079
	5.	DIY 05	0,0391	1,8441
	6.	DIY 06	-0,6498	1,5423
	7.	DIY 07	1,2045	0,1091
	8.	DIY 08	-2,8392	-1,9321

Tahun	No	Nama Objek	Dimensi	
			1	2
2023	1.	DIY 01	1,0087	1,4739
	2.	DIY 02	-3,9107	-1,1995
	3.	DIY 03	-1,1366	0,5104
	4.	DIY 04	-3,2669	-0,2481
	5.	DIY 05	-0,3512	1,3189
	6.	DIY 06	1,4935	1,0719
	7.	DIY 07	2,0004	-2,146
	8.	DIY 08	4,1628	-0,7814

**Lampiran 11. Titik Koordinat Variabel**  
Tahun 2020 – 2023 Iterasi 1

Tahun	Nama Variabel	Dimensi	
		1	2
2020	$y_1$	1,3479	-0,2551
	$y_2$	1,2413	-0,1067
	$y_3$	-0,5235	0,8096
	$y_4$	1,0571	-0,3918
	$y_5$	1,2715	0,0484
	$y_6$	-2,5371	0,6944
	$y_7$	-1,8756	0,5958
	$y_8$	1,146	-0,4801
	$y_9$	-2,7507	-1,7821
	$y_{10}$	0,5171	2,0025
	$y_{11}$	1,106	-1,1347

Tahun	Nama Variabel	Dimensi	
		1	2
2021	$y_1$	-0,9743	0,4186
	$y_2$	-1,1084	0,5835
	$y_3$	-0,2765	-0,2834
	$y_4$	-0,7702	0,6572
	$y_5$	-0,9554	0,1636
	$y_6$	2,1013	-0,7055
	$y_7$	0,7969	-0,9569
	$y_8$	-0,8107	0,725
	$y_9$	3,1965	1,2901
	$y_{10}$	-0,3162	-2,3428
	$y_{11}$	-0,9063	0,449

Tahun	Nama Variabel	Dimensi	
		1	2
2022	$y_1$	1,65696	2,17992
	$y_2$	-1,32132	-0,92671
	$y_3$	-1,57073	1,49297
	$y_4$	1,31919	-0,53051
	$y_5$	-0,69058	-0,72887
	$y_6$	0,40289	-1,53305
	$y_7$	0,58451	1,54799
	$y_8$	-1,12841	-1,11306
	$y_9$	-1,67349	0,87085
	$y_{10}$	2,56957	-0,94472
	$y_{11}$	-0,14858	-0,31481

Tahun	Nama Variabel	Dimensi	
		1	2
2023	$y_1$	-0,4649	0,3963
	$y_2$	-0,8469	0,591
	$y_3$	-0,9221	-0,4692
	$y_4$	-0,2156	0,4546
	$y_5$	-0,6553	0,1698
	$y_6$	-0,8391	0,6839
	$y_7$	1,6396	-1,5649
	$y_8$	-0,5283	0,5518
	$y_9$	3,4973	0,9969
	$y_{10}$	-0,2657	-2,3723
	$y_{11}$	-0,3988	0,5619

**Lampiran 12.** Matriks Disparatis Antar Objek ( $\hat{D}_o$ ) Tahun 2019 – 2023 Iterasi 1

<b>TAHUN</b>	<b>DAERAH</b>	<b>DIY 01</b>	<b>DIY 02</b>	<b>DIY 03</b>	<b>DIY 04</b>	<b>DIY 05</b>	<b>DIY 06</b>	<b>DIY 07</b>	<b>DIY 08</b>
<b>2019</b>	<b>DIY 01</b>	0	25,3113	6,9206	17,7801	3,5017	0,8171	6,7424	10,7723
	<b>DIY 02</b>	25,3113	0	10,9938	0,9416	21,6465	32,8703	27,1218	58,2652
	<b>DIY 03</b>	6,9207	10,9938	0	5,5029	1,9814	8,6607	19,6018	34,6353
	<b>DIY 04</b>	17,7801	0,9416	5,5029	0	13,6458	23,6255	22,8753	49,3666
	<b>DIY 05</b>	3,5017	21,6465	1,9814	13,6458	0	3,1732	18,3709	25,8298
	<b>DIY 06</b>	0,8171	32,8703	8,6607	23,6255	3,1732	0	11,3109	11,5863
	<b>DIY 07</b>	6,7424	27,1218	19,6018	22,8753	18,3709	11,3109	0	7,275
	<b>DIY 08</b>	10,7724	58,2652	34,6353	49,3666	25,8298	11,5863	7,275	0
<b>2020</b>	<b>DIY 01</b>	0	35,0592	9,5012	12,0886	4,9386	2,9538	7,7687	14,0289
	<b>DIY 02</b>	35,0592	0	8,5291	20,4866	14,1361	26,8984	29,7727	59,6252
	<b>DIY 03</b>	9,5012	8,5291	0	5,2742	1,5565	8,1648	13,0882	32,536
	<b>DIY 04</b>	12,0886	20,4866	5,2742	0	9,3741	18,4456	28,4585	49,4033
	<b>DIY 05</b>	4,9386	14,1361	1,5565	9,3741	0	2,6082	5,7855	19,8597
	<b>DIY 06</b>	2,9538	26,8984	8,1648	18,4456	2,6082	0	1,2817	8,1764
	<b>DIY 07</b>	7,7687	29,7727	13,0882	28,4585	5,7855	1,2817	0	5,1318
	<b>DIY 08</b>	14,0289	59,6252	32,536	49,4033	19,8597	8,1764	5,1318	0
<b>2021</b>	<b>DIY 01</b>	0	20,928	5,5748	17,5903	0,6468	1,3123	15,5865	15,28
	<b>DIY 02</b>	20,928	0	4,9253	1,234	14,2913	29,2115	24,958	52,1524
	<b>DIY 03</b>	5,5748	4,9253	0	3,7182	2,4929	10,6759	16,0566	29,8723
	<b>DIY 04</b>	17,5903	1,234	3,7182	0	11,976	26,8097	30,3047	54,0162
	<b>DIY 05</b>	0,6468	14,2913	2,4929	11,976	0	2,9765	13,3668	17,901
	<b>DIY 06</b>	1,3123	29,2115	10,6759	26,8097	2,9765	0	12,4242	7,9504
	<b>DIY 07</b>	15,5865	24,958	16,0566	30,3047	13,3668	12,4242	0	9,0929
	<b>DIY 08</b>	15,28	52,1524	29,8723	54,0162	17,901	7,9504	9,0929	0

<b>TAHUN</b>	<b>DAERAH</b>	<b>DIY 01</b>	<b>DIY 02</b>	<b>DIY 03</b>	<b>DIY 04</b>	<b>DIY 05</b>	<b>DIY 06</b>	<b>DIY 07</b>	<b>DIY 08</b>
<b>2022</b>	<b>DIY 01</b>	0	22,1503	8,6353	4,7526	8,9117	5,7567	8,2395	3,2173
	<b>DIY 02</b>	22,1503	0	20,6414	6,9828	22,5443	24,9462	7,131	34,0793
	<b>DIY 03</b>	8,6353	20,6414	0	5,9644	0,0422	0,7086	3,562	22,2483
	<b>DIY 04</b>	4,7526	6,9828	5,9644	0	6,856	6,6877	1,0043	13,4958
	<b>DIY 05</b>	8,9117	22,5443	0,0422	6,856	0	0,5659	4,3681	22,5458
	<b>DIY 06</b>	5,7567	24,9462	0,7086	6,6877	0,5659	0	5,4926	16,8655
	<b>DIY 07</b>	8,2395	7,131	3,562	1,0043	4,3681	5,4926	0	20,5194
	<b>DIY 08</b>	3,2173	34,0793	22,2483	13,4958	22,5458	16,8655	20,5194	0
<b>2023</b>	<b>DIY 01</b>	0	31,3489	5,5311	21,2478	1,8737	0,3966	14,0878	15,0351
	<b>DIY 02</b>	31,349	0	10,62	1,3194	19,013	34,366	35,838	65,3578
	<b>DIY 03</b>	5,5311	10,6195	0	5,1138	1,2705	7,2334	16,8984	29,7539
	<b>DIY 04</b>	21,248	1,3194	5,1138	0	10,957	24,406	31,3477	55,487
	<b>DIY 05</b>	1,8737	19,0126	1,2705	10,9574	0	3,4644	17,537	24,7892
	<b>DIY 06</b>	0,3966	34,3662	7,2334	24,4057	3,4644	0	10,6128	10,5605
	<b>DIY 07</b>	14,088	35,838	16,898	31,3477	17,537	10,613	0	6,5382
	<b>DIY 08</b>	15,035	65,3578	29,754	55,487	24,789	10,561	6,5382	0

**Lampiran 13.** Matriks Disparatis Antar Variabel ( $\hat{D}_v$ ) Tahun 2019 – 2023 Iterasi 1

TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
2019	$y_1$	0	0,003	1,196	0,07	0,2219	15,1931	14,232	0,0171	18,5871	9,1299	0,1512
	$y_2$	0,003	0	1,2185	0,0983	0,187	15,1372	14,426	0,0345	18,9607	8,9624	0,1358
	$y_3$	1,1961	1,2185	0	0,9015	0,8501	8,2486	7,5877	1,1603	12,8121	5,2909	0,6516
	$y_4$	0,0701	0,0983	0,9015	0	0,367	14,4988	12,6234	0,0262	16,4006	9,2375	0,2074
	$y_5$	0,2219	0,187	0,8501	0,367	0	12,5723	13,5174	0,3276	19,4366	6,6182	0,032
	$y_6$	15,1931	15,1372	8,2486	14,4988	12,5723	0 0000	5,4684	15,3283	16,783	2,6541	12,4582
	$y_7$	14,2321	14,426	7,5877	12,6234	13,5174	5,4684	0	13,7731	3,1413	11,463	12,6297
	$y_8$	0,0171	0,0345	1,1603	0,0262	0,3276	15,3283	13,7731	0	17,703	9,5393	0,2106
	$y_9$	18,5872	18,9607	12,8121	16,4006	19,4366	16,783	3,1413	17,703	0	24,4091	18,011
	$y_{10}$	9,1299	8,9624	5,2909	9,2375	6,6182	2,6541	11,463	9,5393	24,4091	0	6,9405
	$y_{11}$	0,1513	0,1358	0,6516	0,2074	0,032	12,4582	12,6297	0,2106	18,011	6,9405	0
2020	$y_1$	0	0,0334	4,6364	0,1033	0,098	15,9962	11,116	0,0914	19,1312	5,7871	0,8324
	$y_2$	0,0334	0	3,9547	0,1152	0,025	14,9192	10,2094	0,1484	18,7433	4,9735	1,0751
	$y_3$	4,6364	3,9547	0	3,9422	3,8018	4,0678	1,8738	4,451	11,6774	2,5062	6,4365
	$y_4$	0,1033	0,1152	3,9422	0	0,2399	14,0991	9,5768	0,0157	16,4324	6,0247	0,5543
	$y_5$	0,098	0,025	3,8018	0,2399	0	14,9238	10,2046	0,2952	19,5299	4,3873	1,4276
	$y_6$	15,9962	14,9192	4,0678	14,0991	14,9238	0	0,4473	14,9458	6,1793	11,04	16,6194
	$y_7$	11,116	10,2094	1,8738	9,5768	10,2046	0,4473	0	10,2884	6,4206	7,7044	11,8858
	$y_8$	0,0914	0,1484	4,451	0,0157	0,2952	14,9458	10,2884	0	16,8801	6,5588	0,4302
	$y_9$	19,1312	18,7433	11,6774	16,4324	19,5299	6,1793	6,4206	16,8801	0	25,0028	15,2938
	$y_{10}$	5,7871	4,9735	2,5062	6,0247	4,3873	11,04	7,7044	6,5588	25,0028	0	10,1895



TAHUN		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	$y_{11}$	0,8324	1,0751	6,4365	0,5543	1,4276	16,6194	11,8858	0,4302	15,2938	10,1895	0
<b>2021</b>	$y_1$	0	0,0394	0,9798	0,0986	0,0654	10,7239	5,0272	0,1207	18,1565	8,0591	0,0056
	$y_2$	0,0394	0	1,4052	0,1045	0,1931	11,8146	5,912	0,0952	18,8312	9,1551	0,0499
	$y_3$	0,9798	1,4052	0	1,1285	0,6607	5,8329	1,6049	1,3023	14,5393	4,2428	0,9339
	$y_4$	0,0986	0,1045	1,1285	0	0,2779	10,1032	5,0587	0,0062	16,1364	9,2067	0,0616
	$y_5$	0,0654	0,1931	0,6607	0,2779	0	10,0996	4,3246	0,3361	18,5086	6,6913	0,0842
	$y_6$	10,7239	11,8146	5,8329	10,1032	10,0996	0	1,7643	10,5268	5,1823	8,5256	10,3804
	$y_7$	5,0272	5,912	1,6049	5,0587	4,3246	1,7643	0	5,4106	10,8038	3,1624	4,8768
	$y_8$	0,1207	0,0952	1,3023	0,0062	0,3361	10,5268	5,4106	0	16,378	9,6567	0,085
	$y_9$	18,1565	18,8312	14,5393	16,1364	18,5086	5,1823	10,8038	16,378	0	25,5388	17,5406
	$y_{10}$	8,0591	9,1551	4,2428	9,2067	6,6913	8,5256	3,1624	9,6567	25,5388	0	8,146
	$y_{11}$	0,0056	0,0499	0,9339	0,0616	0,0842	10,3804	4,8768	0,085	17,5406	8,146	0
<b>2022</b>	$y_1$	0	18,5212	10,8898	7,4605	13,972	15,3588	1,5495	18,602	12,8055	10,5962	9,4836
	$y_2$	18,5212	0	5,9171	7,1292	0,437	3,3405	9,7563	0,0719	3,3553	15,1393	1,7497
	$y_3$	10,8898	5,9171	0	12,4461	5,7113	13,052	4,6481	6,9871	0,3976	23,0844	5,2906
	$y_4$	7,4605	7,1292	12,4461	0	4,0785	1,8447	4,8599	6,3301	10,9199	1,735	2,2009
	$y_5$	13,972	0,437	5,7113	4,0785	0	1,8424	6,8099	0,3393	3,5252	10,6751	0,4652
	$y_6$	15,3588	3,3405	13,052	1,8447	1,8424	0	9,5257	2,5213	10,0901	5,0406	1,7882
	$y_7$	1,5495	9,7563	4,6481	4,8599	6,8099	9,5257	0	10,0153	5,5571	10,154	4,0074
	$y_8$	18,602	0,0719	6,9871	6,3301	0,3393	2,5213	10,0153	0	4,233	13,7034	1,5973
	$y_9$	12,8055	3,3553	0,3976	10,9199	3,5252	10,0901	5,5571	4,233	0	21,2998	3,7311
	$y_{10}$	10,5962	15,1393	23,0844	1,735	10,6751	5,0406	10,154	13,7034	21,2998	0	7,7851
	$y_{11}$	9,4836	1,7497	5,2906	2,2009	0,4652	1,7882	4,0074	1,5973	3,7311	7,7851	0

<b>TAHUN</b>		<b><math>y_1</math></b>	<b><math>y_2</math></b>	<b><math>y_3</math></b>	<b><math>y_4</math></b>	<b><math>y_5</math></b>	<b><math>y_6</math></b>	<b><math>y_7</math></b>	<b><math>y_8</math></b>	<b><math>y_9</math></b>	<b><math>y_{10}</math></b>	<b><math>y_{11}</math></b>
<b>2023</b>	<b><math>y_1</math></b>	0	0,1838	0,9583	0,0655	0,0876	0,2228	8,2762	0,0282	16,0604	7,7055	0,0318
	<b><math>y_2</math></b>	0,1838	0	1,1299	0,417	0,2141	0,0087	10,831	0,103	19,0371	9,1196	0,2016
	<b><math>y_3</math></b>	0,9583	1,1299	0	1,3528	0,4796	1,3369	7,7634	1,1978	21,6816	4,0527	1,3374
	<b><math>y_4</math></b>	0,0655	0,417	1,3528	0	0,2744	0,4413	7,5214	0,1072	14,0806	7,9949	0,045
	<b><math>y_5</math></b>	0,0876	0,2141	0,4796	0,2744	0	0,2982	8,2764	0,1621	17,9285	6,6145	0,2196
	<b><math>y_6</math></b>	0,2228	0,0087	1,3369	0,4413	0,2982	0	11,203	0,1141	18,9033	9,6703	0,2088
	<b><math>y_7</math></b>	8,2762	10,831	7,7634	7,5214	8,2764	11,203	0	9,181	10,0145	4,2824	8,6793
	<b><math>y_8</math></b>	0,0282	0,103	1,1978	0,1072	0,1621	0,1141	9,181	0	16,4039	8,62	0,0169
	<b><math>y_9</math></b>	16,06	19,037	21,6816	14,081	17,9285	18,903	10,015	16,4039	0	25,513	15,369
	<b><math>y_{10}</math></b>	7,7055	9,1196	4,0527	7,9949	6,6145	9,6703	4,2824	8,62	25,513	0	8,6281
	<b><math>y_{11}</math></b>	0,0318	0,2016	1,3374	0,045	0,2196	0,2088	8,6793	0,0169	15,369	8,6281	0

### Lampiran 14. Script MDS Metrik

```

## Fungsi bantuan
euclid <- function(x){
  n <- dim(x)[1]
  d <- matrix(0, n, n)
  for(i in 1:n){
    for(j in 1:i){
      d[i,j] <- as.numeric(sum((x[i,] - x[j,])^2))
    }
  }
  return(d+t(d))
}

## Fungsi Matriks B
mat.B <- function(D){
  display_markdown('## Akar D')
  View(D)
  display_markdown('## D^2')
  D2 <- D^2
  View(D2)
  n <- dim(D)[1]
  b <- matrix(0, n, n)
  for(i in 1:n){
    for(j in 1:n){
      b[i,j] <- (-1/2)*(D2[i,j] - sum(D2[i,])/n - sum(D2[,j])/n +
sum(D2)/n/n )
    }
  }
  return(b)
}

## Fungsi Multidimensional Scaling
MDS <- function(D){
  n <- dim(D)[1]
  ## Hitung Matriks B
  B <- mat.B(D)
  display_markdown('## Matriks B')
  View(as.data.frame(B))
  ## Alternatif matriks B
  # C <- diag(n) - matrix(1,n,n)/n
  # A <- (-1/2) * D^2
  # B <- C %*% A %*% C
  ## Hitung Nilai Eigen dan Vektor Eigen
  e <- eigen(B)
  L <- e$value
  V <- e$vector
  Lambda <- diag(L)
  display_markdown('## Nilai Eigen')
  View(t(as.data.frame(L)))
  display_markdown('## Vektor Eigen')
  View(as.data.frame(V))

  display_markdown('## Dua Vektor Eigen Terbesar')
  View(as.data.frame(V[,1:2]))

  display_markdown('## Akar Matriks Diagonal Nilai Eigen')
  View(as.data.frame(sqrt(Lambda[1:2, 1:2])))

  ## Matriks Konfigurasi
  # W = V.A^(1/2)
  # dengan:
  # V = Vektor Eigen
  # A = Matriks Diagonal Nilai Eigen
  W <- V[,1:2] %*% sqrt(Lambda[1:2, 1:2])
  display_markdown('## Matriks Konfigurasi')
  View(as.data.frame(W))
  return(list(eigen.value=L, eigen.vector=V, coord=W, D=D, B=B))
}

```

```

## Fungsi Stress
stress <- function(D, DW){
  return( sqrt( sum( (D - DW)^2 ) / sum( (D-mean(D))^2 ) ) )
}

## Nilai R2
R2 <- 1-sum((DW-DW2)^2)/sum((DW-mean(DW))^2)
cat(paste0('Nilai R2 = ',R2))

## Data Tahun 2019
display_markdown('# Data Objek')
df <- read.csv('data2019.csv')
# df <- df[,-5]
X <- df[,c(-1)]
display_markdown('## Data')
View(head(X))

std.X <- X
for(i in 1:length(X)){
  x <- X[,i]
  std.X[,i] = (x - mean(x))/sd(x)
}
display_markdown('## Data Standardisasi')
View(head(as.data.frame(std.X)))

display_html('<h1><a>Iterasi 1</a></h1>')
D <- euclid(std.X)
akar.D <- sqrt(D)
W <- MDS(akar.D)
DW <- euclid(W$coord)
akar.DW <- sqrt(DW)
display_markdown('## Matriks Disparatis Konfigurasi')
View(as.data.frame(DW))

sprintf('Nilai Stress : %.2f %%',stress(D, DW)*100)
display_html('<h1><a>Iterasi 2</a></h1>')
D2 <- DW
akar.D2 <- sqrt(D2)
W2 <- MDS(akar.D2)
DW2 <- euclid(W2$coord)
akar.DW2 <- sqrt(DW2)
display_markdown('## Matriks Disparatis Konfigurasi')
View(as.data.frame(DW2))

sprintf('Nilai Stress : %.2f %%',stress(D2, DW2)*100)

display_markdown('# Data Subjek')
display_markdown('## Data')
View(head(t(X)))
display_markdown('## Data Standardisasi')
View(head(t(std.X)))
X.subject <- t(std.X)
display_html('<h1><a>Iterasi 1</a></h1>')
D.subject <- euclid(X.subject)

akar.D.subject <- sqrt(D.subject)
W.subject <- MDS(akar.D.subject)
DW.subject <- euclid(W.subject$coord)
akar.DW.subject <- sqrt(DW.subject)
display_markdown('## Matriks Disparatis Konfigurasi')
View(as.data.frame(DW.subject))
sprintf('Nilai Stress : %.2f %%',stress(D.subject, DW.subject)*100)

display_html('<h1><a>Iterasi 2</a></h1>')
D2.subject <- DW.subject
akar.D2.subject <- sqrt(D2.subject)
W2.subject <- MDS(akar.D2.subject)
DW2.subject <- euclid(W2.subject$coord)
akar.DW2.subject <- sqrt(DW2.subject)
display_markdown('## Matriks Disparatis Konfigurasi')
View(as.data.frame(DW2.subject))
  sprintf('Nilai Stress : %.2f %%',stress(D2.subject, DW2.subject)*100)

```

## RIWAYAT HIDUP



Alisa Salsabila, lahir di Bojonegoro pada tanggal 19 Januari 2002. Peneliti merupakan anak pertama dari Bapak Muhadi dan Ibu Suwarsih. Pernah menempuh pendidikan TK di TK PKK Bendo dan lulus pada tahun 2008. Kemudian, peneliti melanjutkan pendidikan dasar di SDN Bendo 01 dan lulus pada tahun 2014. Setelah itu melanjutkan pendidikan di bangku MTsN 1 Bojonegoro dan lulus pada tahun 2017. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 3 Bojonegoro lulus pada tahun 2020. Pada tahun yang sama, melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang (UIN Malang) tepatnya di program studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi.

Selama menempuh pendidikan, peneliti aktif dalam mengikuti organisasi. Pada tingkat SMA, peneliti mengikuti OSIS. Selain aktif organisasi, peneliti juga beberapa kali mengikuti lomba pada bidang karya tulis ilmiah. Pada tingkat perguruan tinggi, peneliti aktif mengikuti beberapa kegiatan di dalam kampus dan luar kampus. Di dalam kampus, terlibat dalam Himpunan Mahasiswa Program Studi (HMPS) “Integral Matematika” selama dua periode. Kegiatan di luar kampus yang pernah diikuti seperti mengikuti *workshop* dan menjadi volunteer di beberapa komunitas, salah satunya yaitu “Tameem Care”. Peneliti juga pernah magang di BMKG Klimatologi Kelas IV Yogyakarta pada bidang “Data dan Informasi”.



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 : Alisa Salsabila  
NIM : 200601110033  
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika  
Judul Skripsi : Penerapan Multidimensional *Scaling* pada Pemetaan di Daerah Istimewa Yogyakarta Berdasarkan Faktor Penentu Curah Hujan  
Pembimbing I : Dr. Fachrur Rozi, M.Si.  
Pembimbing II : Erna Herawati, M.Pd.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	8 September 2023	Konsultasi Topik dan Data	1. <i>Fp</i>
2.	24 Oktober 2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	2. <i>Fp</i>
3.	31 Oktober 2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	3. <i>Fp</i>
4.	18 Desember 2023	ACC Bab I, II, dan III	4. <i>Fp</i>
5.	20 Desember 2023	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	5. <i>Rae</i>
6.	21 Desember 2023	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6. <i>Rae</i>
7.	15 Januari 2024	ACC Seminar Proposal	7. <i>Fp</i>
8.	23 April 2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8. <i>Fp</i>
9.	8 Mei 2024	Konsultasi Bab IV dan V	9. <i>Fp</i>
10.	15 Mei 2024	ACC Bab IV dan V	10. <i>Fp</i>
11.	16 Mei 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	11. <i>Rae</i>
12.	17 Mei 2024	ACC Kajian Agama Bab IV	12. <i>Rae</i>
13.	20 Mei 2024	ACC Seminar Hasil	13. <i>Fp</i>
14.	10 Juni 2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	14. <i>Fp</i>



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

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

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
15.	13 Juni 2024	ACC Sidang Skripsi	15.
16.	26 Juni 2024	ACC Keseluruhan	16.

Malang, 26 Juni 2024

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Ely Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005