

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xvi</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Tinjauan Pustaka	3
1.5. Metodologi Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	7
<b>II LANDASAN TEORI</b>	<b>8</b>
2.1. Himpunan	8
2.1.1. Operasi Himpunan	9
2.2. Vektor	13
2.3. Matriks	14
2.3.1. Operasi Matriks	15
2.3.2. Jenis Matriks	19
2.4. Probabilitas Bersyarat	21
2.5. Aturan Bayes	22
2.6. Variabel Random	22
2.7. Harga Harapan	24
2.8. Variansi dan Kovariansi	25
2.9. Distribusi Normal	27
2.10. Distribusi t	27
2.11. Divergensi Kullback Leibler	27

2.12. Probabilitas Bersama . . . . .	28
2.12.1. Probabilitas Bersama Diskret . . . . .	28
2.12.2. Probabilitas Bersama Kontinu . . . . .	28
2.13. Analisis Multivariat . . . . .	29
2.13.1. <i>Mean</i> Sampel . . . . .	30
2.13.2. Variansi, Kovariansi, dan Korelasi Sampel . . . . .	31
2.13.3. Ukuran Jarak Euclidean . . . . .	31
2.14. Analisis Klaster . . . . .	32
2.14.1. Metode Analisis Klaster . . . . .	33
2.14.2. Evaluasi Hasil Klaster . . . . .	34
2.14.3. <i>Average Silhouette Score</i> . . . . .	35
2.14.4. Indeks Davies Bouldin . . . . .	39
2.15. <i>Outlier</i> . . . . .	42
<b>III METODE PENELITIAN . . . . .</b>	<b>43</b>
3.1. Reduksi Dimensi Menggunakan t-SNE . . . . .	43
3.1.1. Algoritma t-SNE . . . . .	48
3.2. Konsep Dasar Klastering Berbasis Kepadatan . . . . .	50
3.3. <i>Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise</i> . . . . .	53
3.3.1. Algoritma DBSCAN . . . . .	54
3.3.2. Simulasi Algoritma DBSCAN . . . . .	57
3.3.3. Penentuan Parameter $\varepsilon$ dan <i>MinPts</i> . . . . .	67
<b>IV STUDI KASUS . . . . .</b>	<b>69</b>
4.1. Deskripsi Data . . . . .	69
4.1.1. Variabel <i>Longitude</i> . . . . .	70
4.1.2. Variabel <i>Latitude</i> . . . . .	70
4.1.3. Variabel <i>Magnitude</i> . . . . .	70
4.1.4. Variabel <i>Depth</i> . . . . .	71
4.2. Pengecekan <i>Outlier</i> . . . . .	72
4.2.1. Data Tahun 2019 . . . . .	72
4.2.2. Data Tahun 2020 . . . . .	73
4.2.3. Data Tahun 2021 . . . . .	74
4.2.4. Data Tahun 2022 . . . . .	75
4.2.5. Data Tahun 2023 . . . . .	76
4.3. Korelasi Antarvariabel . . . . .	76
4.3.1. Data Tahun 2019 . . . . .	77
4.3.2. Data Tahun 2020 . . . . .	77

4.3.3.	Data Tahun 2021 . . . . .	78
4.3.4.	Data Tahun 2022 . . . . .	79
4.3.5.	Data Tahun 2023 . . . . .	79
4.4.	Aplikasi DBSCAN Tanpa Reduksi Dimensi . . . . .	80
4.4.1.	Data Tahun 2019 . . . . .	80
4.4.2.	Data Tahun 2020 . . . . .	81
4.4.3.	Data Tahun 2021 . . . . .	83
4.4.4.	Data Tahun 2022 . . . . .	84
4.4.5.	Data Tahun 2023 . . . . .	86
4.5.	Aplikasi DBSCAN dengan Reduksi Dimensi t-SNE . . . . .	87
4.5.1.	Data Tahun 2019 . . . . .	88
4.5.2.	Data Tahun 2020 . . . . .	89
4.5.3.	Data Tahun 2021 . . . . .	91
4.5.4.	Data Tahun 2022 . . . . .	92
4.5.5.	Data Tahun 2023 . . . . .	94
4.6.	Perbandingan Kinerja . . . . .	95
4.7.	Karakteristik Hasil Klastering . . . . .	96
4.7.1.	Data Tahun 2019 . . . . .	97
4.7.2.	Data Tahun 2020 . . . . .	100
4.7.3.	Data Tahun 2021 . . . . .	102
4.7.4.	Data Tahun 2022 . . . . .	106
4.7.5.	Data Tahun 2023 . . . . .	108
<b>V</b>	<b>PENUTUP . . . . .</b>	<b>112</b>
5.1.	Kesimpulan . . . . .	112
5.2.	Saran . . . . .	113
	<b>DAFTAR PUSTAKA . . . . .</b>	<b>114</b>
	<b>LAMPIRAN DATA GEMPA . . . . .</b>	<b>117</b>
	<b>LAMPIRAN DATA HASIL STANDARISASI . . . . .</b>	<b>119</b>
	<b>LAMPIRAN DATA HASIL REDUKSI DIMENSI t-SNE . . . . .</b>	<b>122</b>
	<b>LAMPIRAN DESKRIPSI KLASER . . . . .</b>	<b>125</b>
	<b>LAMPIRAN SKRIP PROGRAM . . . . .</b>	<b>141</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Data Multivariat . . . . .	30
2.2	Koordinat Titik untuk Contoh <i>Average Silhouette Score</i> . . . . .	36
2.3	$a(i)$ Klaster 1 . . . . .	37
2.4	$a(i)$ Klaster 2 . . . . .	37
2.5	$a(i)$ Klaster 3 . . . . .	37
2.6	$b(i)$ Klaster 1 dengan Klaster 2 . . . . .	37
2.6	$b(i)$ Klaster 1 dengan Klaster 2 . . . . .	38
2.7	$b(i)$ Klaster 2 dengan Klaster 1 . . . . .	38
2.8	$b(i)$ Klaster 3 dengan Klaster 2 . . . . .	38
2.9	Hasil $s(i)$ . . . . .	38
2.10	Koordinat Titik dari 3 Klaster untuk Contoh Indeks Davies Bouldin	40
2.10	Koordinat Titik dari 3 Klaster untuk Contoh Indeks Davies Bouldin	41
2.11	Hasil $S_i$ dari Setiap Klaster . . . . .	41
2.12	$d_{ij}$ Antarklaster . . . . .	41
2.13	$R_{ij}$ Antarklaster . . . . .	42
4.1	Jumlah Data Sebelum dan Setelah Disaring . . . . .	70
4.2	Perbandingan Kinerja DBSCAN dan t-SNE DBSCAN . . . . .	96

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Irisan Himpunan . . . . .	9
2.2	Gabungan Himpunan . . . . .	10
2.3	Selisih Himpunan . . . . .	11
2.4	Komplemen Himpunan . . . . .	12
2.5	Irisan Himpunan . . . . .	12
2.6	Ukuran Jarak dengan Teorema Pythagoras . . . . .	32
2.7	Tiga Klaster pada Bidang Koordinat Kartesius untuk Contoh <i>Average Silhouette Score</i> . . . . .	36
2.8	Tiga Klaster pada Bidang Koordinat Kartesius untuk Contoh Indeks Davies Bouldin . . . . .	40
3.1	Diagram Alir Algoritma t-SNE . . . . .	49
3.2	Jenis Lingkaran, Valeti (2021) . . . . .	50
3.3	<i>Directly Density-Reachable</i> , Ester et al. (1996) . . . . .	51
3.4	<i>Directly-Reachable</i> dan <i>Directly-Connected</i> , Ankerst et al. (1999) . . . . .	52
3.5	Diagram Alir DBSCAN . . . . .	56
3.6	Titik pada Simulasi DBSCAN . . . . .	57
3.7	Permulaan Simulasi DBSCAN . . . . .	58
3.8	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat B . . . . .	59
3.9	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat D . . . . .	60
3.10	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat C . . . . .	61
3.11	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat E . . . . .	62
3.12	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat F . . . . .	62
3.13	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat G . . . . .	63
3.14	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat H . . . . .	64
3.15	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat J . . . . .	65
3.16	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat I . . . . .	65
3.17	Pencarian Titik Tetangga untuk Titik Pusat K . . . . .	66
3.18	Hasil Akhir Simulasi Klastering Menggunakan DBSCAN . . . . .	67
4.1	Diagram Alir Alur Studi Kasus . . . . .	69
4.2	<i>Boxplot</i> Data Tahun 2019 . . . . .	72
4.3	<i>Boxplot</i> Data Tahun 2020 . . . . .	73

4.4	<i>Boxplot</i> Data Tahun 2021 . . . . .	74
4.5	<i>Boxplot</i> Data Tahun 2022 . . . . .	75
4.6	<i>Boxplot</i> Data Tahun 2023 . . . . .	76
4.7	Korelasi Variabel Tahun 2019 . . . . .	77
4.8	Korelasi Variabel Tahun 2020 . . . . .	77
4.9	Korelasi Variabel Tahun 2021 . . . . .	78
4.10	Korelasi Variabel Tahun 2022 . . . . .	79
4.11	Caption . . . . .	79
4.12	<i>K-distance Plot</i> Data Tahun 2019 . . . . .	80
4.13	Hasil Klastering DBSCAN Data Tahun 2019 . . . . .	81
4.14	<i>K-distance Plot</i> Data Tahun 2020 . . . . .	82
4.15	Hasil Klastering DBSCAN Data Tahun 2020 . . . . .	82
4.16	<i>K-distance Plot</i> Data Tahun 2021 . . . . .	83
4.17	Hasil Klastering DBSCAN Data Tahun 2021 . . . . .	84
4.18	<i>K-distance Plot</i> Data Tahun 2022 . . . . .	85
4.19	Hasil Klastering DBSCAN Data Tahun 2022 . . . . .	85
4.20	<i>K-distance Plot</i> Data Tahun 2023 . . . . .	86
4.21	Hasil Klastering DBSCAN Data Tahun 2023 . . . . .	87
4.22	<i>K-distance Plot</i> pada Data t-SNE Tahun 2019 . . . . .	88
4.23	Hasil Klastering DBSCAN pada Data Gempa Hasil t-SNE Tahun 2019 . . . . .	89
4.24	<i>K-distance Plot</i> pada Data t-SNE Tahun 2020 . . . . .	90
4.25	Hasil Klastering DBSCAN pada Data Gempa Hasil t-SNE Tahun 2020 . . . . .	90
4.26	<i>K-distance Plot</i> pada Data t-SNE Tahun 2021 . . . . .	91
4.27	Hasil Klastering DBSCAN pada Data Gempa Hasil t-SNE Tahun 2021 . . . . .	92
4.28	<i>K-distance Plot</i> pada Data t-SNE Tahun 2022 . . . . .	93
4.29	Hasil Klastering DBSCAN pada Data Gempa Hasil t-SNE Tahun 2022 . . . . .	93
4.30	<i>K-distance Plot</i> pada Data t-SNE Tahun 2023 . . . . .	94
4.31	Hasil Klastering DBSCAN pada Data Gempa Hasil t-SNE Tahun 2023 . . . . .	95
4.32	Proyeksi Hasil Klastering Data Gempa Tahun 2019 pada Peta . . . .	97
4.33	Proyeksi Hasil Klastering Data Gempa Tahun 2020 pada Peta . . . .	100
4.34	Proyeksi Hasil Klastering Data Gempa Tahun 2021 pada Peta . . . .	103
4.35	Proyeksi Hasil Klastering Data Gempa Tahun 2022 pada Peta . . . .	106

4.36 Proyeksi Hasil Klastering Data Gempa Tahun 2023 pada Peta . . . . 108