

SKRIPSI

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-MEANS* *CLUSTERING* UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
pada Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi



Disusun Oleh:

INES PUTRI OKTOVIANI
2021D1E024

**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2024/2025**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-MEANS*
CLUSTERING UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI
JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT**

Disusun Oleh:

INES PUTRI OKTOVIANI

2021D1E024

Mataram, 29 Juni 2025

Pembimbing 1



Fitri Astutik, S.T., M.T

Pembimbing 2

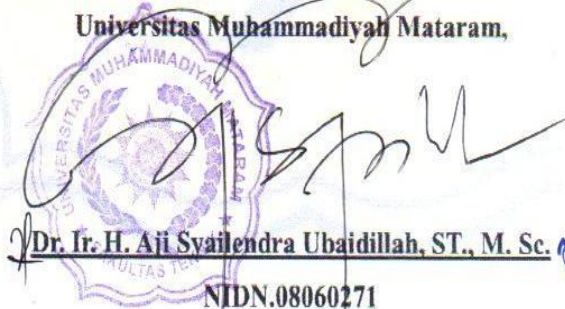


Nani Sulistianingsih, S.Kom., M.Eng

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram,


Dr. Ir. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M. Sc.
NIDN.08060271

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-MEANS*
***CLUSTERING* UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI**
JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT

Disusun Oleh:

INES PUTRI OKTOVIANI

2021D1E024

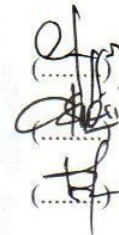
Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada Hari/Tanggal: Mataram, 8 Agustus 2025

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Anggreini, S.T., MT
2. Penguji II : Fitri Astutik, S.T., M.T
3. Penguji III : Nani Sulistianingsih, S.Kom., M.Eng



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



Dr. Ir. H. Aji Svailendra Ubaidillah, ST., M. Sc.
NIDN.0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“ ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-MEANS* CLUSTERING UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini dan disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti di kemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya serta bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

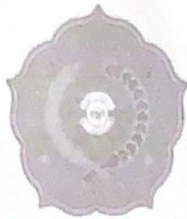
Mataram, 2025

Yang Membuat Pernyataan



Ines Putri Oktoviani

NIM.2021D1E024



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : INES PUTRI OKTOVIANI
NIM : 202101E024
Tempat/Tgl Lahir : Dampu, 30 Oktober 2004
Program Studi : SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
Fakultas : Teknik
No. Hp : 082247143796
Email : Rinioktovianiner@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA K-MEANS
CLUSTERING UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI
JAGUNE DI NUSA TENGGARA BARAT

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 10%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 1 September 2025
Penulis



NIM. 202101E024

Mengetahui
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.unmm.ac.id> E-mail : perpustakaan@unmm.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : INES PUTRI OKTOYANI
NIM : 202101E024
Tempat/Tgl Lahir : DUMPU, 30 Oktober 2004
Program Studi : SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 082 247143796
Jenis Penelitian : ☒ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING
UNTUK PEMETAAN WILAYAH HASIL PRODUKSI JAGUNG
DI NUSA TENGGARA BARAT

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 1 September 2025
Penulis



NIM. 202101E024

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 080204890

MOTTO

"Setiap mimpi memiliki waktunya sendiri untuk mekar. Tidak perlu membandingkan diri dengan orang lain, karena perjuangan dan proses kita unik. Yang terpenting adalah tetap berjalan, meski langkah itu kecil, sebab setiap langkah membawa kita lebih dekat pada tujuan."

"Rasa sakit dan luka yang kita hadapi hari ini bukanlah akhir, melainkan bagian dari perjalanan menuju kekuatan. Sama seperti badai yang selalu berakhir, setiap kesulitan pun akan berlalu, menyisakan diri kita yang lebih kuat dan lebih bijak."

– Terinspirasi dari It's Okay to Not Be Okay

"Maka apabila engkau telah selesai dari suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap." (QS. Al-Insyirah: 7-8)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, memudahkan dan meridhoi peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat kelulusan mahasiswa Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dorongan dan bimbingan dari semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Drs.Abdul Wahab, MA selaku rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Ir. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc. selalu dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Nani Sulistianingsih, S.Kom.,M.Eng selaku Ketua Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Fitri Astutik, ST.,MT selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan dorongan dan arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Nani Sulistianingsih, S.Kom.,M.Eng selaku dosen pembimbing II yang juga bersedia meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan arahan dan membimbing peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen luar biasa Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang berharga serta luar biasa.
7. Ayah hebat Abdullah dan ibu luar biasa Siti Rahmawati yang menjadi support sistem terbaik dan alasan utama penulis menyelesaikan skripsi. Terima kasih atas cinta tanpa syarat, doa yang tak pernah putus, serta penuh perjuangan yang tak terlihat namun selalu terasa. Segala pencapaian ini adalah buah dari

pengorbanan dan kasih sayang yang tak ternilai. Semoga kelak penulis mampu membalas walau tak sebanding dengan segala yang telah diberikan.

8. Serta adik saya tercinta Almarhum Fahri Abi Manyu, yang meskipun telah berpulang lebih dulu, tetap menjadi bagian dari semangat dan doa dalam setiap langkah penulis. Kenangan bersamamu menjadi kekuatan tersendiri yang menguatkan hati dalam proses ini. Semoga segala pencapaian ini sampai padamu sebagai doa dan wujud cinta yang tak pernah padam.
9. Ainun Risma Havva Putri, yang sekarang menjadi saudara satu-satu nya yang tercinta yang selalu menjadi sumber keceriaan dan semangat, yang selalu bertanya “kapan pulang”, pertanyaan yang membuat penulis semangat dalam menyelesaikan skripsi.
10. Kepada keluarga besar saya, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan cinta tanpa syarat. Terima kasih atas setiap perhatian, semangat, serta kebersamaan yang tak ternilai harganya. Kehangatan dan kebersamaan keluarga besar adalah pelipur lelah dan penguat hati penulis dalam menyelesaikan setiap proses dalam penelitian ini. Semoga keberkahan dan kasih sayang Allah senantiasa menyertai kita semua.
11. Bibi kecil saya Nurhayati yang kebaikan nya begitu luar biasa dalam proses penulis yang selalu ada saat penulis sedih, bahagia, maupun saat penulis dalam keadaan sakit terima kasih tak terhingga penulis ucapkan.
12. Sahabat-sahabat saya Putri Ramadoan, Utari Ardita, dan Nurul Rahmatia dan Novianti yang setiap hari menemani perjalanan penulis dalam menyelesaikan studi dan skripsi.
13. Kepada diri saya sendiri, terima kasih telah bertahan sejauh ini. Terima kasih telah melewati rasa lelah, ragu, dan jatuh berulang kali, namun tetap memilih untuk bangkit dan melanjutkan. Untuk setiap malam begadang, setiap air mata yang jatuh diam-diam, dan setiap doa yang dipanjatkan dalam sunyi semuanya adalah bukti bahwa saya mampu. Semoga langkah ini menjadi pengingat bahwa saya layak untuk bangga, dan pencapaian ini adalah awal dari perjalanan yang lebih besar ke depan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis akan menerima saran dan kritik yang membangun. Terlepas dari itu semua, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh..

Mataram, 6 Agustus 2025

Ines Putri Oktoviani



ABSTRAK

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan komoditas strategis di Indonesia yang berperan penting sebagai sumber pangan dan pakan ternak. Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) menjadi salah satu sentra produksi jagung terbesar, namun produktivitas antarwilayah masih berbeda signifikan akibat faktor seperti curah hujan, luas panen, dan serangan hama. Analisis berbasis data diperlukan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan potensi produksi agar strategi pengelolaan pertanian lebih efektif.

Penelitian ini bertujuan memetakan wilayah produksi jagung di NTB menggunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengidentifikasi klaster dengan potensi tinggi, sedang, dan rendah. Data sekunder berasal dari BPS, BMKG, dan BPTP NTB mencakup luas panen, produksi, produktivitas, curah hujan, dan serangan hama selama 2001–2023. Tahapan meliputi pra-pemrosesan data (penanganan missing value dengan rata-rata, penghapusan duplikat, normalisasi *Min-Max*), seleksi fitur menggunakan korelasi Pearson, reduksi dimensi dengan PCA, penerapan *K-Means*, serta evaluasi menggunakan *Silhouette Score* dan *Davies-Bouldin Index*.

Hasil analisis menunjukkan tiga klaster optimal ($k=3$): produksi tinggi (Kabupaten Bima, Dompu, Sumbawa), sedang (Sumbawa Barat, Lombok Timur), dan rendah (Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Utara, Kota Bima, Kota Mataram). Nilai *Silhouette Score* 0,76 dan DBI 0,32 menunjukkan kualitas klaster baik. Hasil ini dapat menjadi dasar strategi peningkatan produksi jagung dan distribusi bantuan tepat sasaran.

Kata kunci: *K-Means Clustering*, Jagung, Nusa Tenggara Barat, Data Mining, Pemetaan Wilayah.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a vital commodity in Indonesia, crucial for human consumption and animal feed. The province of West Nusa Tenggara (NTB) is a prominent center for corn production. Nonetheless, productivity across regions exhibits considerable variation due to precipitation, cultivated area, and pest infestations. A study grounded in data is essential for categorizing regions according to their production potential, thereby enhancing the efficacy of agricultural management measures.

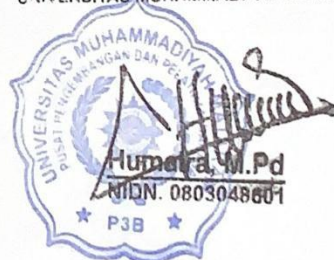
This study aims to map corn production areas in NTB using the K-Means Clustering algorithm to identify high, medium, and low potential clusters. Secondary data from BPS, BMKG, and BPTP NTB covers harvest area, production, productivity, rainfall, and pest attacks during 2001–2023. The stages included data pre-processing (handling missing values with averages, removing duplicates, and Min-Max normalization), feature selection using Pearson correlation, dimension reduction with PCA, K-Means application, and evaluation using Silhouette Score and Davies-Bouldin Index.

The analysis results show three optimal clusters ($k=3$): high production (Bima, Dompu, Sumbawa districts), medium (West Sumbawa, East Lombok), and low (West Lombok, Central Lombok, North Lombok, Bima City, Mataram City). The Silhouette Score value of 0.76 and DBI of 0.32 indicate good cluster quality. These results can be used as a basis for strategies to increase corn production and distribute aid to the right targets.

Keywords: K-Means Clustering, Corn, West Nusa Tenggara, Data Mining, Regional Mapping.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM _____

KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR KEASLIAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASME.....	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI ILMIAH.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.2 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2.1. Analisis.....	7
2.2.2. Implementasi	15
2.2.3. Jagung	16
2.2.4. Nusa Tenggara Barat	18

2.2.5. Google Collab	19
2.2.6. Phytton	20
2.2.7. Tableau.....	20
2.2.8. Data Mining	20
2.2.9. <i>K-Means Clustering</i>	22
2.2.10 Normalisasi	24
2.2.11 Seleksi Fitur	25
2.2.12 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	26
2.2.13 Evaluasi Model (Davies-Bouldin Index (DBI)) dan Sihoutte Score)	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1. Lokasi Penelitian	30
3.2. Objek Penelitian	30
3.3. Waktu Penelitian.....	31
3.4. Alat dan Instrumen Penelitian	32
3.5. Sumber Data	32
3.6 Rancangan Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Data Penelitian.....	46
4.1.1. Data Produksi Jagung dari Badan Pusat Statistik (BPS).....	45
4.1.2. Data Iklim Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)	47
4.1.3. Data Serangan Hama Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB	51

4.2 Integrasi Data.....	52
4.2.1 Pra-Pemrosesan Data dan Pembersihan Data.....	54
4.2.2 Identifikasi dan Penaungan Missing Value	54
4.2.3 Penghapusan Data Duplikat	62
4.2.4 Transformasi.....	63
4.2.6 Normalisasi.....	67
4.3. Seleksi Fitur Method.....	70
4.3.1. Metode Seleksi Fitur Filter Method dengan Koefisien Korelasi.	70
4.3.2. Proses Seleksi Fitur Koefisien Korelasi.....	70
4.3.3. Reduksi Dimenensi Pricipal Component Analysis (PCA)	74
4.4. Penentuan Jumlah Kluster.....	77
4.4.1 Elbow.....	77
4.5. Visualisasi dan Analisis Hasil Kluster.....	78
4.5.1. Tableau	84
4.6. Evaluasi dan Interpretasi.....	85
4.6.1. Silhoutte Score.....	86
4.6.3. Analisis Hasil	87
4.7. Pemetaan Wilayah Produksi Jagung	87
4.8. Insight Tren Produktivitas Jagung.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	31
Tabel 3.1 Jenis Data Dari BPJS	35
Tabel 3.2 Jenis Data Dari BPTP	36
Tabel 3.3 Jenis Data dari BMKG.....	36
Tabel 4.1 Dataset Produksi Jagung dari BPS	46
Tabel 4.2 Data BMKG.....	52
Tabel 4.3 Data dari BPTP	52
Tabel 4.4 Gabungan Data BMKG, BPS, dan BPTP	52
Tabel 4.5 Gabungan Integrasi.....	53
Tabel 4.6 Sebelum Isi Missing	57
Tabel 4.7 Setelah Isi Missing Value	60
Tabel 4.9 Data Setelah di Transformasi.....	65
Tabel 4.10 Setelah Menggunakan <i>Min-Max Scaling</i>	67
Tabel 4.13 Uji Korelasi Setiap Fitur	71
Tabel 4.14 Fitur Lolos Seleksi.....	72
Tabel 4.15 Fitur yang di Eliminasi	72
Tabel 4.18 Sebelum Melakukan PCA	74
Tabel 4.18 Fitur Terpilih.....	75
Tabel 4.19 Kolom PC1 dan PC2.....	76
Tabel 4.20 Visualisasi Cluster PCA pada Tabel	76
Tabel 4.21 Hasil Produksi Jagung per Kluster.....	79
Tabel 4.22 Karakteristik Wilayah.....	81
Tabel 4.23 Pembagian Kluster.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Cara Kerja <i>K-Means</i>	23
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	34
Gambar 4.3 Grafik Elbow	77
Gambar 4.5.1 Pemetaan Wilayah Produksi Jagung.....	84
Gambar 4.3 Hasil Klustering menggunakan $K=3$	85
Gambar 4.4 Grafik Silhoutte Score	86
Gambar 4.5 Grafik Davies-Bouldin Index	87

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertanian jagung di Indonesia merupakan sektor strategis yang memainkan peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional serta penyediaan bahan baku industri pakan ternak. Jagung (*Zea mays L.*) sebagai salah satu tanaman sereal utama, berfungsi tidak hanya sebagai pangan pokok kedua setelah padi, tetapi juga sebagai komoditas penting dalam mendukung nilai tambah agribisnis nasional (Fitrawati & Mais Ilsan 2023). Produksi jagung nasional tersebar di berbagai provinsi dengan karakteristik yang beragam, namun konsentrasi produksi tertinggi terdapat di beberapa wilayah sentra, seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Nusa Tenggara Barat (NTB) yang termasuk produsen jagung terbesar di Indonesia. Jawa Timur menempati posisi terdepan dengan luas lahan panen lebih dari 700 ribu hektar dan produksi mendekati 4,5 juta ton. Jawa Tengah menyusul dengan produksi sekitar 2,5 juta ton. Sementara itu, NTB memiliki peranan yang signifikan dengan luas panen sekitar 177 ribu hektar dan produksi lebih dari 1,6 juta ton pada tahun 2023. Kabupaten-kabupaten seperti Bima, Dompu, dan Sumbawa merupakan pusat produksi utama yang memberikan kontribusi vital terhadap ekonomi pertanian di wilayah tersebut (Salelua & Maryam, 2018). Pengembangan budidaya jagung di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan yang kompleks, termasuk fluktuasi iklim yang menyebabkan ketidakpastian hasil panen, serangan hama dan penyakit, fluktuasi harga pasar, serta keterbatasan akses petani terhadap teknologi dan informasi agribisnis. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah melalui Kementerian Pertanian dan lembaga terkait mengimplementasikan berbagai program inovasi, seperti program PIJAR (Integrasi Sapi-Jagung-Rumput Laut), yang bertujuan mendorong adopsi teknologi benih unggul serta praktik pertanian modern guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani jagung. Dari segi *agronomi*, pengelolaan jagung memerlukan perencanaan yang komprehensif, mulai dari pemilihan varietas unggul, pengolahan tanah yang optimal, pemupukan yang tepat, hingga pengendalian hama dan penyakit

secara terpadu. Pendekatan agroekologi dan diversifikasi usaha tani diharapkan dapat memperkuat ketahanan sistem produksi jagung terhadap dampak perubahan iklim dan mendukung keberlanjutan produksi nasional (Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian, 2020). Selain itu, lebih dari 70% konsumsi jagung nasional digunakan sebagai bahan baku pakan, termasuk pakan unggas, sapi perah, dan babi. Pertanian jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan regional maupun nasional serta memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian lokal. NTB dikenal sebagai salah satu sentra produksi jagung utama di Indonesia dengan kapasitas produksi yang relatif besar dan stabil, khususnya dalam memenuhi kebutuhan bahan baku pakan ternak yang berkembang pesat, seperti unggas dan sapi potong (Arifin et al., 2024).

Produksi jagung di NTB tetap memiliki tren stabil dalam beberapa tahun terakhir. Data Badan Pusat Statistik NTB menunjukkan bahwa pada 2023, produksi jagung pipilan kering dengan kadar air 14% mencapai sekitar 1,28 juta ton dari luas panen 179,03 ribu hektare. Angka ini memang turun sekitar 9,91% dibandingkan tahun sebelumnya, namun NTB tetap berada dalam posisi sebagai salah satu sentra jagung nasional yang signifikan (Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian 2024). Sementara itu, menurut penelitian akademik, luas panen dan produksi jagung di NTB mengalami peningkatan signifikan, khususnya sejak digulirkannya program pemerintah seperti PIJAR dan Upsus Pajale, yang mendorong minat petani untuk terus mengembangkan usaha taninya (Sukardi et al., 2023). Berdasarkan Kementerian Pertanian tahun 2020, kebutuhan jagung untuk pakan nasional diproyeksikan mencapai lebih dari 10 juta ton per tahun, dengan sebagian besar pasokan berasal dari provinsi NTB. Selain peranannya dalam sektor pangan dan pakan, jagung di NTB juga dimanfaatkan sebagai komoditas unggulan untuk pengembangan bioenergi, terutama bioetanol, yang selaras dengan upaya pemerintah mendukung transisi energi hijau nasional. Kondisi agroklimat khas pertanian kering di NTB memberikan keunggulan dalam

produksi jagung sebagai bahan baku *biofuel* yang potensial. Selain itu, peningkatan permintaan ekspor jagung non-GMO dan produk turunannya turut memperkuat peran NTB sebagai penyumbang nilai tambah ekonomi daerah sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan (Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian 2024). Dengan demikian, sektor pertanian jagung di NTB tidak hanya berfungsi sebagai penyokong kebutuhan pangan dan pakan, tetapi juga menjadi komoditas strategis dalam mendukung diversifikasi ekonomi dan pengembangan inovasi energi terbarukan di tingkat regional dan nasional.

Jagung (*Zea mays*) merupakan komoditas strategis yang memiliki peran penting sebagai sumber pangan dan bahan baku industri pakan ternak, khususnya di wilayah agraris seperti Indonesia. Sejalan dengan peran tersebut, pemahaman tentang karakteristik produksi dan kualitas jagung di berbagai daerah menjadi sangat penting untuk mendukung pengambilan kebijakan yang tepat sasaran. Dalam konteks ini, metode analisis klaster seperti *K-Means clustering* banyak digunakan untuk memetakan dan mengelompokkan wilayah berdasarkan data produksi, kualitas, dan karakteristik agronomis jagung. Salah satu studi relevan yang dilakukan oleh C. Sujana et al. sekitar 4,5 tahun lalu memanfaatkan *K-Means* untuk memetakan wilayah di Kabupaten Lampung Selatan berdasarkan luas panen dan hasil produksi jagung. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknik klasterisasi efektif dalam mengidentifikasi daerah dengan potensi produksi jagung tinggi maupun rendah, yang dianalisis dari segi *fitur geografis* dan *agronomis* (Aldino et al., 2021). Selaras dengan temuan tersebut (Simangunsong et al., 2022) juga menerapkan metode *K-Means clustering* untuk mengelompokkan wilayah produksi jagung di Jawa Tengah berdasarkan data produksi dan luas panen. Hasil penelitian mereka memberikan gambaran yang lebih terperinci mengenai distribusi potensi produksi secara spasial yang berbeda-beda (Simangunsong et al., 2022). Dengan demikian, pendekatan klasterisasi tidak hanya membantu dalam segmentasi wilayah produksi jagung, tetapi juga menjadi dasar penting dalam analisis kualitas jagung yang lebih komprehensif dan terintegrasi.

Sebagai tolak ukur efektivitas algoritma *K-Means* dalam pemetaan wilayah produksi jagung, sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang beragam baik dari sisi akurasi maupun kualitas klaster yang dihasilkan. Penelitian oleh (Destama et al., 2024) dalam judul “Penerapan Metode *K-Means Clustering* untuk Pemetaan Pengelompokan Lahan Produksi Jagung di Kabupaten Pasuruan” mencatat tingkat akurasi sebesar 39,17% terhadap data validasi dari instansi terkait. Studi tersebut menggunakan tiga klaster (rendah, sedang, tinggi) berdasarkan volume produksi jagung dari 120 titik wilayah. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun metode *K-Means* sederhana dan populer, akurasinya masih dipengaruhi oleh keterbatasan pemilihan fitur dan variabilitas data wilayah. Disisi lain (Tendean & Purba, 2020) menerapkan algoritma *K-Means clustering* untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan data produksi bahan pangan utama. Pengelompokan ini membagi provinsi menjadi tiga klaster berdasarkan intensitas produksi (tinggi, sedang, rendah) dan memberikan pemahaman spasial yang informatif. Pendekatan ini membantu pemerintah dalam merancang kebijakan pangan yang lebih efisien dan sesuai dengan karakteristik daerah masing-masing.

Dengan mempertimbangkan kondisi pertanian jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang masih menghadapi berbagai kendala signifikan, seperti ketidakmerataan distribusi produktivitas antar wilayah, fluktuasi curah hujan yang berdampak pada hasil panen, serta tingkat serangan hama dan penyakit yang masih tinggi di beberapa kawasan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi pemetaan wilayah dengan hasil kualitas produksi jagung terbaik berbasis algoritma *K-Means Clustering*. Pendekatan analisis terhadap variabel-variabel penentu seperti curah hujan, suhu, kelembapan, luas panen, produktivitas, dan tingkat serangan hama diharapkan dapat mengelompokkan wilayah-wilayah produksi jagung di NTB ke dalam kategori yang lebih terstruktur dan representatif. Penerapan metode ini juga diharapkan menghasilkan visualisasi spasial yang informatif, sehingga mempermudah pemangku kebijakan dalam mengidentifikasi daerah prioritas, merancang distribusi bantuan yang tepat sasaran, serta menyusun strategi peningkatan

produksi jagung yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi agroklimat setempat. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan metodologi pemetaan, tetapi juga memberikan solusi konkret terhadap permasalahan nyata yang dihadapi oleh sektor pertanian jagung di NTB.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang diatas maka peneliti dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengelompokkan wilayah produksi jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*?
2. Berapa jumlah klaster optimal yang dapat merepresentasikan perbedaan potensi produksi jagung di wilayah Nusa Tenggara Barat secara signifikan?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis dan mengelompokkan data produksi jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*, sehingga dapat mengidentifikasi pola dan karakteristik wilayah berdasarkan potensi produksi jagung yang berbeda.
2. Menentukan jumlah klaster optimal dan mengidentifikasi wilayah-wilayah di Nusa Tenggara Barat yang memiliki potensi produksi jagung dengan kategori tinggi, sedang, dan rendah. Kategori tersebut ditetapkan secara kuantitatif berdasarkan hasil klasterisasi *K-Means*, di mana klaster dengan rata-rata produksi jagung tertinggi dikategorikan sebagai tinggi, klaster dengan rata-rata menengah sebagai sedang, dan klaster dengan rata-rata terendah sebagai rendah.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian berfokus pada analisis data produksi jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan rentang waktu 2001 hingga 2023 untuk data curah hujan dan produksi jagung sedangkan untuk data hama rentang Waktu 2013 hingga 2023. Data yang digunakan hanya mencakup komoditas jagung dan tidak termasuk komoditas pertanian lainnya, serta

dilakukan penanganan *missing value* melalui metode rata-rata (*mean*) agar hasil analisis lebih akurat.

2. Metode *K-Means Clustering* digunakan pada penelitian ini untuk menganalisis data pengelompokan wilayah produksi jagung tanpa membandingkan metode lain.
3. Data yang digunakan berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), serta Dinas Pertanian Provinsi NTB, dan BPTP NTB dengan data variabel hama daari tahun 2014-2024, tanpa memasukkan data dari sumber lain.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan komoditas pangan strategis kedua setelah padi di Indonesia, serta berperan penting sebagai bahan baku pakan ternak dan bioenergi. Di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), jagung mendominasi sektor pertanian, didukung oleh kondisi iklim kering dan pemanfaatan lahan yang optimal. Selama periode 2001–2021, terjadi peningkatan signifikan pada produksi dan luas panen jagung, dengan *tren* kenaikan luas tanam hampir tiga hingga empat kali lipat di Kabupaten Sumbawa, Dompu, dan Bima (Shafiani et al., 2020). Pada tahun 2021, produksi jagung di NTB mencapai sekitar 321.000 ton, meningkat dari 266.000 ton (Fauzan, 2023). Produktivitas jagung di NTB dipengaruhi oleh beberapa variabel krusial, antara lain curah hujan, serangan hama, luas panen, dan teknologi budidaya (Shafiani et al., 2020). Fluktuasi curah hujan dapat menyebabkan stres air pada tanaman dan meningkatkan risiko serangan penyakit. Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) tercatat sebagai ancaman utama dalam dekade terakhir, khususnya di Kabupaten Dompu dan pulau Lombok, dengan intensitas serangan yang tinggi (Sukardi et al., 2023). Sementara itu, penerapan varietas unggul seperti BISI-18 dan NK Perkasa, serta penggunaan pemupukan berimbang, telah berhasil meningkatkan produktivitas hingga 6–8 ton/ha. Kompleksitas interaksi berbagai variabel tersebut menjadikan analisis spasial hasil produksi jagung semakin menantang, sehingga diperlukan pendekatan sistematis berbasis data.

Metode *K-Means Clustering* sangat sesuai untuk pemetaan wilayah produksi jagung karena mampu mengelompokkan wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik, seperti variabel cuaca, luas panen, dan hasil produksi (Aldino et al., 2021). Metode ini telah sukses diterapkan untuk pemetaan kelayakan lahan jagung di Lampung Selatan, dan penelitian kombinasi *deep clustering neural network* menunjukkan kemampuan tinggi dalam menjelaskan variasi genetik dan lingkungan dalam jagung (Bai et al., 2025). Metode *K-Means*

Clustering merupakan salah satu teknik pengelompokan data non-hierarki yang banyak diterapkan dalam bidang pertanian untuk menganalisis dan memetakan potensi wilayah produksi. Algoritma ini bekerja dengan membagi data ke dalam beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kemiripan karakteristik, sehingga memudahkan identifikasi pola dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya pertanian. Dalam konteks pertanian, *K-Means* sering digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan atribut seperti luas lahan, produksi, produktivitas, serta faktor pendukung lain seperti kondisi tanah dan iklim. Misalnya, penerapan *K-Means* pada pemetaan potensi lahan pertanian di Kalimantan Selatan berhasil mengelompokkan lahan menjadi beberapa kategori potensi rendah, sedang, dan tinggi, yang sangat membantu dalam perencanaan pengembangan sektor pertanian (Potensi et al., 2023). Selain itu, metode ini juga digunakan untuk pemetaan wilayah produksi padi dengan mengelompokkan data luas panen dan produksi di tingkat kelurahan, sehingga mendukung kebijakan pengelolaan lahan dan distribusi hasil panen (Cahaya et al., 2024).

Proses algoritma *K-Means* meliputi penentuan jumlah *cluster* yang diinginkan, inisialisasi *centroid* secara acak, penghitungan jarak antara data dengan *centroid*, pengelompokan data berdasarkan jarak terdekat, dan pembaruan posisi *centroid* hingga konvergen. Validasi hasil *clustering* dilakukan dengan menggunakan metrik seperti *silhouette score* dan *Davies–Bouldin Index* untuk memastikan kualitas dan keakuratan pengelompokan (Muhammad Yamin Nurzaman & Nurina Sari, 2023). Keunggulan metode *K-Means* di bidang pertanian terletak pada kemudahan implementasi, kecepatan proses, serta kemampuannya dalam menangani data spasial dan non-spasial yang besar dan beragam. Selain itu, *K-Means* juga telah diterapkan dalam pengelompokan populasi petani untuk memahami distribusi tenaga kerja pertanian dan mendukung kebijakan agraria (Muhammad Yamin Nurzaman & Nurina Sari, 2023). Selain itu, *K-Means* dapat digunakan untuk analisis kesuburan tanah dan perencanaan irigasi dengan mengelompokkan lahan berdasarkan data kesuburan dan curah hujan, sehingga pengelolaan irigasi menjadi lebih efisien dan produktivitas pertanian dapat ditingkatkan (Mukhtar et al., 2024). Dengan

kemampuan tersebut, metode *K-Means* menjadi alat yang efektif dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data di sektor pertanian, khususnya dalam pemetaan wilayah produksi dan pengelompokan potensi lahan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Aldino et al., 2021) terhadap 120 wilayah jagung di Kabupaten Pasuruan, pembentukan 3 klaster menunjukkan validasi akurasi hanya 39,17 %, menunjukkan variabilitas dan kerumitan data yang tinggi . Sementara itu, studi nasional tahun 2020 yang meliputi provinsi-provinsi di Indonesia menggunakan tiga klaster berhasil merepresentasikan distribusi produksi pangan secara *komprehensif* . Hasil ini memperlihatkan bahwa meskipun metode *K-Means* sederhana, kualitas klaster sangat dipengaruhi oleh skala data, teknik normalisasi, dan validasi seperti *silhouette score* atau *Davies–Bouldin Index*. Tingkat akurasi penelitian sebelumnya (± 40 %) menggambarkan beberapa tantangan dalam analisis klaster, seperti sensitivitas terhadap nilai ekstrem dan pemilihan fitur yang kurang optimal . Oleh karena itu, beberapa studi menyarankan penerapan kombinasi metode, seperti *Principal Component Analysis* (PCA) untuk reduksi dimensi atau *deep clustering*, untuk menangani kompleksitas interaksi variabel cuaca dan produktivitas, serta memperbaiki validasi *cluster* . Pendekatan ini terbukti meningkatkan koherensi klaster dan meminimalkan kesalahan klasifikasi. Berikut adalah perbandingan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1: Perbandingan Penelitian Terdahulu

NO	Penulis	Tahun	Judul	Metodologi	Hasil/Kesimpulan
1.	Davantio Destama Karni Saputra	2024	Peneran metode <i>K-Means Clustering</i> untuk pemetaan pengelompokan lahan produksi jagung di kabupaten	Pra proses, peentuan kluster, <i>klustering k-means</i>	Hasil akurasi sistem pemetaan lahan produksi jagung di Kabupaten Pasuruan menunjukkan bahwa hanya 39.17%
2.	Christian Jodhy Silalahi, dkk	2022	Implementasi Metode <i>K-Means Clustering</i> Untuk Memetakan Daerah Potensial Penghasil Padi di Provinsi Sumatera Utara	Pengumpulan Data,Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Metode <i>K-Means</i> berhasil mengelompokkan daerah penghasil padi di Sumatera Utara menjadi tiga kluster: tinggi, sedang, dan rendah, dengan rata-rata kluster C1: (255,1323), C2: (110,6107), dan C3: (165,0971),efektif untuk pengelolaan hasil pertanian.
3.	Nayla Dwi Salsabila, dkk	2025	Penerapan Algoritma <i>K-Means</i> Untuk Klasterisasi Produktivitas Tanaman Jahe	Pengumpulan Data,Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Penelitian ini berhasil mengimplementasikan algoritma <i>K-Means</i> untuk mengelompokkan daerah penghasil jahe di Kabupaten Sumenep menjadi dua kluster: kluster 1 (104 kecamatan) dan kluster 2 (4 kecamatan).

4.	Seberlina Laia, Deski Helsa Pane	2022	Seberlina Laia Implementasi Metode <i>K-Means</i> Untuk Mengelompokkan Kawasan Potensi Pertanian Karet Produktif	Pengumpulan Data,Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode <i>K-Means</i> dapat mengelompokkan kawasan potensi petani karet secara lebih cepat dan akurat, memberikan manfaat signifikan bagi pemerintah desa dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan lahan pertanian.
5.	Katrina Flomina G	2023	Kalsterisasi pembinaan kelompok tani untuk peningkatan produksi jagung menggunakan algoritma <i>K-Means</i>	Pengumpulan Data,Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Hasil <i>clustering</i> menunjukkan bahwa varietas jagung, luas lahan, dan pengelolaan pengairan berpengaruh signifikan terhadap hasil produksi. Sebagian besar kelompok tani hanya memanfaatkan air hujan, yang dapat mempengaruhi produktivitas secara keseluruhan.
6.	Ashabul Akbar Maulana, dkk	2023	Pengelompokkan Kecamatan di Kabupaten Bima Berdasarkan Jumlah Produksi	Pengumpulan Data,Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Hasil analisis menunjukkan bahwa Kecamatan Lambu memiliki produksi dan luas panen bawang merah tertinggi, sementara Kecamatan Langgudu dan Donggo tidak menghasilkan bawang merah. <i>K-Means Clustering</i> berhasil mengelompokkan data menjadi tiga kategori produksi yang berbeda, memberikan wawasan penting untuk pengembangan budidaya bawang merah di Kabupaten Bima.

7.	Auryn Clara Jangkobus, Rahmatina Hidayati	2024	Pengelompokan Potensi Produksi Bawang Merah di Jawa Tengah Menggunakan Analisis <i>Linkage Hierarchical Clustering</i> dan <i>K-Means Clustering</i>		Penelitian menunjukkan bahwa suhu dan curah hujan memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi bawang merah
8.	Muhammad Fauzan Yunianto, Ahmad Faisol, Nurlaily Vendyansyah	2021	Sistem informasi geografis pemetaan hasil produksi tebu dengan metode <i>K-Means</i> di kabupaten Malang.	Pengumpulan Data, Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> , Analisis Hasil, Validasi	
9.	Ratih Yulia Hayuningtyas, Ida Darwati	2024	Clustering hasil panen ubi kayu menggunakan algoritma <i>K-Means</i> .	Pengumpulan Data, Pra-pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> , Analisis Hasil, Validasi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih banyak daerah yang memproduksi <i>cassava</i> dalam jumlah rendah. Penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan untuk daerah dengan hasil produksi yang kurang optimal, sehingga mereka dapat memperoleh fasilitas yang lebih baik dan meningkatkan produksi <i>cassava</i> di seluruh wilayah di masa depan.

10.	Seberlina Laia, Deski Helsa Pane, Egi Affandi	2022	Implementasi Metode <i>K-Means</i> Untuk Mengelompokkan Kawasan Potensi Pertanian Karet Produktif	Pengumpulan Data,Pra- pemrosesan Data, Metode <i>K-Means</i> ,Analisis Hasil,Validasi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode <i>K-Means</i> dapat mengelompokkan kawasan potensi petani karet secara lebih cepat dan akurat. Penelitian ini memberikan manfaat signifikan bagi pemerintah desa dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan lahan pertanian, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani.
-----	--	------	---	--	--



Berdasarkan Tabel 2.1 yang memuat data produksi jagung serta variabel terkait pada wilayah NTB, penelitian ini menggunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan wilayah hasil produksi jagung ke dalam klaster-klaster yang mudah diinterpretasi. Hal ini mendukung tujuan penelitian dalam memperbaiki validasi *cluster* melalui gabungan metrik *silhouette*, *DBI*, dan visualisasi spasial, sekaligus memberikan rekomendasi alokasi sumber daya pertanian berdasarkan klasifikasi wilayah rendah–sedang–tinggi yang tercermin dari pola data dalam Tabel 2.1. Dengan demikian, penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya dan dapat memberikan kontribusi nyata dalam formulasi kebijakan berbasis bukti di NTB

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Analisis

Metode penelitian kuantitatif menitikberatkan pada pengumpulan dan analisis data numerik yang dapat diukur secara objektif untuk menguji hipotesis serta menemukan hubungan antarvariabel. Pendekatan ini menggunakan instrumen yang terstandarisasi dan teknik statistik dalam mengolah data yang dikumpulkan dari populasi atau sampel yang representatif. Dengan demikian, metode kuantitatif memungkinkan peneliti untuk menghasilkan generalisasi hasil penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (Waruwu et al., 2025). Proses analisis data kuantitatif memberikan kemudahan dalam pengolahan data secara sistematis sehingga memudahkan pengambilan keputusan berdasarkan bukti numerik yang dapat diandalkan.

Sebaliknya, metode penelitian kualitatif lebih berfokus pada pemahaman mendalam terhadap *fenomena* sosial atau perilaku manusia melalui data yang bersifat *deskriptif* seperti kata-kata, gambar, dan tindakan yang dianalisis secara kontekstual. Pendekatan kualitatif bersifat *fleksibel* dan partisipatif, sehingga menghasilkan wawasan yang holistik tentang makna dan proses yang mendasari *fenomena* yang diteliti (Rijal Fadli, 2021). Dengan

menggunakan teknik seperti wawancara mendalam, observasi, dan studi kasus, penelitian kualitatif memungkinkan peneliti menggali pengalaman dan perspektif subjek secara mendetail, yang tidak mudah diukur dengan angka. Oleh karena itu, gabungan metode kuantitatif dan kualitatif dapat memperkaya hasil penelitian dengan memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan berbasis bukti.

2.2.2. Implementasi

Implementasi adalah tahap eksekusi dan penerapan nyata dari sebuah model, sistem, atau algoritma ke dalam lingkungan tertentu untuk menjawab permasalahan praktis berdasarkan rancangan yang telah dibuat. (Alfarasy Syam, 2017) menegaskan bahwa implementasi algoritma *K-Means* tidak hanya melibatkan pembuatan kode, tetapi juga integrasi visualisasi data dan antarmuka pengguna (*user interface*) yang membantu dalam interpretasi hasil dan pengambilan keputusan yang efektif. Penelitian lain, mengembangkan sistem berbasis *web* yang menggabungkan *K-Means* dan visualisasi interaktif sehingga memudahkan monitoring data secara real-time dan pengambilan keputusan strategis berbasis data.

Selain itu, keberhasilan implementasi *K-Means* dalam pemetaan wilayah hasil produksi sangat bergantung pada kualitas data dan parameter yang digunakan, seperti jumlah kluster (*k*) yang tepat serta metode validasi yang efektif. Penggunaan teknik validasi gabungan seperti *silhouette coefficient* dan *Davies-Bouldin Index (DBI)* berperan penting dalam memastikan kluster yang terbentuk representatif dan dapat diandalkan. Dengan demikian, implementasi ini tidak hanya menghasilkan pemetaan kluster yang akurat, tetapi juga mampu memberikan rekomendasi yang tepat sasaran untuk pengalokasian sumber daya secara efisien dan mendukung pengambilan kebijakan berbasis data di lapangan (Darmawan & Karmilasari, 2024).

2.2.3. Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) adalah tanaman sereal semusim yang berasal dari benua Amerika, khususnya Meksiko, dan saat ini menjadi salah satu komoditas pangan utama secara global. Tanaman ini banyak dibudidayakan

karena memiliki adaptasi yang baik terhadap iklim tropis dan subtropis serta siklus hidup yang relatif pendek, yaitu sekitar 80 hingga 150 hari. Jagung juga berperan penting dalam agribisnis Indonesia sebagai sumber karbohidrat dan protein yang signifikan (W Fiqriansyah .M et al., 2021). Pertumbuhan dan produksi jagung sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis pupuk dan kondisi tanah; misalnya, aplikasi pupuk majemuk dan penggunaan *biochar* pada tanah rawa telah terbukti memperbaiki hasil tanaman ini (Marselly, 2025). Jagung (*Zea mays L.*) merupakan tanaman sereal yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dan pemupukan. Penerapan biochar bersama pupuk NPK dan kitosan dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dengan memperbaiki kualitas unsur hara dan struktur tanah. Penelitian oleh (Roslina Imran et al., 2025) menyatakan bahwa dosis pupuk NPK yang digabung dengan *biochar* secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta bobot tongkol jagung, serta memperbaiki kadar nitrogen total dalam tanah, sehingga menunjang produktivitas tanaman.

Produksi jagung merupakan elemen penting dalam sektor pertanian Indonesia, dengan berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan produktivitasnya melalui program intensifikasi dan ekstensifikasi lahan. (Hudoyo & Nurmayasari, 2019) menjelaskan bahwa peningkatan produktivitas jagung di Indonesia telah memberikan kontribusi signifikan dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional serta mendorong stabilitas pasokan bahan baku pakan ternak dan industri bioenergi. Di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), jagung termasuk komoditas unggulan yang menjadi tumpuan petani di daerah kering. Wilayah ini memiliki lahan yang relatif luas, meskipun bersifat marginal dan rentan terhadap perubahan iklim. Berdasarkan data dari (BPS NTB 2023), luas panen jagung pada tahun 2023 mencapai lebih dari 179.000 hektar, menjadikan NTB sebagai lima besar provinsi penghasil jagung nasional, dengan kontribusi sekitar 7% terhadap total produksi nasional. Produksi jagung meningkat secara signifikan dari 266.000 ton pada tahun 2020 menjadi 321.000 ton pada tahun 2021 (BPS

NTB 2023). Peningkatan ini tidak terlepas dari strategi pengembangan kawasan jagung unggulan, bantuan benih bersubsidi, hingga modernisasi alat dan mesin pertanian (*Alsintan*) yang terus ditingkatkan oleh pemerintah daerah dan pusat. Namun demikian, berbagai tantangan seperti curah hujan ekstrem, serangan hama, dan keterbatasan input pertanian masih menjadi penghambat produktivitas optimal di berbagai kabupaten/kota di NTB. Faktor-faktor penentu produksi jagung. Jagung (*Zea mays L.*) sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan dan pengelolaan budidaya. Curah hujan menjadi variabel utama dengan kebutuhan ideal antara 350–900 mm selama masa tanam; curah hujan yang ekstrem dapat menyebabkan kegagalan pada fase pembungaan dan pengisian biji, serta stres air yang menurunkan hasil panen. Hama ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) merupakan ancaman *biotik* utama di NTB yang dapat menurunkan produktivitas hingga 50%, namun pengendalian hama terpadu dapat mengurangi serangan hingga 80% dan meningkatkan hasil panen (Bambang Supeno et al., 2021). Selain itu, luas panen di NTB diperkirakan meningkat rata-rata 9-16% per tahun dari 2020-2025, menunjukkan potensi ekspansi budidaya jagung (Thea Rahmani & Didik Hariyono, 2021). Produktivitas jagung yang optimal (>7 ton/ha) dicapai dengan varietas unggul seperti Bisi-18 dan NK Perkasa, didukung oleh teknologi pertanian modern, pemupukan optimal, pengendalian hama, dan manajemen air yang tepat (Produktivitas Tanaman Pangan Dan Hortikultura, 2021). Produksi jagung di NTB pada 2021 tercatat lebih dari 321.000 ton, dengan Kabupaten Bima dan Dompu sebagai wilayah produksi utama. Produksi jagung di NTB pada 2021 tercatat lebih dari 321.000 ton, dengan Kabupaten Bima dan Dompu sebagai wilayah produksi utama (BPS NTB 2023). Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) terdiri dari pulau Lombok dan Sumbawa, mencakup 8 kabupaten dan 2 kota dengan luas wilayah sekitar 20.124 km² dan populasi sekitar 5,32 juta jiwa pada 2020. NTB memiliki potensi pertanian besar, terutama jagung sebagai komoditas unggulan yang mendukung ekonomi masyarakat pedesaan. Produksi jagung NTB meningkat dari 266 ribu ton pada 2020 menjadi 321 ribu ton pada 2021, didorong oleh

iklim tropis kering, lahan luas, varietas unggul, dan penerapan teknologi modern (BPS NTB 2023).

2.2.4. Nusa Tenggara Barat

Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di bagian tengah wilayah Nusantara, terdiri atas dua pulau utama yaitu Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa. Provinsi ini secara administratif terbentuk berdasarkan Undang-Undang Nomor 64 Tahun 1958, dan berpisah dari provinsi induk sebelumnya yaitu Provinsi Sunda Kecil. Wilayah NTB mencakup 10 daerah otonom, yang terdiri dari 8 kabupaten dan 2 kota, yaitu: Kabupaten Bima, Kabupaten Dompu, Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Kabupaten Lombok Timur, dan Kabupaten Lombok Utara, serta Kota Bima dan Kota Mataram, dengan luas wilayah sekitar 20.124 km². Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk NTB pada tahun 2020 mencapai sekitar 5,32 juta jiwa, dengan kepadatan tertinggi berada di Kota Mataram sebesar 7.009 jiwa/km². NTB memiliki potensi besar di sektor pertanian, terutama tanaman pangan seperti jagung, padi, kedelai, dan tembakau. Jagung merupakan komoditas unggulan dan menjadi salah satu sumber ekonomi utama masyarakat pedesaan. Berdasarkan data BPS NTB tahun 2021, produksi jagung meningkat dari 266 ribu ton (2020) menjadi 321 ribu ton (2021). Selain itu, NTB juga berperan sebagai salah satu provinsi penyumbang produksi jagung terbesar secara nasional. Potensi pertanian tersebut juga didukung oleh iklim tropis kering, lahan yang luas, penggunaan varietas unggul, serta penerapan teknologi pertanian modern (BPS NTB 2024).

2.2.5. Google Collab

Google Colab merupakan platform komputasi awan berbasis *notebook* interaktif yang mendukung penulisan dan eksekusi kode *Python* secara *real-time* melalui *browser* tanpa perlu instalasi lokal. *Platform* ini menyediakan akses gratis ke sumber daya komputasi berperforma tinggi seperti *GPU* dan *TPU*, sehingga mendukung percepatan proses pelatihan model *machine*

learning dan analisis data skala besar. *Google Colab* juga memungkinkan kolaborasi multi-user secara simultan, integrasi dengan *Google Drive* dan *GitHub*, serta kompatibilitas dengan pustaka *Python* populer (misal, *Pandas*, *NumPy*, *TensorFlow*), yang sangat menunjang kegiatan penelitian ilmiah dan pengembangan algoritma. Keunggulan ini menjadikan *Google Colab* sebagai alat yang efektif dan efisien untuk riset dan pemrograman berbasis data, khususnya pada bidang ilmu komputer, sains data, dan *machine learning*. Sebagai contoh, sebuah studi mengenai efektivitas *Google Colab* dalam membantu pengolahan data mahasiswa menyatakan bahwa *platform* ini sangat memfasilitasi proses *coding* dan analisis data secara interaktif dan kolaboratif, bahkan bagi pengguna dengan keterbatasan perangkat keras (Bahar amal 2025).

2.2.6. Phyton

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dirancang dengan sintaks yang sederhana, mudah dipahami, dan memiliki fleksibilitas tinggi untuk berbagai paradigma pemrograman seperti prosedural, berorientasi objek, dan fungsional. *Python* banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan terutama untuk analisis data, pembelajaran mesin, serta otomasi tugas karena dukungannya terhadap pustaka ilmiah yang luas seperti *NumPy*, *Pandas*, dan *TensorFlow*. Keunggulan lain dari *Python* adalah kemampuannya berjalan lintas platform serta lingkungan pemrograman interaktif yang mempercepat proses debugging dan pengembangan prototipe (Riziq sirfatullah Alfarizi et al., 2023).

2.2.7. Tableau

Tableau adalah alat visualisasi data yang efektif untuk mengubah data mentah menjadi *dashboard* interaktif yang mempermudah analisis dan pengambilan keputusan, terutama dalam bidang keuangan dan akuntansi. Dengan kemampuan menggabungkan data dari berbagai sumber dan menyediakan *visualisasi real-time*, *Tableau* membantu profesional keuangan dalam memantau kinerja, memprediksi hasil, serta mengambil

keputusan berbasis data dengan cepat. Fitur seperti *drill-down*, *filter*, dan *drag-and-drop* memudahkan eksplorasi data secara mendalam dan intuitif. *Dashboard* yang dapat disesuaikan juga memungkinkan penyajian informasi yang jelas dan menarik bagi berbagai pihak, sehingga mendukung transparansi dan efisiensi dalam pelaporan serta pengambilan keputusan di sektor bisnis, pemerintahan, dan akademik (Nugraha et al., 2023)

2.2.8. Data Mining

Data mining merupakan proses penggalian informasi dan pola yang berguna dari kumpulan data besar, menggunakan gabungan teknik dari pembelajaran mesin, pengenalan pola, statistik, dan basis data. Proses ini bertujuan mengekstrak informasi baru yang dapat membantu pengambilan keputusan lebih tepat sasaran dalam berbagai bidang, seperti pendidikan dan bisnis. Tujuannya adalah untuk membantu dalam pengambilan keputusan dengan menemukan pola-pola tersembunyi dari data tersebut (Latipa Sari, 2023). Langkah-langkah dalam proses *data mining* adalah:

1. Seleksi Data (*Data Selection*)

Seleksi data merupakan tahap awal dalam proses *data mining* yang bertujuan memilih data relevan dari kumpulan data besar agar sesuai dengan tujuan analisis. Tahap ini penting untuk memastikan data yang digunakan memiliki kualitas dan fokus yang tepat sehingga analisis bisa berjalan efisien dan hasilnya akurat. Data terpilih biasanya disimpan dalam basis data khusus untuk memudahkan proses pengolahan lanjutan seperti pembersihan dan transformasi. Salah satu studi yang membahas tahapan seleksi dalam data mining adalah yang dilakukan oleh (Widaningsih, 2019) dalam jurnal "Perbandingan Metode *Data Mining* untuk Prediksi Nilai dan Waktu Kelulusan Mahasiswa" yang menjelaskan bahwa seleksi data dilakukan sebagai bagian dari proses *Discovery Knowledge of Databases* (KDD) sebelum tahap preprocessing dan mining selanjutnya, sehingga data yang diproses lebih terfokus dan efisien.

2. Pembersihan Data (*Data Cleaning*)

Pembersihan data bertujuan menghilangkan data yang rusak, tidak *valid*, ganda, atau inkonsisten sehingga meningkatkan kualitas data dan keakuratan hasil *data mining*. Data yang bersih akan mengurangi kesalahan dan bias dalam analisis sehingga mendukung hasil yang lebih valid dan dapat dipercaya (Perpustakaan Universitas Terbuka, 2023).

3. Transformasi Data (*Data Transformation*)

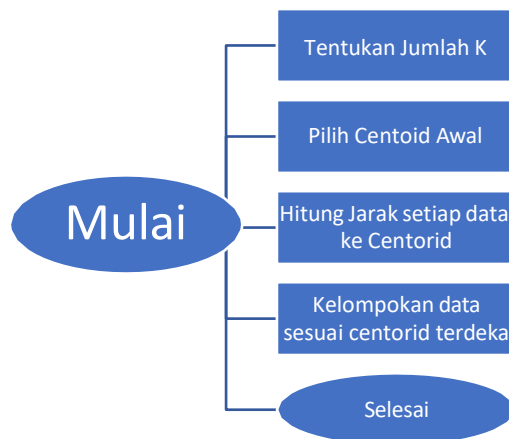
Transformasi data mengubah data ke format atau struktur yang sesuai dengan teknik *data mining* yang akan digunakan. Transformasi meliputi normalisasi, agregasi, pengkodean data kategorik, atau pembuatan fitur baru, sehingga data siap untuk dimodelkan secara optimal (Gede Iwan Sud, 2020).

4. Interpretasi dan Evaluasi (*Interpretation and Evaluation*)

Tahap ini melibatkan evaluasi hasil analisis untuk memastikan pola yang ditemukan valid, relevan, dan dapat dipahami oleh pengguna. Evaluasi membantu dalam menentukan apakah hasil *data mining* dapat diimplementasikan dalam pengambilan keputusan atau memerlukan perbaikan lebih lanjut (Han & Kamber, 2011).

2.2.9. *K-Means Clustering*

K-Means merupakan metode analisis kelompok yang membagi data menjadi k *cluster* berdasarkan kemiripan jarak *Euclidean*. Algoritma ini diawali dengan memilih *centroid* awal secara acak, kemudian mengelompokkan data ke *centroid* terdekat dan mengupdate posisi *centroid* secara iteratif hingga konvergensi tercapai. Kelebihan metode ini adalah kesederhanaan dan efisiensi untuk data besar. Namun, *K-Means* sensitif terhadap inisialisasi *centroid* dan pemilihan jumlah *cluster*. Pendekatan ini banyak diterapkan dalam pengelolaan data yang membutuhkan segmentasi yang efisien (Nur Afidah, 2023). Adapun tahap dan cara kerja *K-Means Clustering*:



Keterangan Gambar 2.1: diagram alir cara kerja *K-Means*

1. Menentukan jumlah *cluster* (k)

Pilih jumlah cluster yang diinginkan berdasarkan kebutuhan analisis data.

2. Inisialisasi *centroid* awal

Pilih secara acak k titik data sebagai *centroid* awal setiap cluster.

3. Pengelompokan data

Setiap data dihitung jaraknya ke *centroid* menggunakan rumus jarak *Euclidean*:

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^M (x_{im} - c_{jm})^2} \quad (1)$$

Keterangan:

- $d(x_i, c_j)$ = Jarak antaran data ke -i dengancentroid *cluster* ke -j
- x_{im} = niai data i pada dimensti ke-m
- c_{jm} = nilai *centroid* kluster j pada dimensi ke-m
- M = jumlah dimensi fitur data

4. Iterasi

Ulangi proses pengelompokan dan pembaruan *centroid* sampai posisi *centroid* stabil (perubahan sangat kecil) atau jumlah iterasi maksimum tercapai.

5. Hasil akhir

Kelompok data akhir menghasilkan cluster yang meminimalkan variasi internal dan memaksimalkan perbedaan antar cluster.

2.2.9.1 Jarak Euclidean

Jarak Euclidean merupakan salah satu metode pengukuran jarak yang umum digunakan dalam algoritma K-Means Clustering. Jarak ini digunakan untuk menentukan seberapa dekat sebuah titik data terhadap centroid dari suatu kluster. Semakin kecil jaraknya, semakin besar kemungkinan data tersebut termasuk ke dalam kluster tersebut.

Secara matematis, jarak Euclidean antara data ke- i dan centroid kluster ke- j dirumuskan sebagai berikut:

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{(\sum_{m=1}^M (x_{im} - c_{jm})^2)} \quad (2)$$

Keterangan:

- $d(x_i, c_j)$ = Jarak antara data ke- i dengan centroid kluster ke- j
- x_{im} = Nilai fitur dari data ke- i pada dimensi ke- m
- c_{jm} = Nilai centroid kluster ke- j pada dimensi ke- m
- M = Jumlah dimensi atau fitur data

2.2.10. Normalisasi

Normalisasi data adalah proses transformasi nilai-nilai data ke dalam rentang atau skala yang sama tanpa mengubah informasi asli yang terkandung dalam data tersebut. Tujuannya adalah untuk menghilangkan perbedaan skala antar variabel sehingga analisis dan algoritma pembelajaran mesin, seperti K -

Means clustering, dapat berjalan lebih efektif dan tidak bias terhadap variabel dengan skala yang lebih besar. Metode normalisasi yang umum digunakan meliputi *Min-Max Normalization*, yang mengubah nilai data ke rentang 0 hingga 1 berdasarkan nilai minimum dan maksimum pada atribut, serta *Z-Score Normalization* yang menggunakan rata-rata dan standar deviasi untuk mengatur distribusi data agar memiliki rata-rata 0 dan standar deviasi 1. Kedua metode ini membantu mempertahankan struktur data asli sambil meningkatkan performa model dan kestabilan hasil klasterisasi (Kiwasi Wororomi, 2024).

Selain itu, penelitian menunjukkan pentingnya memilih teknik normalisasi yang sesuai dengan karakteristik dataset untuk mendapatkan hasil terbaik. Misalnya, *Min-Max Normalization* sering memberikan akurasi lebih tinggi pada dataset dengan distribusi data yang relatif seragam, sementara *Z-Score Normalization* lebih efektif untuk dataset yang mengandung outlier karena metode ini mengurangi dampak nilai ekstrem. Dalam konteks *K-Means Clustering*, normalisasi yang tepat membantu algoritma dalam menentukan pusat klaster yang representatif sehingga pemetaan wilayah hasil produksi jagung dapat dilakukan dengan akurat dan rekomendasi alokasi sumber daya pertanian lebih tepat sasaran. Oleh karena itu, integrasi teknik *validasi* dan visualisasi juga sangat disarankan untuk mengoptimalkan hasil implementasi algoritma clustering tersebut (Palinggik Allorerung et al., 2024). Sebagai alternatif, normalisasi *Min-Max* juga dapat diterapkan untuk mereduksi pengaruh perbedaan skala antar variabel dengan rumus berikut:

pengelompokan. Adapun rumus *Min-Max*:

$$x^1 = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3)$$

Keterangan:

- x : Nilai Asli Fitur
- $x_{max} - x_{min}$: Nilai Minimum dan maksimum fitur pada seluruh dataset

- x^1 : hasil normalisasi (dalam rentang 1)

2.2.11. Seleksi Fitur

Seleksi fitur dengan metode *filter* berbasis koefisien korelasi *Pearson* merupakan pendekatan yang efektif untuk memilih fitur-fitur paling relevan terhadap variabel target. Teknik ini mengukur kekuatan hubungan linier antara setiap fitur dengan target, sehingga fitur yang memiliki korelasi tinggi dipertahankan, sementara fitur dengan korelasi rendah diabaikan untuk mengurangi dimensi data dan meningkatkan akurasi model. Selain itu, metode ini juga mengeliminasi fitur redundant dengan memeriksa korelasi antar fitur itu sendiri, menjadikan seleksi fitur lebih stabil dan optimal untuk dataset berukuran besar serta meningkatkan kinerja model klasifikasi secara signifikan (Zhang et al., 2023). Dalam aplikasi *machine learning*, banyak penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *filter method* dengan koefisien korelasi secara konsisten membantu dalam meningkatkan kualitas model, baik pada algoritma seperti *Random Forest*, *SVM*, maupun klasifikasi berbasis data berdimensi tinggi. Pendekatan ini tidak hanya efisien karena tidak bergantung pada algoritma pembelajaran tertentu, tetapi juga mampu menstabilkan proses pemilihan fitur sehingga hasil akhir menjadi lebih akurat dan dapat diandalkan dalam berbagai skenario (Saha et al., 2020). Sebagai langkah awal dalam seleksi fitur menggunakan metode filter, koefisien korelasi *Pearson* sering digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan *linier* antara variabel *fitur* dengan variabel target. Dengan mengkuantifikasi keterkaitan ini, *fitur-fitur* yang memiliki korelasi tinggi terhadap target dapat dipilih sebagai yang paling relevan, sedangkan fitur dengan korelasi rendah dapat diabaikan guna menyederhanakan model dan meningkatkan akurasi analisis. Adapun rumus koefisien korelasi *Pearson* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

(4)

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Keterangan:

- r = koefisien korelasi antara variabel X dan Y
- n = jumlah pasangan data
- $\sum XY$ = jumlah hasil perkalian setiap pasangan X dan Y
- $(\sum X)(\sum Y)$ = jumlah nilai variabel X dan Y
- $\sum X^2 \sum Y^2$ = jumlah kuadrat nilai X dan Y

2.2.12. *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data tinggi dengan cara mentransformasikan variabel asli yang saling berkorelasi menjadi sejumlah variabel baru yang disebut komponen utama (*principal components*). Komponen utama ini merupakan kombinasi linier variabel asli yang bebas satu sama lain dan diurutkan sedemikian rupa sehingga komponen pertama memuat variasi terbanyak data, diikuti komponen berikutnya dengan variasi yang semakin kecil. Dengan demikian, *PCA* mampu menyederhanakan data kompleks tanpa kehilangan informasi penting, sehingga mempermudah analisis dan mengurangi risiko multikolinearitas dalam pemodelan statistik atau *machine learning* (Wangge, 2021). *PCA* digunakan dengan langkah-langkah utama seperti standarisasi data, perhitungan matriks kovarians, pencarian nilai eigen (*eigenvalue*) dan vektor eigen (*eigenvector*), serta pemilihan beberapa komponen utama berdasarkan *eigenvalue* terbesar. Teknik ini sangat bermanfaat dalam pengolahan data besar dan multidimensi, misalnya dalam analisis citra, pendidikan, dan teknologi informasi, untuk mendapatkan variabel baru yang bebas korelasi namun merepresentasikan data asal secara maksimal (Wulandari et al., 2016). Untuk lebih memahami bagaimana *PCA* bekerja dalam mereduksi dimensi data, berikut adalah rumus

utama yang menunjukkan transformasi variabel asli menjadi komponen utama sebagai kombinasi linier dari variabel-variabel tersebut:

Keterangan:

$$\begin{aligned} Y_i &= e_i^1 \\ &= e_{1i}X_1 + e_{2i}X_2 + \dots + e_{pi}X_p \end{aligned} \quad (5)$$

Y_i

adalah komponen utama ke- i

- e_i^1 adalah vektor eigen(*eigenvector*) ke- i , yang merupakan bobot untuk variabel-variabel asli,
- $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ adalah vektor variabel asli,
- p adalah jumlah variabel asli

2.2.13. Evaluasi Model (*Davies-Bouldin Index (DBI)* dan *Silhouette Score*)

Evaluasi hasil *clustering* sangat penting untuk menilai kualitas pengelompokan yang dihasilkan algoritma. *Silhouette Score* mengukur sejauh mana masing-masing objek data cocok dengan kluster yang dimilikinya dibandingkan dengan kluster lain, dengan nilai berkisar antara -1 sampai +1. Nilai *Silhouette Score* yang lebih tinggi menunjukkan kluster yang baik dan data yang terpisah dengan jelas. Sedangkan *Davies-Bouldin Index (DBI)* mengukur rata-rata rasio jarak antar kluster terhadap ukuran kluster itu sendiri, di mana nilai *DBI* yang lebih rendah menunjukkan kluster yang lebih kompak dan terseparasi dengan baik. Dalam praktiknya, *Silhouette Score* dan *DBI* sering digunakan untuk menentukan jumlah kluster yang optimal dan menilai kinerja algoritma *clustering* seperti *K-Means* dan *DBSCAN*. Misalnya, penelitian pada dataset performa karyawan menggunakan kedua metrik ini membantu memilih algoritma clustering terbaik tanpa perlu label *ground truth*, dengan *Silhouette Score* tinggi dan *DBI* rendah menunjukkan hasil *clustering* yang efektif dan akurat (Hasan, 2024). Untuk mengevaluasi kualitas hasil clustering secara menyeluruh, dua metrik yang sering digunakan adalah *Silhouette Score* dan *Davies-Bouldin Index (DBI)*. *Silhouette Score* mengukur seberapa baik setiap objek cocok dalam klusternya dengan

mempertimbangkan kohesi dan pemisahan antar klaster, sedangkan *DBI* menilai kualitas klaster berdasarkan rasio antara jarak antar klaster dan jarak dalam klaster. Rumus kedua metrik ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Rumus *Silhouette Score*

(6)

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}$$

Keterangan: Nilai $s(i)$ berkisar antara -1 sampai 1, dengan interpretasi:

- Nilai mendekati 1 berarti objek berada pada klaster yang tepat
- Nilai mendekati 0 berarti objek berada di antara dua klaster (overlapping)
- Nilai negatif berarti objek mungkin salah tempat klaster

2. Rumus *Davies-Bouldin Index*

(7)

$$S_i = \frac{1}{|C_i|} \sum_{x \in C_i} d(x, \mu_i)$$

Keterangan:

- C_i adalah *cluster* ke- i
- $|C_i|$ adalah jumlah titik dalam *cluster* ke- i
- $d(x, \mu_i)$ adalah jarak antara titik x dan *centroid* μ_i cluss

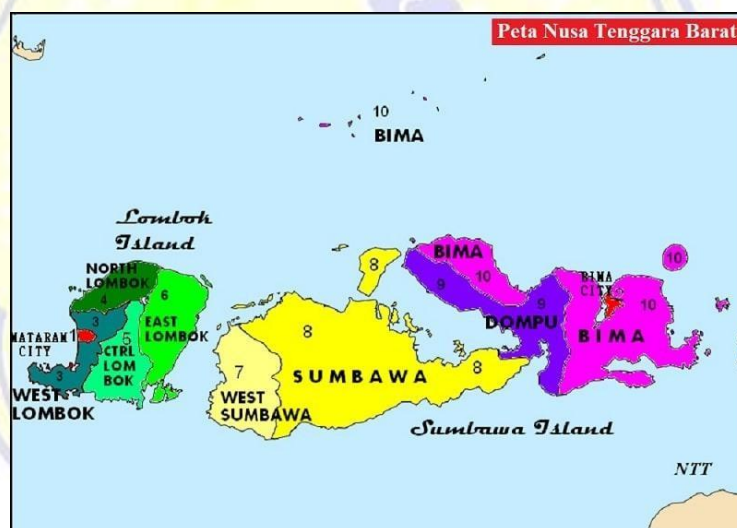
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), yang terdiri dari beberapa kabupaten/kota seperti Sumbawa, Sumbawa Barat, Kabupaten Bima, Kabupaten Dompu, Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur, Lombok Utara, Kota Bima, dan Kota Mataram. Wilayah ini dipilih karena Nusa Tenggara Barat dikenal sebagai salah satu daerah dengan tingkat produksi jagung yang tinggi di Indonesia.

Adapun lokasi penelitian:



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah data hasil produksi jagung per kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang diperoleh dari beberapa instansi resmi, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Nusa Tenggara Barat, Dinas Pertanian Provinsi Nusa Tenggara Barat, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Narmada Nussa Tenggara Barat, serta Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data ini meliputi informasi kuantitatif seperti

Kabupaten/Kota, curah hujan, produksi jagung, produktivitas, luas panen, hama, dan tahun. Untuk mencapai tujuan tersebut, objek ini dipilih karena memiliki relevansi tinggi dengan fokus penelitian. Dengan menganalisis objek ini, peneliti dapat melakukan klasterisasi wilayah berdasarkan intensitas produksi jagung secara efektif. Hasil dari analisis ini akan memudahkan pengelompokan kabupaten/kota ke dalam kategori wilayah produksi jagung yang tinggi, sedang, dan rendah.

3.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu beberapa bulan, dengan tahapan-tahapan yang meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan, implementasi algoritma *K-Means*, analisis hasil, hingga penyusunan laporan. Adapun jadwal penelitian secara umum adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Pelaksanaan											
		Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul												
2	Studi Literatur												
3	Penyusunan Proposal												
4	Seminar Proposal												
5	Pengumpulan Data												
6	Pre-Processing Data												
7	Penerapan Metode <i>K-Means Clustering</i>												
8	Evaluasi dan Interpretasi												
9	Penyusunan Skripsi												
10	Sidang Skripsi												

3.4 Alat Dan Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan berbagai alat dan perangkat lunak untuk mendukung proses pengumpulan data, pengolahan, serta visualisasi hasil. Alat dan instrumen tersebut antara lain:

NO	Alat/ Instrumen	Fungsi
1.	Laptop Lenovo	Perangkat utama untuk pengolahan data
2.	<i>Google Colab - Python</i>	Implementasi algoritma <i>K-Means</i> dan visualisasi
3.	<i>Microsoft Excel</i>	Pembersihan data awal
4.	<i>Google Drive</i>	Untuk Menyimpan Data sebelum dan sesudah di Olah
5.	<i>Google Maps/ QGIS</i>	Visualisasi spasial hasil klastering
6.	Internet	Akses data sekunder dari sumber terpercaya

3.5 Sumber Data

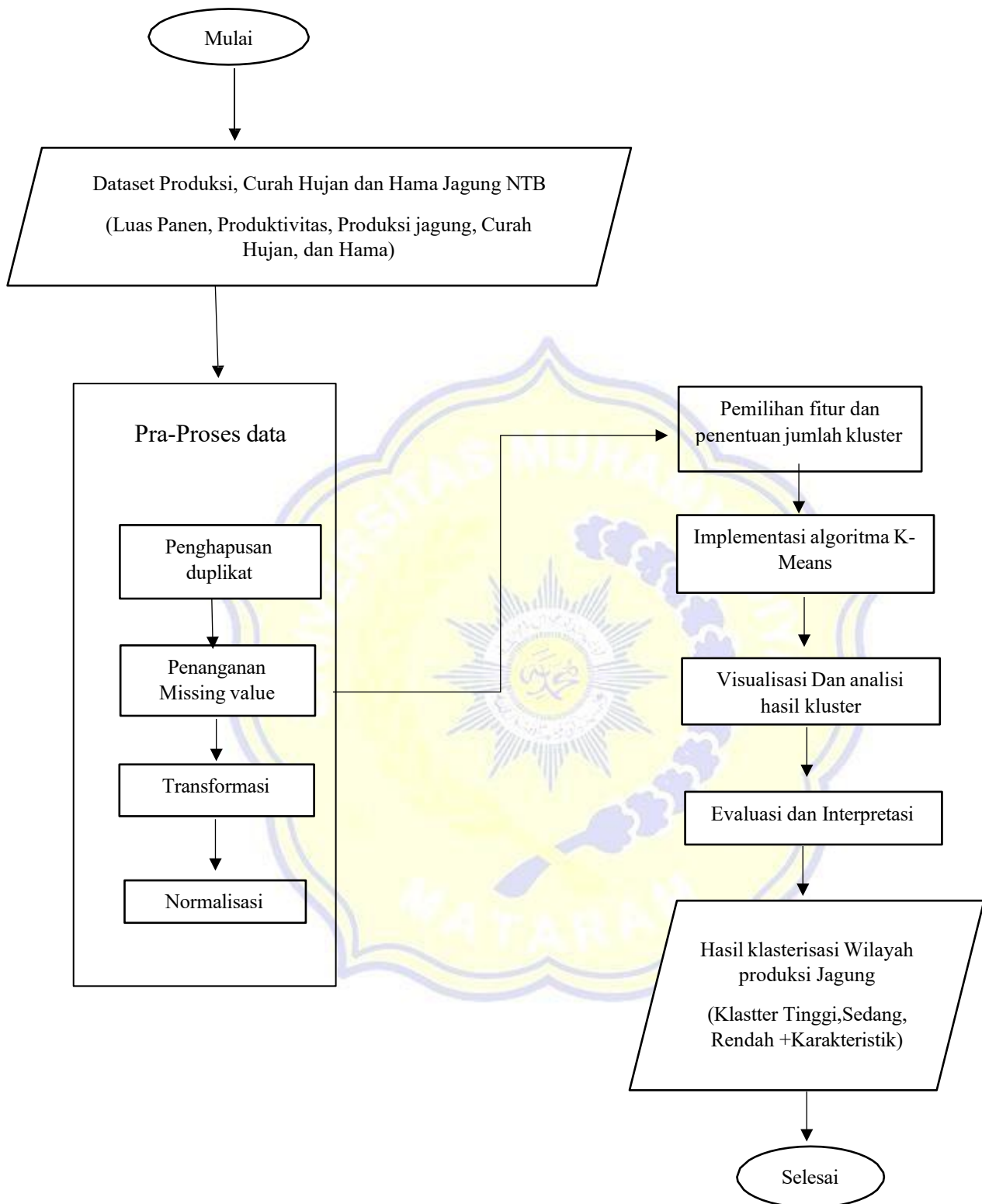
Data dan informasi statistik di Provinsi Nusa Tenggara Barat dapat diperoleh dari beberapa instansi resmi yang relevan. Pertama, Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Nusa Tenggara Barat menyediakan berbagai data sosial-ekonomi dan demografi yang dapat diakses melalui situs resminya di ntb.bps.go.id. Selain itu, Dinas Pertanian Provinsi Nusa Tenggara Barat juga menjadi sumber penting data pertanian, meskipun data daring resminya mungkin lebih terbatas dibandingkan BPS. Untuk informasi terkait kondisi cuaca dan iklim yang berpengaruh pada produksi pertanian, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menyediakan data yang dapat diakses melalui laman resmi BMKG di bmkg.go.id. Selanjutnya, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Narmada di Nusa Tenggara Barat menyediakan

kajian teknologi pertanian yang dapat menjadi referensi penting dalam pengembangan pertanian di wilayah ini. Terakhir, Situs Datasatu NTB merupakan portal data terintegrasi yang menyediakan koleksi data dan artikel lengkap terkait NTB, yang dapat diakses melalui data.ntbprov.go.id. Data yang dikumpulkan meliputi informasi produksi jagung per kabupaten/kota selama beberapa tahun terakhir, khususnya tahun 2001 hingga 2023.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif, yaitu data numerik yang dapat diolah secara matematis dan statistik. Dalam konteks analisis klaster produksi jagung, data kuantitatif yang mencakup luas panen (hektar), hasil produksi (ton), dan produktivitas (kg/ha) merupakan atribut penting yang menggambarkan karakteristik setiap wilayah. Ketiga atribut ini akan digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan kesamaan intensitas produksi jagung, sehingga kelompok atau klaster yang terbentuk dapat menggambarkan kategori wilayah produksi tinggi, sedang, dan rendah. Dengan memasukkan atribut luas panen, hasil produksi, dan produktivitas, analisis klaster dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan akurat mengenai pola distribusi produksi jagung di berbagai kabupaten/kota.

3.6 Rancangan Penelitian

Sebelum memulai tahapan penelitian, penting untuk memahami secara keseluruhan alur proses yang akan dilalui. Diagram alir penelitian berikut ini memberikan gambaran sistematis mengenai langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini, mulai dari perumusan masalah hingga kesimpulan. Diagram ini diharapkan dapat membantu memudahkan pemahaman terhadap metode dan tahapan penelitian secara menyeluruh. Adapun Diagram Alir Penelitian bisa dilihat pada Gambar



Keterangan Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode klasterisasi menggunakan algoritma *K-Means*. Tujuan utamanya adalah untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik produksi jagung. Tahapan dalam rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

sistematis untuk memperoleh data mentah dari berbagai sumber terpercaya guna digunakan dalam analisis. Dalam konteks pemetaan wilayah hasil produksi jagung, data dikumpulkan dari instansi resmi seperti Badan Pusat Statistik (BPS), Dinas Pertanian Provinsi atau Kabupaten, dan sumber-sumber lain yang menyediakan data pertanian seperti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Adapun Jenis data yang dikumpulkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) meliputi variabel seperti pada Tabel 3.1:

Keterangan Tabel 3.1: Jenis data dari BPS

NO	Variabel	Keterangan
1.	Produksi jagung (ton)	Jumlah total jagung yang dihasilkan di setiap kabupaten/kota per tahun.
2.	Luas panen (hektar)	Luas lahan yang dipanen untuk tanaman jagung.
3.	Produktivitas (kg/ha)	Perbandingan antara hasil produksi dengan luas panen, yang menunjukkan efisiensi produksi jagung di setiap wilayah.
4.	Kabupaten/kota	Nama wilayah di NTB.
5.	Tanggal	Tanggal Data curah hujan yang sudah di prediksi

Adapun Jenis data yang dikumpulkan dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) meliputi variabel seperti pada Tabel 3.2:

Keterangan Tabel 3.2: Jenis data dari BPTP

NO	Variabel	Keterangan
1.	Jenis hama utama	Identifikasi hama-hama yang sering menyerang tanaman jagung di NTB
2.	Intensitas serangan hama	Tingkat keparahan serangan hama yang dinyatakan dalam persentase atau kategori (rendah, sedang, tinggi).
3.	Luas lahan terdampak (hektar)	Luas area tanaman jagung yang mengalami serangan hama.
4.	Kabupaten dan Kecamatan	Nama Kabupaten dan kecamatan yang terserang hama jagung.
5.	Grand Total	Total keseluruhan serangan hama pertahun

Adapun Jenis data yang dikumpulkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) meliputi variabel seperti pada Tabel 3.3:

Keterangan Tabel 3.3: Jenis data dari BMKG

NO	Variabel	Keterangan
1.	(DDD_X)	Arah angin saat kecepatan maksimum
2.	(DDD_CAR)	Arah angin terbanyak
3.	(RR)	Curah hujan
4.	(FF_X)	Kecepatan angin maksimum
5.	(FF_AVG)	Kecepatan angin rata-rata
6.	(RH_AVG)	Kelembapan rata-rata
7.	(SS)	Lamanya penyinaran matahari
8.	(TX)	Temperatur maksimum
9.	(TN)	Temperatur maksimum
10.	(TAVGS)	Temperatur rata-rata

2. Pra-Pemrosesan Data

Setelah data berhasil dikumpulkan, langkah berikutnya adalah pra-pemrosesan data, yaitu tahapan untuk menyiapkan data mentah

agar siap digunakan dalam analisis. Data mentah umumnya mengandung berbagai masalah seperti nilai kosong (*missing values*), data yang tidak konsisten, atau skala variabel yang tidak seragam. Oleh karena itu, diperlukan serangkaian proses berikut:

a. Pembersihan Data (*Data Cleaning*)

Proses ini mencakup deteksi dan penanganan *missing values*, penghapusan duplikasi, serta koreksi data yang salah input. Pada data BMKG, nilai 8888 yang menunjukkan *missing value* diubah terlebih dahulu menjadi nilai kosong dan diisi menggunakan metode imputasi *Random Forest regresi*, di mana model *Random Forest* memprediksi nilai yang hilang berdasarkan variabel lain yang lengkap dengan cara iteratif hingga seluruh data yang hilang terisi secara akurat. Setelah data BMKG selesai diimputasi, data ini kemudian digabungkan dengan data dari BPS variabel hama, di mana nilai kosong yang muncul pada rentang tahun 2001 hingga 2013 diisi menggunakan metode *regresi linear*. Metode ini memanfaatkan hubungan linier antar variabel untuk memprediksi dan menggantikan nilai kosong, sehingga menghasilkan data gabungan yang lebih lengkap dan konsisten untuk dianalisis lebih lanjut.

b. Transformasi

Proses transformasi data dilakukan untuk mengubah data mentah BMKG yang awalnya berupa data harian menjadi data yang lebih ringkas dan berguna dalam analisis jangka panjang. Pertama, data harian diakumulasi dan dirata-ratakan untuk memperoleh data bulanan, sehingga fluktuasi harian dapat disederhanakan dan pola musiman lebih mudah dikenali. Selanjutnya, data bulanan tersebut diolah kembali dengan menghitung nilai rata-rata atau total per tahun guna mendapatkan data tahunan yang menggambarkan tren keseluruhan dalam satu

tahun. Terakhir, data tahunan selama 23 tahun disusun dalam bentuk *time series* untuk menganalisis tren jangka panjang, perubahan iklim, dan pola cuaca selama dua dekade lebih. Transformasi ini penting untuk menghasilkan dataset yang konsisten dan dapat digunakan bersama data Produksi jagung dan Hama. Setelah data digabungkan semua maka tahapan selanjutnya adalah Normalisasi .

c. Normalisasi

Dalam penelitian ini, metode *Min-Max* digunakan untuk menganalisis beberapa variabel yang memiliki skala berbeda. Cara kerja *Min-Max* adalah mengubah nilai-nilai data ke dalam rentang skala antara 0 hingga 1. Misalnya, jika terdapat dua data seperti produksi jagung sebesar 3.000 dan luas panen sebesar 2, tanpa normalisasi angka produksi jagung yang jauh lebih besar akan mendominasi perhitungan algoritma, sehingga hasil klastering menjadi kurang akurat dan tidak adil karena hanya mempertimbangkan fitur dengan nilai besar. Dengan menggunakan *Min-Max*, semua nilai pada setiap variabel diubah menjadi rentang yang sama yaitu antara 0 sampai 1, sehingga jarak antar data dihitung secara adil untuk semua kolom. Dengan demikian, hasil pengelompokan klaster menjadi lebih akurat.

d. Reduksi Dimensi

Dalam penelitian ini, *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan sebagai metode reduksi dimensi untuk menyederhanakan data, yaitu data yang memiliki banyak variabel seperti curah hujan, luas panen, produktivitas, dan produksi jagung di Kabupaten/Kota Nusa Tenggara Barat (NTB). Alasan penggunaan PCA adalah karena metode ini mampu mengurangi kompleksitas data dengan cara mengubah variabel awal menjadi sejumlah komponen utama yang tetap mempertahankan variabilitas (keragaman data) secara

optimal tanpa menghilangkan informasi penting. Dengan demikian, pola utama yang merepresentasikan karakteristik data tetap terjaga.

3. Penentuan Jumlah Cluster

Penentuan jumlah klaster (nilai k) adalah langkah krusial dalam *K-Means* karena algoritma ini memerlukan jumlah klaster yang ditentukan di awal. Dalam penelitian ini, penentuan jumlah klaster optimal dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu *Elbow*, *Silhouette Score*, dan *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS). Metode *Elbow* bekerja dengan cara memplot nilai WCSS terhadap jumlah klaster yang diuji, kemudian mencari titik "*elbow*" atau lengkungan pada grafik di mana penurunan WCSS mulai melambat secara signifikan, yang menunjukkan jumlah klaster yang paling sesuai karena penambahan klaster selanjutnya tidak memberikan perbaikan berarti. WCSS sendiri adalah ukuran total variansi dalam setiap klaster yang dihitung dari jumlah kuadrat jarak setiap data ke pusat klasternya, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan klaster yang lebih kompak dan berkualitas. Sementara itu, *Silhouette Score* digunakan untuk mengukur kualitas klaster dengan membandingkan jarak antar data dalam klaster yang sama dan antar klaster yang berbeda; nilai skor yang lebih tinggi menunjukkan pemisahan klaster yang lebih baik dan klaster yang lebih kokoh. Dengan mengombinasikan ketiga metode ini, penentuan jumlah klaster menjadi lebih objektif dan akurat.

4. Implementasi K-Means Clustering

Dalam penelitian ini, algoritma *K-Means Clustering* digunakan untuk mengelompokkan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan kesamaan karakteristik data produksi jagung. Data yang digunakan mencakup beberapa variabel penting, seperti luas panen (hektar), produksi jagung (ton), dan produktivitas (kuintal/hektar). Berikut adalah tahapan cara kerja *algoritma K-Means* yang diimplementasikan dalam penelitian:

a. Persiapan Data

Data produksi jagung dari masing-masing kabupaten/kota dikumpulkan dan dilakukan proses pembersihan (*cleaning*), normalisasi, serta seleksi fitur. Proses ini penting untuk memastikan bahwa semua variabel berada dalam skala yang sebanding sebelum dilakukan proses klusterisasi.

b. Penentuan Jumlah Klaster (k)

Sebelum proses klusterisasi dilakukan, terlebih dahulu ditentukan jumlah klaster yang optimal dengan menggunakan metode *Elbow* dan *Silhouette Score*. Melalui metode ini, dicari nilai k yang memberikan keseimbangan antara kedekatan antar data dalam satu klaster dan pemisahan antar klaster.

c. Inisialisasi *Centroid* Awal

Setelah nilai k ditentukan, algoritma memilih k titik awal secara acak sebagai *centroid* atau pusat klaster. Dalam penelitian ini, digunakan metode *K-Means* untuk memilih *centroid* awal secara lebih baik dan stabil, sehingga mengurangi risiko hasil klusterisasi yang buruk.

d. Penghitungan Jarak dan Penugasan Klaster

Jarak antara setiap wilayah (data) dengan seluruh *centroid* dihitung menggunakan rumus *Euclidean*. Setiap wilayah kemudian ditugaskan ke klaster dengan *centroid* terdekat, sehingga wilayah-wilayah dengan karakteristik produksi jagung yang mirip akan dikelompokkan bersama.

e. Pembaruan *Centroid*

Setelah semua wilayah tergolong ke dalam klaster masing-masing, dilakukan perhitungan ulang *centroid* baru dengan menghitung rata-rata nilai fitur dari seluruh data dalam tiap klaster. *Centroid* yang baru ini digunakan untuk mengulang proses penugasan klaster.

f. Interpretasi Hasil Klasterisasi

Setelah proses klasterisasi selesai, setiap klaster dianalisis untuk melihat karakteristik wilayah yang tergabung di dalamnya. Misalnya, satu klaster mungkin berisi wilayah dengan produktivitas tinggi namun luas panen kecil, sementara klaster lain menunjukkan wilayah dengan luas panen besar tapi produktivitas rendah. Analisis ini menjadi dasar untuk menyusun strategi pengembangan wilayah pertanian secara lebih tepat sasaran.

5. Visualisasi Hasil

Visualisasi hasil dalam penelitian ini memegang peranan penting dalam memperjelas interpretasi klasterisasi wilayah produksi jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Melalui visualisasi, pola dan persebaran wilayah berdasarkan karakteristik produksi seperti luas panen, produktivitas, curah hujan, dan serangan hama dapat terlihat lebih jelas. Beberapa bentuk visualisasi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

a. Scatter Plot 2D (Setelah PCA)

Visualisasi *scatter plot* dua dimensi digunakan untuk menampilkan hasil klasterisasi setelah reduksi dimensi dengan *Principal Component Analysis* (PCA). Setiap titik mewakili satu entri wilayah tahun tertentu, dengan pewarnaan berbeda berdasarkan label klaster. Plot ini membantu melihat seberapa jelas pemisahan antar klaster berdasarkan fitur yang telah dinormalisasi.

b. Dashboard Tableau (Peta Interaktif)

Untuk menyampaikan hasil klasterisasi secara spasial, digunakan *Dashboard Tableau* dengan tampilan peta interaktif Provinsi NTB. Setiap kabupaten/kota diberi warna berdasarkan hasil klasterisasi (rendah, sedang, tinggi), sehingga memudahkan pemetaan wilayah potensial produksi jagung. Visualisasi ini

memungkinkan pengguna atau pengambil kebijakan untuk langsung mengenali persebaran wilayah dengan tingkat produktivitas berbeda dalam satu tampilan geografis yang utuh.

c. Visualisasi Centroid dan Rata-rata Klaster

Centroid dari setiap klaster dianalisis untuk mengidentifikasi karakteristik rata-rata dari masing-masing kelompok wilayah. Visualisasi *centroid* digunakan untuk menunjukkan klaster dengan nilai produksi tinggi, sedang, atau rendah berdasarkan fitur numerik yang digunakan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan strategi peningkatan produksi jagung secara lebih terarah.

6. Evaluasi dan Interpretasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai kualitas hasil klasterisasi dalam membedakan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) berdasarkan karakteristik produksi jagung.

a. Evaluasi Tiga metrik utama digunakan:

1. Inertia (*Within-Cluster Sum of Squares* / WCSS):

Digunakan untuk mengetahui seberapa kompak data dalam klaster. Dalam penelitian ini, nilai WCSS menurun seiring bertambahnya jumlah klaster, dan titik optimal berada pada $K=3$, yang ditentukan melalui metode *Elbow*. Ini menunjukkan pembentukan tiga klaster sudah cukup representatif untuk menggambarkan variasi produksi jagung di NTB.

2. Silhouette Score

Mengukur seberapa baik data dalam satu klaster mirip satu sama lain dan seberapa jauh dari klaster lain. Nilai *Silhouette Score* dalam penelitian ini sebesar 0.32 setelah dilakukan PCA, yang berarti hasil klasterisasi sudah cukup baik, namun belum optimal. Hal ini wajar karena data spasial pertanian memiliki

variabilitas tinggi, seperti fluktuasi curah hujan dan intensitas hama.

3. Davies–Bouldin Index (DBI):

DBI yang diperoleh sebesar 0.32 yang mengindikasikan bahwa antar-klaster memiliki pemisahan yang relatif cukup baik. Nilai DBI mendekati 1 menunjukkan bahwa klaster tidak terlalu tumpang tindih, dan bisa diterima dalam konteks penelitian ini.

b. Interpretasi Hasil Klasterisasi

Hasil dari *K-Means Clustering* dengan $K=3$ menunjukkan bahwa seluruh wilayah kabupaten/kota di NTB dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori:

Keterangan Tabel 3.4: Karakteristik Wilayah

Klaster	Kategori	Karakteristik Umum
Klaster 0	Sedang	Produksi menengah, curah hujan relatif stabil, gangguan hama.
Klaster 1	Tinggi	Produksi tinggi, luas panen optimal, dan tingkat produktivitas tertinggi.
Klaster 2	Rendah	Produksi tinggi, sering dikaitkan dengan curah hujan tinggi atau serangan hama berat

Wilayah seperti Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Bima, dan Kabupaten Dompu cenderung masuk ke dalam Klaster 1, yang mengindikasikan mereka merupakan wilayah unggulan dalam produksi jagung. Sementara itu, beberapa wilayah seperti Lombok Utara atau Lombok Barat lebih sering masuk dalam Klaster 2 yang cenderung membutuhkan intervensi kebijakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data multidimensional yang berasal dari beberapa sumber resmi terpercaya, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), serta Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB. Penggunaan data dari berbagai sumber ini bertujuan untuk menyediakan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi produksi jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), dengan mempertimbangkan aspek produktivitas, kondisi iklim, dan gangguan hama. Seluruh data dikumpulkan untuk periode 2001 hingga 2023, kecuali data hama dari BPTP NTB yang tersedia untuk periode 2014 hingga 2023, sehingga memungkinkan analisis tren jangka panjang dan variabilitas data secara lebih akurat.

4.1.1 Data Produksi Jagung dari Badan Pusat Statistik (BPS)

Data produksi jagung diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Data ini mencakup seluruh kabupaten/kota di NTB pada periode 2001 hingga 2023. Variabel yang digunakan meliputi Nama Kabupaten/Kota, Produksi Jagung, Luas Panen, Produktivitas, Tahun. Berikut sampel dataset produksi jagung dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Dataset produksi jagung dari BPS

NO	Nama Kabupaten Kota	Produksi Jagung	Luas Panen	Produktivitas	Tahun
1	Kota Bima	45.476,70	7.407,60	61,39	2023
2	Kota Mataram	814,20	125,30	64,98	2023
3	Kabupaten Lombok Utara	63.233,30	9.080,90	69,63	2023
4	Kabupaten Sumbawa Barat	90.200,60	12.815,80	70,38	2023
5	Kabupaten Bima	692.700,10	88.505,40	78,27	2023
6	Kabupaten Dompu	447.265,60	56.417,20	79,28	2023
7	Kabupaten Sumbawa	692.901,40	96.225,50	72,01	2023
8	Kabupaten Lombok Timur	167.006,80	24.644	67,77	2023
9	Kabupaten Lombok Tengah	80.542,90	14.151	56,92	2023
10	Kabupaten Lombok Barat	60.924,40	10.145,80	60,05	2023
11	Kota Bima	50.493,88	8.180,90	61,72	2022
12	Kota Mataram	442,86	97,40	45,47	2022
13	Kabupaten Lombok Utara	64.310,23	9.703,60	66,27	2022
14	Kabupaten Sumbawa Barat	91.044,86	12.665,70	71,67	2022
15	Kabupaten Bima	652.447,57	79.359,10	82,21	2022
16	Kabupaten Dompu	629.011,57	76.287,50	82,45	2022
17	Kabupaten Sumbawa	703.454,47	96.343,30	73,02	2022
18	Kabupaten Lombok Timur	193.858,73	26.955,10	72,40	2022
19	Kabupaten Lombok Tengah	85.751,17	14.975,60	57,26	2022
20	Kabupaten Lombok Barat	60.677,11	9.447,20	64,23	2022

Data pada Tabel 4.1 diatas adalah data produksi jagung dari BPS NTB periode 2001-2023 dengan variabel Nama kabupaten kota, Produksi Jagung, Luas Panen, Produktivitas, dan Tahun.

4.1.2. Data Iklim Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) melalui sejumlah stasiun klimatologi yang tersebar di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), dengan cakupan periode tahun 2001 hingga 2023. Pemilihan stasiun didasarkan pada kedekatan geografis dan cakupan representatif terhadap wilayah kabupaten/kota di NTB. Stasiun Sultan Muhammad Salahuddin mewakili wilayah bagian timur NTB, yaitu Kota Bima, Kabupaten Bima, dan Kabupaten Dompu karena letaknya yang strategis dan historis mencerminkan iklim regional di wilayah tersebut. Kota Mataram diwakili secara khusus oleh Stasiun Zainuddin Abdul Madjid yang berlokasi dekat dengan pusat kota dan menjadi acuan tunggal untuk wilayah ibukota provinsi. Stasiun Sultan Muhammad Kaharuddin digunakan untuk Kabupaten Sumbawa dan Kabupaten Sumbawa Barat karena posisinya yang berada di Pulau Sumbawa bagian barat dan mampu mencerminkan pola curah hujan di kedua wilayah tersebut. Sementara itu, Kabupaten Lombok Barat, Lombok Timur, Lombok Utara, dan Lombok Tengah dikelompokkan menggunakan data dari Stasiun Nusa Tenggara Barat karena stasiun ini memiliki cakupan wilayah luas dan letaknya berada di pusat Pulau Lombok, sehingga dapat merepresentasikan kondisi iklim umum untuk keempat kabupaten tersebut. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh data iklim yang paling relevan dan representatif terhadap kondisi aktual masing-masing wilayah.

Untuk menggambarkan karakteristik data iklim yang digunakan dalam penelitian ini, berikut disajikan contoh data yang diambil dari BMKG Provinsi Nusa Tenggara Barat, dapat dilihat pada tabel 4.2 Data BMKG.

Tabel 4.2 Data BMKG

TANGGAL	TN	TX	TAV G	RH_AVG	RR	SS	FF_X	DDD_X	FF_AVG	DDD_CAR
01-01-2001	23	34	27,2	90	8888	6,7	6	180	2	S
02-01-2001	23	33,8	26,9	83	8888	5,2	4	180	0	S
03-01-2001	22	33,8	27,7	82	0	7,7	7	360	2	N
04-01-2001	24	34,3	27,3	86	14	6,6	6	225	1	SW
05-01-2001	23	31,4	26,6	86	2	1,5	4	360	0	N
06-01-2001	23	30	26,6	88	8888	0,2	4	360	0	N
07-01-2001	24	32,4	26,7	88	40	3,4	3	90	1	S
08-01-2001	24	33,4	27,1	86	8888	3,8	4	180	0	S
09-01-2001	24	31	26,6	90	8	4	4	225	0	W
10-01-2001	24	32	26,1	88	10	2,8	5	180	0	S
11-01-2001	25	28,6	25,9	92	13	-	5	270	0	W
12-01-2001	23	31,8	26,9	85	1	1,8	2	360	-	N
13-01-2001	24	31,8	26,4	88	19	5,1	6	360	2	N
14-01-2001	24	32,2	27,1	86	0	7	6	360	1	N
15-01-2001	24	30,8	26,4	92	11	0,4	5	360	0	N
16-01-2001	24	30,8	26,9	94	6	-	4	360	0	N
17-01-2001	24	31,2	27,3	86	8888	5,6	7	360	3	N
18-01-2001	25	31,8	27,5	90	0	6,4	6	360	2	N
19-01-2001	25	32	27,3	86	8888	3	5	360	1	N
20-01-2001	24	32,2	26,5	92	4	3	5	360	0	N
21-01-2001	23	32,4	26,3	88	6	1,9	6	225	0	SW

22-01-2001	24	31,2	26,9	88	1	3,4	3	360	1	N
23-01-2001	24	32	28	90	0	5,9	6	360	2	N
24-01-2001	23	32	27,2	85	0	5,9	5	360	2	N
25-01-2001	25	31,8	27,5	88	10	3,4	5	90	0	N
26-01-2001	24	32,8	27,5	85	1	6,2	6	180	2	S
27-01-2001	23	32,4	27,1	88	9	3	-	0	-	N
28-01-2001	24	32,4	27,4	87	0	2,1	3	360	0	N
29-01-2001	24	29	26,4	92	8888	-	2	360	-	N
30-01-2001	25	32,4	27,9	84	0	5,5	5	360	1	N
31-01-2001	24	34,4	27,1	85	2	7,8	7	360	-	N

Setelah menyajikan sampel data iklim yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), yang meliputi data curah hujan harian untuk setiap kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat selama periode 2001 hingga 2023, langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah menampilkan dan menganalisis data serangan hama. Data hama berfungsi sebagai salah satu variabel penting yang dapat memengaruhi tingkat produktivitas jagung, selain faktor iklim dan luas panen. Adapun data hama disajikan dalam Tabel 4.

4.1.3 Data Serangan Hama Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB

Data mengenai serangan hama pada tanaman jagung diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB. Data ini tersedia untuk periode 2014 hingga 2023 dan mencakup seluruh kabupaten/kota di NTB. Variabel yang digunakan meliputi Jenis hama utama, Intensitas serangan hama, luas lahan terdampak(hektar), Kabupaten/Kota, Kecamatan serangan hama, Grand total serangan Hama. Untuk memperjelas data serangan hama yang digunakan dalam penelitian ini, berikut Tabel 4.3 disajikan contoh data yang diambil dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB:

Tabel 4.3 Data dari BPTP



Kabupaten/Kota	Kecamatan	Jenis OPT Utama	Tahun											Grand Total
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Kota Bima			0	-	0	0	0	0	51,0	20,0	9,0	12,0	-	92,0
	Asakota		0	0	0	0	0	0	-	0	4,0	2,0	0	6,0
		01. Lalat Bibit	0	0	0	0	0	0	-	0	2,0	2,0	0	4,0
		18. Ulat Grayak	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0	0	0	2,0
	Mpunda		0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	4,0	0	5,0
		18. Ulat Grayak	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0	0	1,0
		18.a. Ulat Grayak (UGF)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	4,0	0	4,0
	Raba		0	0	0	0	0	0	26,0	10,0	2,0	2,0	0	40,0
		01. Lalat Bibit	0	0	0	0	0	0	26,0	0	2,0	0	0	28,0
		02. Penggerek Batang	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-
		18. Ulat Grayak	0	0	0	0	0	0	0	10,0	-	2,0	0	12,0
	Rasanae Barat		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
		18. Ulat Grayak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
	Rasanae Timur		0	0	0	0	0	0	25,0	10,0	2,0	4,0	0	41,0
		01. Lalat Bibit	0	-	0	0	0		25,0	10,0	-	1,0	0	36,0
		18. Ulat Grayak	0	0	0	0	0	0	0	0	-	3,0	0	3,0

		18.a. Ulat Grayak (UGF)	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0	0	0	2,0
Grand Total			841,3	432,3	498,2	689,7	499,4	1.359,4	12.892,9	4.981,0	2.515,5	1.574,2	2.257,6	28.541,2

Setelah menampilkan sampel data hamapaa Tabel 4.3 , dapat dijelaskan bahwa data ini diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Data mencakup periode tahun 2014 hingga 2024 dan disusun berdasarkan tingkat serangan hama di setiap kecamatan, kemudian diakumulasi untuk masing-masing kabupaten/kota. Informasi mengenai intensitas serangan hama ini menjadi indikator penting dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas jagung di NTB.

4.2. Integrasi Data

Seluruh data dari BPS, BMKG, dan BPTP NTB diintegrasikan berdasarkan unit wilayah (kabupaten/kota) dan periode waktu (tahunan). Proses integrasi ini memastikan setiap wilayah memiliki atribut yang lengkap dari sisi produksi, iklim, dan gangguan hama, sehingga dapat digunakan sebagai input pada proses klasterisasi wilayah produksi jagung di NTB. Untuk memperjelas cakupan dan karakteristik data yang digunakan dalam penelitian ini, berikut disajikan ringkasan sumber data, periode, serta variabel utama yang dianalisis pada masing-masing sumber. Dalam Penelitian data yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4 Gabungan integrasi.

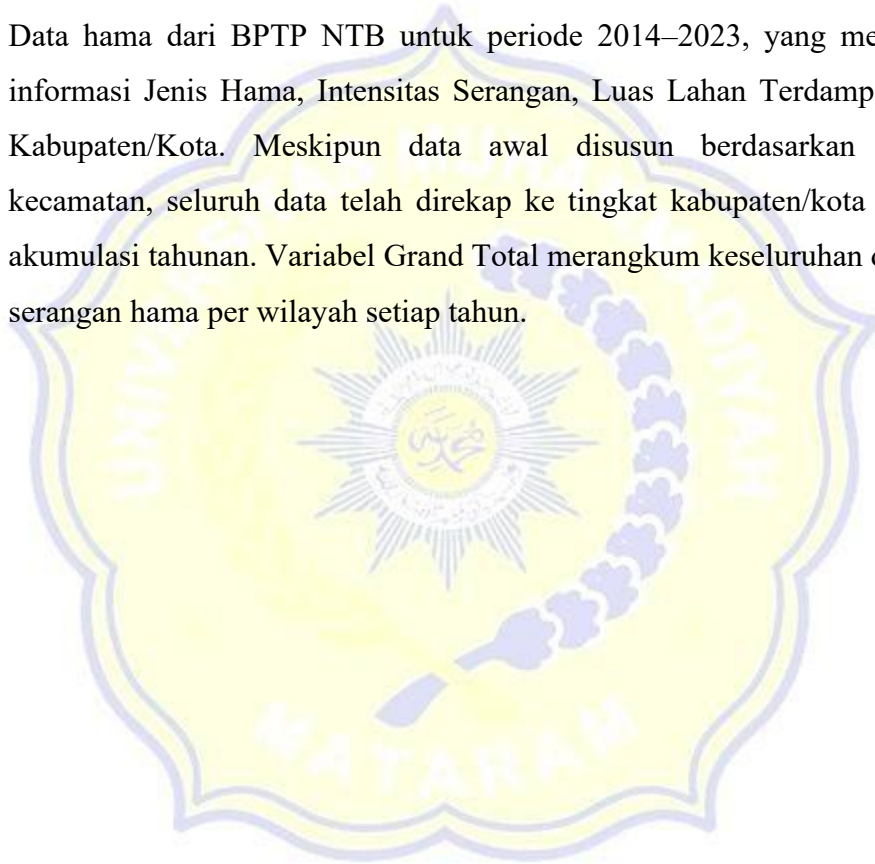
Keterangan Tabel 4.4: Gabungan Data BMKG, BPS, dan BPTP

Sumber Data	Periode	Variabel Utama
BPS	2001-2023	Produksi jagung, luas panen, produktivitas, kabupaten/kota
BMKG	2001-2023	DDD_X, DDD_CAR, RR, FF_X, FF_AVG, RH_AVG, SS, TX, TN, TAVG
BPTP NTB	2014-2023	Jenis hama, intensitas serangan hama, luas lahan terdampak, kabupaten/kota, Grand Total

Setelah dilakukan proses integrasi data pada Tabel 4.4, diperoleh satu dataset komprehensif yang menggabungkan seluruh variabel utama yang relevan untuk analisis produktivitas jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Dataset ini mencakup:

1. Data dari BPS NTB yang terdiri atas Produksi Jagung, Luas Panen, Produktivitas, serta Kabupaten/Kota, dengan cakupan waktu mulai tahun 2001 hingga 2023. Data ini merepresentasikan output pertanian secara langsung di tiap wilayah administratif.

2. Data iklim dari BMKG untuk periode 2001–2023, yang memuat variabel-variabel 2. meteorologis penting seperti DDD_X (arah angin maksimum), DDD_CAR (arah angin dominan), RR (curah hujan), FF_X (kecepatan angin maksimum), FF_AVG (kecepatan angin rata-rata), RH_AVG (kelembapan rata-rata), SS (lama penyinaran matahari), TX (suhu maksimum), TN (suhu minimum), dan TAVG (suhu rata-rata). Data iklim ini diperoleh dari empat stasiun utama di NTB dan telah diagregasi tahunan agar selaras dengan data BPS.
3. Data hama dari BPTP NTB untuk periode 2014–2023, yang mencakup informasi Jenis Hama, Intensitas Serangan, Luas Lahan Terdampak, dan Kabupaten/Kota. Meskipun data awal disusun berdasarkan tingkat kecamatan, seluruh data telah direkap ke tingkat kabupaten/kota dengan akumulasi tahunan. Variabel Grand Total merangkum keseluruhan dampak serangan hama per wilayah setiap tahun.



Tabel 4.5 Gabungan Integrasi

NO	Nama Kabupaten Kota	Curah Hujan	Hama	Produksi Jagung	Luas Panen	Produktivitas	Tahun
1	Kota Bima	98,75133333	511.0	45.476,70	7.407,60	61,39	2023
2	Kota Mataram	139,5979167	1.0	814,20	125,30	64,98	2023
3	Kabupaten Lombok Utara	146,2216667	55.0	63.233,30	9.080,90	69,63	2023
4	Kabupaten Sumbawa Barat	139,5979167	136.0	90.200,60	12.815,80	70,38	2023
5	Kabupaten Bima	98,75133333	0	692.700,10	88.505,40	78,27	2023
6	Kabupaten Dompu	98,75133333	247.0	447.265,60	56.417,20	79,28	2023
7	Kabupaten Sumbawa	139,5979167	196.0	692.901,40	96.225,50	72,01	2023
8	Kabupaten Lombok Timur	146,2216667	215.3	167.006,80	24.644	67,77	2023
9	Kabupaten Lombok Tengah	146,2216667	142.4	80.542,90	14.151	56,92	2023
10	Kabupaten Lombok Barat	146,2216667	58.0	60.924,40	10.145,80	60,05	2023

Tabel 4.5 menyajikan integrasi data dari BMKG, BPS, dan BPTP yang memungkinkan identifikasi pola-pola signifikan terkait dinamika lingkungan, sosial-ekonomi, dan inovasi pertanian. Hal ini mendukung rekomendasi kebijakan yang lebih tepat sasaran.

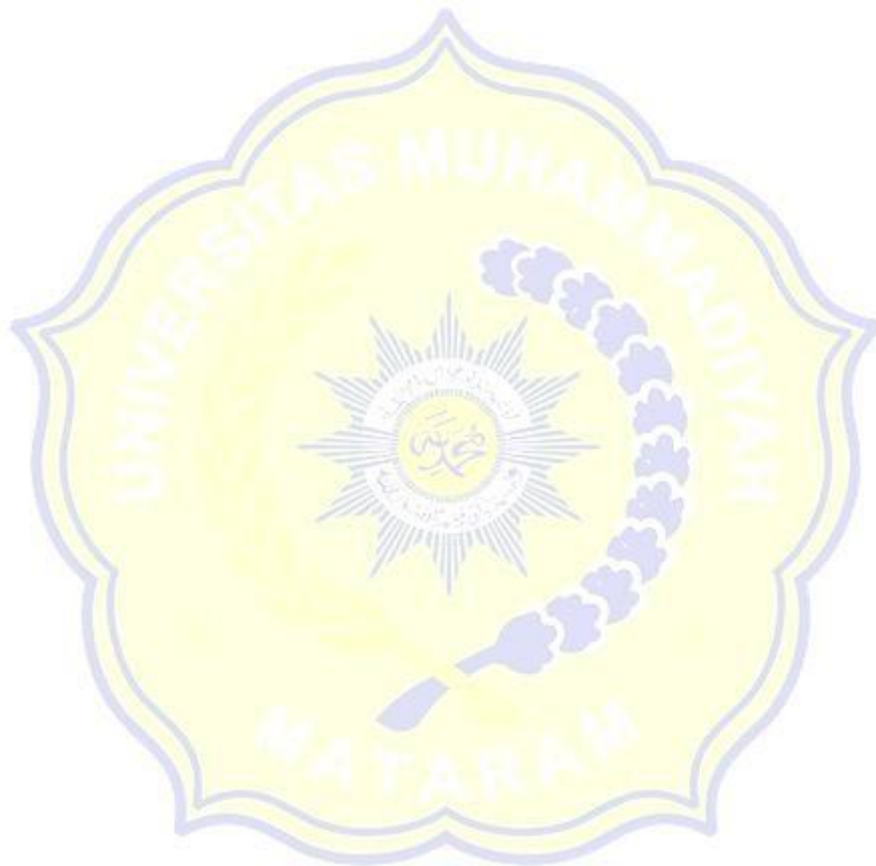
4.2.1 Pra-Pemrosesan Data Dan Pembersihan Data

Pra-pemrosesan data merupakan tahapan krusial dalam penelitian Pra-pemrosesan data merupakan tahapan krusial sebelum implementasi algoritma *K-Means Clustering* karena kualitas data menentukan akurasi hasil analisis. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 230 data yang memuat informasi produksi jagung (dalam ton) dan curah hujan (dalam mm) dari 10 kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat pada periode 2001–2023. Setelah dilakukan pemeriksaan, ditemukan 8 nilai kosong pada kolom produksi jagung dan nilai kosong pada kolom curah hujan, yang kemudian ditangani dengan metode imputasi rata-rata (*mean imputation*) agar tidak memengaruhi hasil analisis. Selain itu, karena variabel memiliki skala yang berbeda, dilakukan normalisasi menggunakan metode *Min-Max Scaling* sehingga semua nilai berada pada rentang 0–1. Setelah pembersihan dan normalisasi, jumlah data akhir yang digunakan tetap 230 data bersih tanpa missing value, sehingga siap digunakan untuk analisis klusterisasi. Adapun langkah-langkah pembersihan data beserta hasilnya adalah sebagai berikut:

4.2.2 Identifikasi dan Penanganan *Missing Value*

Data yang tidak lengkap, seperti nilai produksi atau curah hujan yang kosong, serta adanya nilai khusus seperti 8888 pada data curah hujan BMKG yang menandakan data tidak terukur pada suatu kabupaten/tahun, diidentifikasi secara sistematis. Penanganan *missing value* dilakukan melalui beberapa pendekatan, yaitu imputasi menggunakan nilai rata-rata dari semua *variabel* pada data curah hujan. Langkah ini bertujuan untuk meminimalkan potensi bias dan menjaga kualitas data yang akan digunakan pada tahap analisis klusterisasi. Setelah proses deteksi, data yang memiliki nilai hilang (*missing values*) pada variabel penting seperti curah hujan atau produksi diisi/dilengkapi (“imputasi”) agar seluruh atribut numerik sudah lengkap. Teknik utama yang digunakan adalah *mean imputation*, di mana nilai kosong pada

setiap kolom diganti dengan rata-rata data terisi pada kolom tersebut. Hal ini penting agar analisis statistik dan klasterisasi tidak terdampak bias akibat data yang hilang. Adapun Tabel sebelum isi *Missing Value* pada Tabel 4.6 dibawah ini:



Keterangan Tabel 4.6: Sebelum Isi Missing value

TANGGAL	TN	TX	TAVG	RH_AVG	RR	SS	FF_X	DDD_X	FF_AVG	DDD_CAR
01-01-2001	23	34	27,2	90	8888	6,7	6	180	2	S
02-01-2001	23	33,8	26,9	83	8888	5,2	4	180	0	S
03-01-2001	22	33,8	27,7	82	0	7,7	7	360	2	N
04-01-2001	24	34,3	27,3	86	14	6,6	6	225	1	SW
05-01-2001	23	31,4	26,6	86	2	1,5	4	360	0	N
06-01-2001	23	30	26,6	88	8888	0,2	4	360	0	N
07-01-2001	24	32,4	26,7	88	40	3,4	3	90	1	S
08-01-2001	24	33,4	27,1	86	8888	3,8	4	180	0	S
09-01-2001	24	31	26,6	90	8	4	4	225	0	W
10-01-2001	24	32	26,1	88	10	2,8	5	180	0	S
11-01-2001	25	28,6	25,9	92	13	-	5	270	0	W
12-01-2001	23	31,8	26,9	85	1	1,8	2	360	-	N
13-01-2001	24	31,8	26,4	88	19	5,1	6	360	2	N
14-01-2001	24	32,2	27,1	86	0	7	6	360	1	N
15-01-2001	24	30,8	26,4	92	11	0,4	5	360	0	N
16-01-2001	24	30,8	26,9	94	6	-	4	360	0	N
17-01-2001	24	31,2	27,3	86	8888	5,6	7	360	3	N
18-01-2001	25	31,8	27,5	90	0	6,4	6	360	2	N
19-01-2001	25	32	27,3	86	8888	3	5	360	1	N
20-01-2001	24	32,2	26,5	92	4	3	5	360	0	N
21-01-2001	23	32,4	26,3	88	6	1,9	6	225	0	SW

22-01-2001	24	31,2	26,9	88	1	3,4	3	360	1	N
23-01-2001	24	32	28	90	0	5,9	6	360	2	N
24-01-2001	23	32	27,2	85	0	5,9	5	360	2	N
25-01-2001	25	31,8	27,5	88	10	3,4	5	90	0	N
26-01-2001	24	32,8	27,5	85	1	6,2	6	180	2	S
27-01-2001	23	32,4	27,1	88	9	3	-	0	-	N
28-01-2001	24	32,4	27,4	87	0	2,1	3	360	0	N
29-01-2001	24	29	26,4	92	8888	-	2	360	-	N
30-01-2001	25	32,4	27,9	84	0	5,5	5	360	1	N
31-01-2001	24	34,4	27,1	85	2	7,8	7	360	-	N

Tabel 4.6 terlihat bahwa beberapa nilai pada kolom RR, SS, RH_AVG dan TAVGS memiliki angka seperti 8888 atau nilai kosong (*null*). Hal ini menunjukkan adanya data yang hilang yang harus ditangani agar tidak memengaruhi hasil klasterisasi

Adapun rumus dan cara perhitungan untuk mengisi nilai *missing value* pada kolom RR, SS, RH_AVG dan TAVGS memiliki angka seperti 8888 atau nilai kosong (*null*). Adapun rumus perhitungan di bawah ini:

$$X_{jm} = \frac{1}{n_{jm}} \sum_{i=1}^{n_{jm}} x_{ijm} \quad (6)$$

Keterangan:

- X_{jm} = Rata-rata nilai fitur ke-j (misal RR, FF_AVG, dll.) untuk bulan ke-m dan wilayah/stasiun tertentu.

- x_{ijm} = nilai fitur j pada baris ke-i di bulan m dan wilayah tersebut

- n_{jm} = jumlah data valid (tidak missing) pada bulan m dan wilayah tersebut

Adapun cara perhitungan *Missing Value* dengan rumus diatas:

1. Kolom RR data Baris 08-01-2001 (Sebelum: 8888, Sesudah: 13,697)
2. Tanggal: 08-01-2001
3. Wilayah: Kabupaten Dompu
4. Stasiun: BMKG Sultan Muhammad Salahudin (wilayah: Kab. Bima, Kota Bima, Kab. Dompu)
5. Bulan: Januari

Langkah-Langkah:

- a. Ambil semua data RR valid (8888) pada bulan Januari dari wilayah Kab. Bima, Kota Bima, dan Kab. Dompu.
- b. Hitung Rata-Rata:

$$\begin{aligned} & RR_{Jan,Bima} \\ &= \frac{14 + 2 + 40 + 8 + 10 + 13 + 1 + 19 + 11 + 6 + 4 + 6 + 1 + 10 + 1 + 9 + 2}{17} \\ &= 13,69 \end{aligned}$$

Contoh Hitungan Variabel FF_AVGA data baris 12-01-2001 (Kosong jadi 2.137098721)

- c. Tanggal: 12-01-2001
- d. Wilayah: Kabupaten Bima
- e. Stasiun: BMKG Sultan Muhammad Salahudin
- f. Bulan: Januari

Cari semua nilai FF_AVG yang valid dari Kab. Bima, Kab. Dompu, Kota bima pada bulan Januari

Misalnya ditemukan 5 nilai: [2, 3, 1, 2.8, 2.9]

$$\text{Maka: } FF_{AVG}_{Jan,Bima} = \frac{2+3+1+2.8+2.9}{5} = \frac{11.7}{5} = 2,137$$

Dalam penelitian ini, nilai-nilai hilang yang terdeteksi, seperti kode 8888 pada variabel curah hujan (RR) dari dataset BMKG, telah ditangani menggunakan metode imputasi rata-rata (*mean imputation*). Rata-rata dihitung berdasarkan nilai-nilai valid dalam subset waktu yang relevan, misalnya per bulan atau per wilayah kabupaten, guna mempertahankan karakteristik temporal dan spasial dari data. Dengan demikian, setiap entri data mewakili kondisi iklim secara utuh dan reliabel, yang penting untuk proses klasterisasi wilayah produksi jagung di Nusa Tenggara Barat.

Adapun Tabel setelah data *missing value* di isi disajikan pada Tabel 4.7:

Keterangan Tabel 4.7: Setelah Isi Missing Value

TANGGAL	TN	TX	TAVG	RH_AVG	RR	SS	FF_X	DDD_X	FF_AVG	DDD_CAR
01-01-2001	23	34	27,2	90	19,299	6,7	6	180	2	S
02-01-2001	23	33,8	26,9	83	11,713	5,2	4	180	0	S
03-01-2001	22	33,8	27,7	82	0	7,7	7	360	2	N
04-01-2001	24	34,3	27,3	86	14	6,6	6	225	1	SW
05-01-2001	23	31,4	26,6	86	2	1,5	4	360	0	N
06-01-2001	23	30	26,6	88	10,875	0,2	4	360	0	N
07-01-2001	24	32,4	26,7	88	40	3,4	3	90	1	S
08-01-2001	24	33,4	27,1	86	13,697	3,8	4	180	0	S
09-01-2001	24	31	26,6	90	8	4	4	225	0	W
10-01-2001	24	32	26,1	88	10	2,8	5	180	0	S
11-01-2001	25	28,6	25,9	92	13	6,269348518	5	270	0	W
12-01-2001	23	31,8	26,9	85	1	1,8	2	360	2,137098721	N
13-01-2001	24	31,8	26,4	88	19	5,1	6	360	2	N
14-01-2001	24	32,2	27,1	86	0	7	6	360	1	N
15-01-2001	24	30,8	26,4	92	11	0,4	5	360	0	N
16-01-2001	24	30,8	26,9	94	6	6,269348518	4	360	0	N
17-01-2001	24	31,2	27,3	86	10,028	5,6	7	360	3	N
18-01-2001	25	31,8	27,5	90	0	6,4	6	360	2	N
19-01-2001	25	32	27,3	86	4,103	3	5	360	1	N
20-01-2001	24	32,2	26,5	92	4	3	5	360	0	N
21-01-2001	23	32,4	26,3	88	6	1,9	6	225	0	SW
22-01-2001	24	31,2	26,9	88	1	3,4	3	360	1	N
23-01-2001	24	32	28	90	0	5,9	6	360	2	N

24-01-2001	23	32	27,2	85	0	5,9	5	360	2	N
25-01-2001	25	31,8	27,5	88	10	3,4	5	90	0	N
26-01-2001	24	32,8	27,5	85	1	6,2	6	180	2	S
27-01-2001	23	32,4	27,1	88	9	3	6,141949407	0	2,137098721	N
28-01-2001	24	32,4	27,4	87	0	2,1	3	360	0	N
29-01-2001	24	29	26,4	92	19,621	6,269348518	2	360	2,137098721	N
30-01-2001	25	32,4	27,9	84	0	5,5	5	360	1	N

Tabel 4.7 menampilkan data hasil pengisian *missing value* yang memperbaiki kelengkapan dataset sehingga memungkinkan analisis yang lebih valid dan reliabel. Proses imputasi ini penting untuk meminimalkan bias dan kehilangan informasi dalam data penelitian.

4.2.3 Data Duplikat

Duplikasi data pada penelitian ini umumnya terjadi akibat penggunaan satu stasiun pengamatan curah hujan BMKG yang mewakili beberapa wilayah kabupaten/kota secara bersamaan. Sebagai contoh, data curah hujan dari Sultan Muhammad Salahuddin yang berlokasi di Kota Bima digunakan untuk Kabupaten Bima, Kabupaten Dompu, dan Kota Bima, sementara data dari Stasiun Zainuddin Abdul Madjid Lombok Barat digunakan untuk wilayah Lombok Timur, Lombok Barat, Lombok Utara, dan Lombok Tengah. Demikian pula, Stasiun Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa digunakan untuk Kabupaten Sumbawa dan Kabupaten Sumbawa Barat. Kondisi ini menyebabkan adanya entri data yang identik pada beberapa wilayah berbeda dalam dataset, khususnya pada variabel curah hujan dan atribut pendukung lainnya.

4.2.4 Transformasi

Data iklim dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk empat stasiun pengamatan di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), yaitu Stasiun BMKG Lombok Barat, Stasiun BMKG Mataram, Stasiun BMKG Sumbawa Besar, dan Stasiun BMKG Bima, diolah melalui proses transformasi bertahap. Data awal yang bersumber dari pengukuran harian di masing-masing stasiun ini terlebih dahulu diagregasi menjadi data bulanan. Selanjutnya, data bulanan tersebut dirangkum menjadi data tahunan, dan akhirnya data tahunan diakumulasi untuk periode 23 tahun pengamatan. Proses agregasi ini dilakukan untuk mengurangi fluktuasi data jangka pendek dan memperoleh tren iklim jangka panjang yang lebih representatif di seluruh wilayah NTB. Dengan demikian, analisis terhadap pengaruh faktor iklim terhadap produksi jagung menjadi lebih akurat dan valid, mengingat cakupan data yang komprehensif dari keempat stasiun pengamatan tersebut. Adapun rumus transformasi data:

- a. Agregasi data harian ke bulanan

$$RR_{Bulan} = \sum_{d=1}^n RR_d \quad (8)$$

Keterangan:

- RR_{Bulan} = total curah hujan dalam 1 bulan
- n = jumlah hari dalam bulan tersebut

Contoh hitungan:

Misal curah hujan harian Januari 2001:

$RR = [2, 3, 0, 1, 0, \dots, 5]$

Total semua nilai dalam bulan Januari =

$RR_{Januari} = 2 + 3 + 0 + 1 + \dots + 5 = 110 \text{ mm}$

- b. Agregasi data bulanan ke tahunan

$$RR_{Tahun} = \sum_{m=1}^{12} RR_{Bulan_m} \quad (9)$$

Keterangan:

- RR_{Tahun} = Total curah hujan dalam satu tahun (dalam mm)
- RR_{Bulan_m} = Nilai curah hujan pada bulan ke- m dalam tahun tersebut (m dari 1 sampai 12)

Contoh Perhitungan:

Misalnya curah hujan per bulan tahun 2001:

$RR_{bulan} = [110, 98, 76, 45, 32, 25, 18, 20, 30, 45, 80, 120]$

$RR_{2001} = 110 + 98 + 76 + 45 + 32 + 25 + 18 + 20 + 30 + 45 + 80 + 120 = 799 \text{ mm}$

g. Agregasi tahunan ke periode 23 tahun

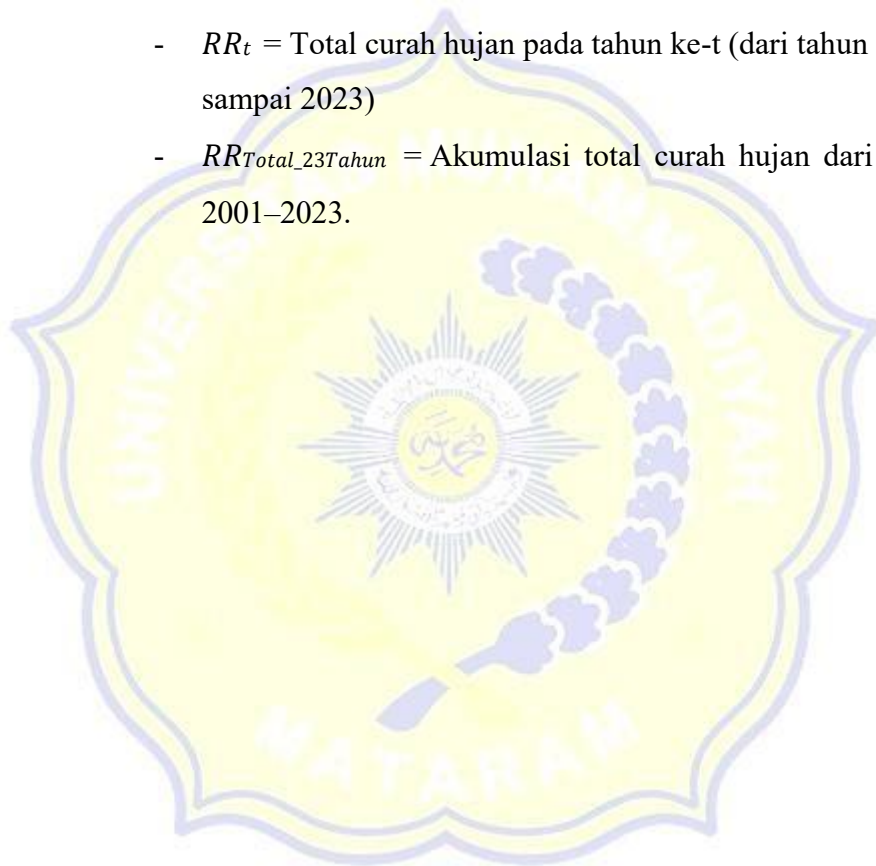
Rumus total:

(10)

$$RR_{Total_23Tahun} = \sum_{t=2001}^{2023} RR_t$$

Keterangan:

- RR_t = Total curah hujan pada tahun ke-t (dari tahun 2001 sampai 2023)
- $RR_{Total_23Tahun}$ = Akumulasi total curah hujan dari tahun 2001–2023.



Rumus Rata-Rata Tahunan:

$$RR_{Tahunan} = \frac{RR_{Total\ 23Tahun}}{23} \quad (11)$$

Keterangan:

- $RR_{Tahunan}$ = Rata-rata curah hujan per tahun untuk periode 23 tahun
- 23 = Jumlah tahun pengamatan.

Langkah Hitungan:

Hitung Rata-Rata:

$$RR_{2001} = \frac{110 + 98 + 76 + 45 + 32 + 25 + 18 + 20 + 30 + 45 + 80 + 120}{12}$$

$$RR_{2001} = \frac{934}{12} = 77,87$$

Adapun Tabel 4.9 data setelah di transformasi:

Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGUS	SEP	OCT	NOV	DEC
2001	77,875	49,074	73,114	121,76	159,5	129,233	133,42	44,145	96,77	34	81	159,7
2002	126,251	172,992	110,871	171,11	82,251	117,089	165,63	43	67,474	49,61	107,1	45,74
2003	128,544	172,32	101,231	170,87	74,188	118,853	164,66	43	68,327	49,11	96,07	48,84
2004	177,27	64,975	211,921	243,29	148,31	246,328	54,344	38,637	48,823	75,12	48,4	105,5
2005	129,57	88,057	46,251	22,4	70,394	78,594	46,55	57,175	78,583	34,09	22,66	54,71
2006	74,129	77,468	130,787	62,377	122,44	50,175	61,24	43,882	85,568	184,3	194	102,8
2007	134,315	34,17	111,415	180,12	152,33	90,227	41,459	55,295	130,11	56,03	65,77	137
2009	61	115,018	91,716	134,51	74	65,354	41,791	90,951	82,571	25,43	52,52	129,4
2010	92,20833	153,336	97,463	147,4	160,24	207,828	155,25	138,484	114,1	245,9	136,6	169,7
2011	87,39	76,195	98,781	120,92	106,96	156,29	48,99	90,469	58,22	102,1	68,72	74,42
2012	113	90	89	48,6	99,453	76,814	78,97	65,8587	89,872	94,53	73,01	102,6
2013	120,827	122,4	158,082	109,67	219,69	96,783	39,4	135,297	107,31	224,7	136,6	96,82
2014	180,477	118,982	169,148	84,779	76,114	88,537	56,116	58,181	71,3	78,82	71,3	119,6
2015	109,201	88,08	78,371	228,39	53,164	189,482	82,678	74,743	61,331	27,49	54,71	63,33
2016	240,6	129,6	88,78	179,86	57,257	55,35	76,756	73,633	87,572	192	103,3	95,3
2017	127,004	177,903	160,822	125,89	104,4	171,49	100,35	88,792	139,49	85,9	131	62,26
2018	106,518	183,538	68,263	68,167	165,53	75,796	65,89	40	67,29	171	170,4	66,72
2019	49,545	99,921	56,502	120,87	114,61	54,578	97,9	91,771	50,935	38,08	66,09	98,41
2020	67,976	131,096	113,967	100,71	163,54	193,209	36,883	70,65	81,877	114,9	24,59	96,1
2021	189,848	186,307	64,218	99,544	198,86	200,231	227,95	141,672	188,89	80,98	73,17	65,65
2022	124,487	175,775	150,086	154,22	77,246	61,5	64,263	82,555	113,68	79,42	118,8	111,7
2023	130,9	13,888	90,048	66,293	87,641	64,679	73,509	188,205	110,52	98,2	100,7	70,32

Data pada tabel di atas masih disajikan dalam bentuk harian dan sudah mengalami proses transformasi agregasi atau perhitungan ke dalam skala bulanan, tahunan, dan periode 23 tahun

4.2.5 Normalisasi

Agar seluruh fitur numerik berada pada skala yang sama, lakukan normalisasi data menggunakan teknik *Min-Max Scaling*. Normalisasi ini penting karena algoritma *K-Means* menghitung jarak *Euclidean*, sehingga fitur dengan skala lebih besar dapat mendominasi proses pengelompokan. Adapun rumus *Min-Max Scaling*:

$$x^1 = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

(12)

Keterangan:

- x : Nilai Asli Fitur
- $x_{max} - x_{min}$: Nilai Minimum dan maksimum fitur pada seluruh dataset
- x^1 : hasil normalisasi (dalam rentang 1)

Contoh Perhitungan Min-Max Data Curah Hujan :

Diketahui $x = 98.75133333$, $x^1 = 0.004432399$

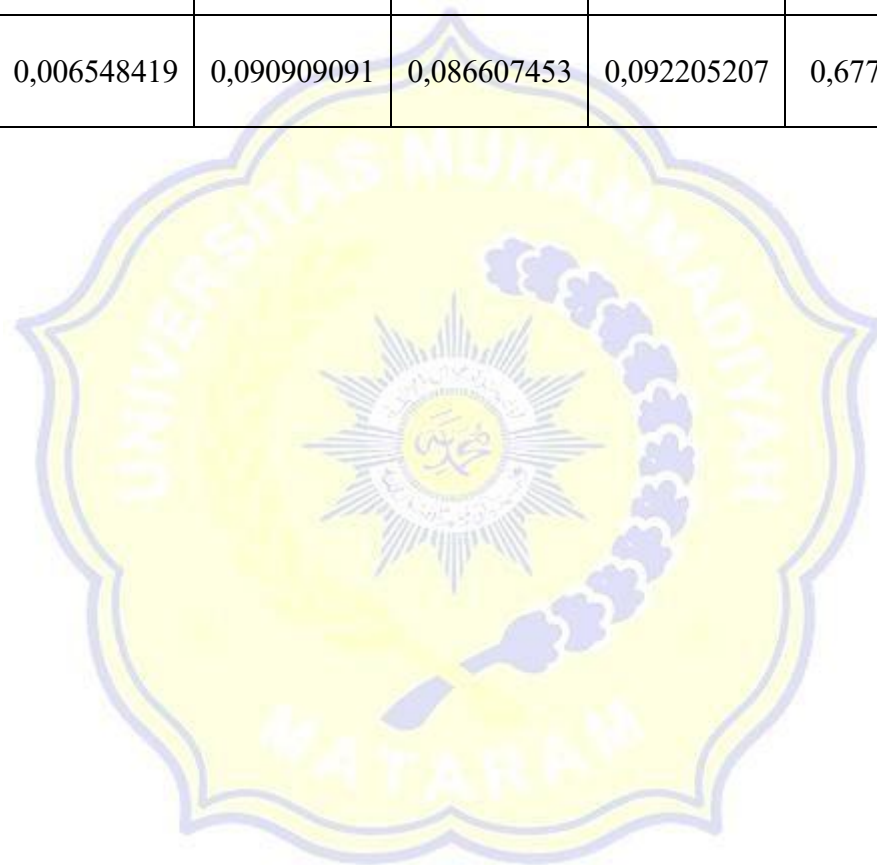
$$x^1 = \frac{98.7513 - \min}{\max - \min} = 0.004422499$$

$$98.7513 - \min = 0.004422499$$

Tabel 4.10 Setelah Menggunakan *Min-Max Scaling*

No	Nama kabupaten kota	Curah hujan	Hama	Produksi jagung	Luas panen	Produktivitas	Tahun
1	Kota Bima	0,004422499	0,800940439	0,064647681	0,067320398	0,692654857	2023
2	Kota Mataram	0,00625178	0,001567398	0,001157431	0,001138729	0,733160329	2023
3	Kabupaten Lombok Utara	0,006548419	0,086206897	0,089889684	0,082527378	0,785625635	2023
4	Kabupaten Sumbawa Barat	0,003921658	0,213166144	0,128225214	0,116470214	0,794087781	2023
5	Kabupaten Bima	0,004422499	0	0,98471206	0,80433862	0,883109557	2023
6	Kabupaten Dompu	0,004422499	0,387147335	0,635813147	0,512720498	0,894505247	2023
7	Kabupaten Sumbawa	0,003921658	0,307210031	0,984998219	0,874499023	0,812478845	2023
8	Kabupaten Lombok Timur	0,006548419	0,337460815	0,237409537	0,223965102	0,764639513	2023

9	Kabupaten Lombok Tengah	0,006548419	0,223197492	0,114496252	0,128604535	0,642220467	2023
10	Kabupaten Lombok Barat	0,006548419	0,090909091	0,086607453	0,092205207	0,677535823	2023



Tabel 4.17 menyajikan data yang telah mengalami proses normalisasi menggunakan metode *Min-Max Scaling*, di mana setiap nilai fitur diubah ke dalam rentang antara 0 hingga 1 untuk menghilangkan perbedaan skala antar variabel.

4.3. Seleksi Fitur Filter Method

Seleksi fitur pada penelitian Analisis dan implementasi algoritma *K-Means Clustering* dilakukan dengan tujuan memperoleh subset fitur yang benar-benar relevan sehingga dapat mengurangi redundansi data, meminimalisir noise dari fitur yang tidak penting, serta meningkatkan efisiensi komputasi dan kinerja model. Dengan demikian, hasil kluster yang diperoleh menjadi lebih valid dan mudah diinterpretasikan, sehingga dapat merepresentasikan pola nyata dalam data serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat, khususnya pada sektor-sektor seperti pertanian dan produksi yang menjadi fokus penelitian ini.

4.3.1 Metode Seleksi Fitur Filter Method dengan Koefisien Korelasi

Metode *filter* dalam seleksi fitur merupakan pendekatan pramodelling yang mengevaluasi fitur tanpa perlu melibatkan algoritma prediksi atau *learning*. Seleksi dilakukan berdasarkan karakteristik statistik setiap fitur terhadap *variabel* target atau kelas. Pada penelitian ini, digunakan teknik koefisien korelasi, yang merupakan ukuran kekuatan dan arah hubungan linear antar *variabel* dalam hal ini antara fitur kandidat Luas panen, produksi jagung, hama dan variabel target (produktivitas).

4.3.2 Proses Seleksi Fitur Koefisien Korelasi

Langkah-langkah implementasi teknik seleksi fitur pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Penyusunan variabel awal

Data penelitian menggabungkan lima fitur utama yang relevan dengan produksi jagung, meliputi:

- a. Produktivitas (sebagai variabel target)
 - b. Luas panen
 - c. Produksi Jagung
 - d. Serangan hama
 - e. Curah hujan
2. Adapun rumus Koefisien korelasi:

(13)

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Keterangan:

- x_i = nilai ke-i dari fitur yang diuji (misalnya Luas Panen, Curah Hujan, dll)
- y_i = nilai ke-i dari variabel target (Produktivitas)
- $\bar{x}$ = rata-rata dari seluruh nilai fitur x
- $\bar{y}$ = rata-rata dari seluruh nilai target y
- r_{xy} = Nilai korelasi person antara fitur x dan target

3. Contoh Perhitungan koefisien korelasi:

a. Hitung Rata-Rata:

$$\bar{x} = \frac{8848.8 + 11210.5 + 13500.2 + 9200 + 11000}{5} = 1075.9$$

$$\bar{y} = \frac{21.764 + 23.0 + 24.6 + 22.3 + 23.1}{5} = 22.9528$$

b. Hitung Penyebut:

$$\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{(19003.1)^2 + (458.6)^2 + \dots} = 3695.3$$

$$\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{(-1.1888)^2 + \dots} = 2.2$$

h. Hitung Korelasi:

$$r = \frac{7858.8}{3695.3 \times 2.2} = \frac{7858.8}{8129.66} = 0.543$$

Adapun tabel uji korelasi setiap fitur pada kolom target awal pada tabel

Tabel 4.13 Uji Korelasi Setiap fitur

Fitur	Koefisien Korelasi	Korelasi absolut
Produksi jagung	0.543258	0.543258
Luas panen	0.518234	0.518234
Curah hujan	-0.419548	0.419548
Hama	-0.272855	0.272855

Data pada tabel 4.13 menunjukkan hasil analisis korelasi, yang digunakan untuk mengetahui kekuatan serta arah hubungan antara setiap fitur dan variabel target.

4. Seleksi fitur berdasarkan hasil korelasi
 - a. Fitur yang memiliki nilai korelasi absolut paling tinggi baik positif atau negatif diseleksi untuk analisis lanjutan.
 - b. Fitur dengan korelasi rendah dieliminasi karena kontribusinya yang minim terhadap variasi hama

Dari hasil perhitungan korelasi terhadap data yang telah dibersihkan dan terstandarisasi:

- a. Fitur yang lolos seleksi:

Tabel 4.14 Fitur lolos seleksi

Fitur	Koefisien Korelasi	Korelasi absolut
Produksi jagung	0.543258	0.543258
Luas panen	0.518234	0.518234
Curah hujan	-0.419548	0.419548

Tabel 4.14 di atas menyajikan daftar fitur yang lolos seleksi berdasarkan kriteria relevansi dan kontribusi terhadap variabel target.

b. Fitur yang dieliminasi:

Tabel 4.15 fitur yang di eliminasi

Fitur	Koefisien Korelasi	Korelasi absolut
Hama	-0.272855	0.272855

Fitur eliminasi pada tabel ini merupakan variabel yang dihapus setelah dilakukan evaluasi korelasi dan kontribusi terhadap model. Serangan hama memiliki korelasi yang rendah atau tidak signifikan secara statistik terhadap produktivitas. Faktor ini menyebabkan fitur tersebut didiskualifikasi dari proses klasterisasi, karena penyertaannya tidak memberi nilai tambah pada model, bahkan berpotensi menimbulkan *noise*.

4.3.3 Reduksi Dimensi Principal Component Analysis(PCA)

Setelah memperoleh fitur terpilih dari proses seleksi fitur, langkah selanjutnya adalah melakukan reduksi dimensi menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Sebelum masuk ke tahap (PCA) semua fitur numerik seperti produksi jagung, luas panen, curah hujan, produktivitas harus di normalisasi agar setara skalanya, lalu setelah normalisasi buat matriks kovariansi untuk melihat hubungan antar fitur, lalu hitung eigenvalue dan eigenvector yang menyatakan besarnya variasi(informasi) oleh masing-masing komponen utama, selanjutnya urutkan komponen utama pilih beberapa komponen utama misalnya 2 yang memiliki eigenvalue terbesar, dan bagian terakhir masuk ke tahap (PCA). Adapun dari beberapa Langkah yang telah di jelaskan tertera rumus dan contoh hitungannya dibawah ini:

1. Normalisasi sebelum PCA

$$\text{Curah Hujan} = \frac{98.75133 - 70}{360 - 70} = \frac{28.75133}{290} = 0.0991$$

2. Hitung Nilai PCA:

$$\text{PC1} = (-0.31)(0.0991) + (0.42)(0.748) + (0.55)(0.592) + (0.56)(0.467) + (0.30)(0.6898) = -0.0307 + 0.3142 + 0.3256 + 0.2615 + 0.2069 = 0.683$$

$$\text{PC2} = (0.83)(0.0991) + (0.29)(0.748) + (0.15)(0.592) + (-0.12)(0.467) + (-0.39)(0.6898) = 0.0823 + 0.2169 + 0.0888 - 0.056 + (-0.269) = 5.68$$

Tabel 4.18 Sebelum melakukan PCA

NO	Nama Kabupaten Kota	Curah Hujan	Hama	Produksi Jagung	Luas Panen	Produktivitas
1	Kota Bima	98,75133	511	45476,7	7407,6	61,39
2	Kota Mataram	139,5979	1	814,2	125,3	64,98
3	Kabupaten Lombok Utara	146,2217	55	63233,3	9080,9	69,63
4	Kabupaten Sumbawa Barat	87,5679	136	90200,6	12815,8	70,38
5	Kabupaten Bima	98,75133	0	692700,1	88505,4	78,27
6	Kabupaten Dompu	98,75133	247	447265,6	56417,2	79,28
7	Kabupaten Sumbawa	87,5679	196	692901,4	96225,5	72,01
8	Kabupaten Lombok Timur	146,2217	215,3	167006,8	24644	67,77
9	Kabupaten Lombok Tengah	146,2217	142,4	80542,9	14151	56,92
10	Kabupaten Lombok Barat	146,2217	58	60924,4	10145,8	60,05

Tabel 4.18 menampilkan data asli sebelum dilakukan proses reduksi dimensi menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*, di mana fitur-fitur masih dalam bentuk skala aslinya tanpa transformasi.

1. Proses Implementasi PCA

PCA diaplikasikan khusus pada fitur yang terpilih produksi jagung, luas panen, dan curah hujan. Adapun Tabel fitur yang terpilih pada Tabel:

Tabell 4.18 fitur terpilih

Curah Hujan	Produksi Jagung	Luas Panen
98,75133333	45476,7	7407,6
139,5979167	814,2	125,3
146,2216667	63233,3	9080,9
87,5679	90200,6	12815,8
98,75133333	692700,1	88505,4
98,75133333	447265,6	56417,2
87,5679	692901,4	96225,5
146,2216667	167006,8	24644
146,2216667	80542,9	14151
146,2216667	60924,4	10145,8

Tabel 4.18 menampilkan fitur-fitur yang terpilih setelah proses seleksi menggunakan metode *Principal Component Analysis (PCA)*, yang bertujuan untuk mereduksi dimensi data dan mempertahankan variansi signifikan dalam dataset. Selanjutnya, seluruh fitur dilakukan *PCA* dengan jumlah kolom PC1 dan PC2.

Adapun kolom PC1 dan PC2 pada Tabel 4.19:

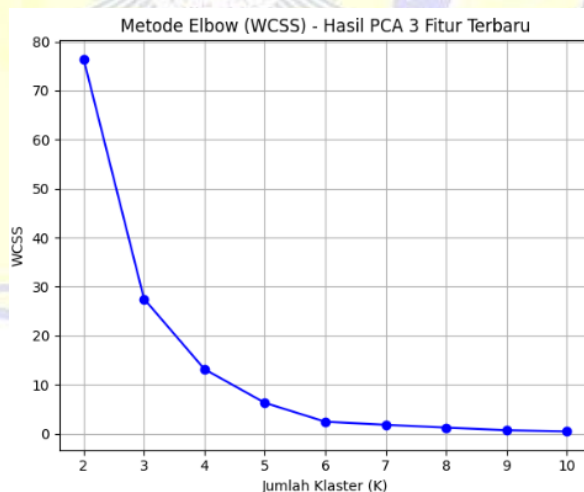
Kabupaten/kota 5 Baris	Principal Component 1	Principal Component 2
Kabupaten Bima	-6.847488e-01	-5.688726e-01
Kabupaten Bima	-4.210526e-01	-5.120766e-01
Kabupaten Bima	4.727204e-01	-3.185297e-01
Kabupaten Bima	-1.512043e-17	-4.582705e-17
Kabupatten Bima	3.888038e+00	4.797749e-01

Kolom PC1 dan PC2 pada Tabel 4.19 menunjukkan skor komponen utama pertama dan kedua yang merupakan kombinasi *linear* dari variabel asli, yang secara bersama-sama menjelaskan proporsi terbesar dari variansi total dalam dataset. Hasil transformasi PCA dapat divisualisasikan dalam Tabel (misalnya PC1 dan PC2) pada Tabel 4.19 untuk menunjukkan distribusi wilayah sebelum dilakukan proses klusterisasi.

4.4 Penentuan Jumlah Kluster

Setelah data direduksi dengan *PCA*, penentuan jumlah kluster optimal dilakukan terhadap data hasil transformasi *principal component* menggunakan metode *Elbow* seperti pada sistematika analisis yang telah disusun. Pada tahap ini, dilakukan penentuan jumlah kluster yang paling optimal setelah data mengalami transformasi melalui *Principal Component Analysis (PCA)*. Proses ini bertujuan memastikan bahwa pembentukan kluster dilakukan secara objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara statistik, dengan memperhatikan struktur data aktual yang telah direduksi dimensi utamanya. Penentuan kluster menggunakan *Elbow Within-Cluster Sum of Squares (WCSS)* Metode *Elbow* berfokus pada nilai *WCSS*. *WCSS* adalah ukuran seberapa kompak kluster-kluster yang dihasilkan. Nilai *WCSS* dihitung sebagai jumlah kuadrat jarak setiap titik data ke pusat kluster (*centroid*) kluster tempat titik data itu berada, kemudian dijumlahkan untuk semua kluster.

Adapun gambar *WCSS* pada gambar:



Gambar 4.3 grafik *Elbow*

Grafik menunjukkan hubungan antara jumlah kluster dan nilai *WCSS*. Terlihat ada penurunan yang signifikan *WCSS* saat jumlah kluster bertambah dari 2 ke 3, dan setelah itu penurunan melambat. Titik "*elbow*"

(siku) terjadi pada jumlah klaster 3, yang menandakan bahwa menggunakan 3 klaster mungkin merupakan pilihan yang optimal dalam hal pengelompokan data.

4.5 Implementasi Algoritma *K-Means*

Implementasi algoritma *K-Means* pada penelitian ini dilakukan setelah tahap penentuan jumlah klaster yang optimal. Data yang telah melalui proses prapemrosesan kemudian digunakan sebagai input untuk proses klasterisasi. Proses implementasi ini bertujuan untuk mengelompokkan data kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan variabel curah hujan, luas panen, produksi jagung, produktivitas dan jumlah serangan hama, sehingga dapat diperoleh peta sebaran wilayah dengan tingkat produktivitas jagung yang berbeda. Tahapan implementasi *K-Means* dalam penelitian ini meliputi inisialisasi *centroid* awal, perhitungan jarak *Euclidean*, pembaruan posisi *centroid*, serta iterasi hingga kondisi konvergen tercapai. Adapun tahapan Implementasi *K-Means* dalam penelitian ini:

4.5.1 Inisialisasi Centroid

Tahap awal dalam algoritma *K-Means* adalah menentukan titik pusat awal atau *centroid* dari masing-masing klaster. Dalam penelitian ini, jumlah klaster yang digunakan adalah $K = 3$ berdasarkan hasil analisis metode *Elbow*. Pemilihan *centroid* awal dilakukan secara acak dari data yang tersedia, di mana setiap *centroid* mewakili perkiraan awal pusat dari kelompok data dengan produktivitas rendah, sedang, dan tinggi.

4.5.2 Perhitungan Jarak Euclidean

Setiap data (nilai produktivitas jagung suatu wilayah) dihitung jaraknya terhadap semua *centroid* yang ada.

Jarak *Euclidean* digunakan karena mampu mengukur kemiripan data secara langsung dalam ruang multi-dimensi. Adapun rumus jarak *euclidean*:

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{(\sum_{m=1}^M (x_{im} - c_{jm})^2)}$$

Keterangan:

- $d(x_i, c_j)$ = Jarak antara data ke-i dengan *centroid* klaster ke-j
- x_{im} = Nilai fitur dari data ke-i pada dimensi ke-m
- c_{jm} = Nilai *centroid* klaster ke-j pada dimensi ke-m
- M = Jumlah dimensi atau fitur data

Contoh perhitungan manual:

Misal data Kabupaten Bima memiliki nilai :

- Luas Panen = 0,85
- Produksi = 0,78
- Produktivitas = 0,65
- Curah Hujan = 0,50
- Serangan Hama = 0,20

Centroid Klaster 1 memiliki nilai:

- Luas Panen = 0,80
- Produksi = 0,75
- Produktivitas = 0,60
- Curah Hujan = 0,55
- Serangan Hama = 0,18

Maka Jarak *eclidean* dihitung:

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{(0,85 - 0,80)^2 + (0,78 - 0,75)^2 + (0,65 - 0,60)^2} \\
 &\quad + (0,50 - 0,55)^2 + (0,20 - 0,18)^2 \\
 &= \sqrt{(0,05)^2 + (0,03)^2 + (0,05)^2 + (-0,05)^2 + (0,02)^2} \\
 &= \sqrt{0,0025 + 0,0009 + 0,0025 + 0,0004} \\
 &= \sqrt{0,0088} = 0,0938
 \end{aligned}$$

4.5.3 Pembaruan Centroid

Setelah semua data dikelompokkan, posisi *centroid* diperbarui dengan menghitung rata-rata semua data yang ada di dalam masing-masing klaster.

Rumus pembaruan *centroid*:

$$c_j = \frac{\sum_{x_i \in \text{Cluster } j} x_i}{n_j}$$

Keterangan:

c_j = nilai centroid baru klaster ke- j

n_j = jumlah data dalam klaster ke- j

Contoh Perhitungan:

Kabupaten	Curah Hujan	Luas Panen	Serangan hama
Lombok Barat	200	500	15
Lombok Tengah	180	550	20
Lombok Timur	220	520	18

Centroid baru untuk klaster 1 dihitung menggunakan rumus:

$$c_j = \frac{\sum x \in c_j}{|C_j|}$$

Untuk variabel Curah Hujan:

$$c_{1,curah} = \frac{200 + 180 + 520}{3} = \frac{600}{3} = 200mm$$

Untuk Variabel Luas Panen:

$$c_{1,Luaspanen} = \frac{500 + 550 + 520}{3} = \frac{1570}{3} = 523.33 \text{ ha}$$

Untuk Variabel hama:

$$c_{1,hama} = \frac{15 + 20 + 18}{3} = \frac{53}{3} = 17.67 \text{ hama terdampak}$$

Seingga centroid baru kluser 1 menjadi:
(200, 523.33, 17.67).

4.5.4 Iterasi Hingga Konvergen

Pada penelitian ini, proses perhitungan jarak Euclidean (4.5.2) dan pembaruan posisi centroid (4.5.3) dilakukan secara berulang hingga tercapai kondisi konvergen. Konvergensi dimaknai sebagai keadaan ketika pembagian kabupaten/kota ke dalam kluster tidak lagi mengalami perubahan signifikan. Dengan kata lain, setiap wilayah telah berada pada kluster yang paling sesuai dengan karakteristiknya.

4.6 Visualisasi dan Analisis Hasil Kluster

Visualisasi dan analisis hasil kluster produksi jagung di wilayah kabupaten/kota Provinsi NTB. Visualisasi ini menunjukkan pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat produksi, luas panen, dan produktivitas jagung sehingga dapat membantu memahami peta sentra produksi, wilayah penopang, dan daerah dengan kontribusi kecil. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat (BPS NTB), Kabupaten Dompu menempati posisi sebagai wilayah dengan produktivitas jagung tertinggi, yakni mencapai 82,46 kuintal/ha pada tahun 2022, meningkat signifikan dibandingkan tahun sebelumnya, yang mengindikasikan adopsi teknologi budidaya yang baik serta penggunaan varietas unggul di wilayah tersebut. Kabupaten Sumbawa memiliki luas panen dan total produksi tertinggi, dengan capaian sekitar 247.732 ton pada tahun 2023, menjadikannya lumbung jagung NTB. Kabupaten Sumbawa Barat sebagai wilayah penyangga, juga menunjukkan kontribusi yang konsisten. Kabupaten Bima dan Kota Bima termasuk wilayah penghasil jagung yang signifikan di NTB bagian timur, meskipun dipengaruhi oleh fluktuasi iklim dan terbatasnya sarana irigasi. Sementara itu, Kabupaten Lombok Timur, Lombok Barat, Lombok Tengah, dan Lombok Utara menunjukkan pola produksi menengah, dengan fluktuasi luas panen dan

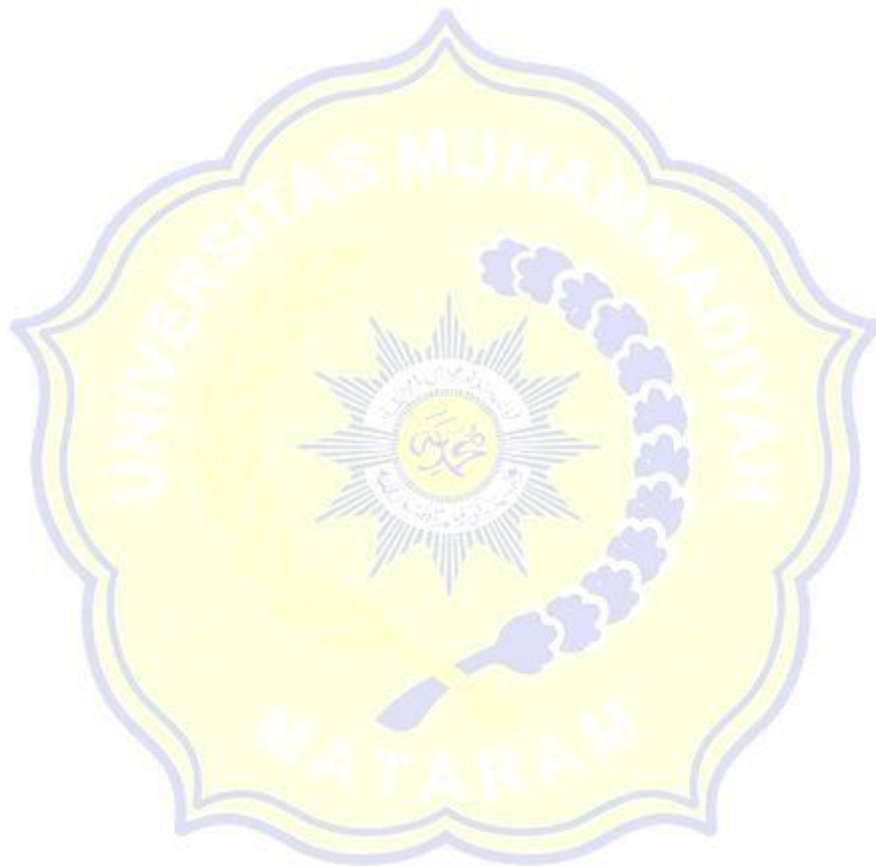
pengaruh hama yang cukup nyata. Kota Mataram, sebagai wilayah administratif perkotaan, memiliki peran terbatas dalam produksi jagung karena keterbatasan lahan, namun tetap dicatat dalam laporan produksi regional. Secara keseluruhan, produksi jagung di NTB mengalami penurunan sekitar 9,82% pada tahun 2023, dengan luas panen tercatat sebesar 179,03 ribu ha dan produksi sebesar 1,28 juta ton, dipengaruhi oleh kondisi iklim ekstrem, serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), dan menurunnya kualitas input produksi seperti benih dan pupuk (BPS NTB 2023). Berikut adalah Tabel 4. 21 hasil produksi jagung menggunakan klaster dengan label "0 sedang," "1 tinggi," dan "2 rendah," :

Tabel 4.21 Hasil produksi jagung per klaster

Klaster	Anggota Wilayah	Keterangan Klaster
1(Tinggi)	Kabupaten Bima, Sumbawa, Dompu	Senstra produksi utama, produksi dan produktivita tinggi.
0(Sedangg)	Lombok Timur, Sumbawa Barat, Lombok Utara	Proudksi dan produktivitas menenangh.
2 (Rendah)	Lombok tengah, Lombok Barat, Kota Bima, Kota Mataram	Produksi dan produktivitas rendah, termaksud wilayah perkotaan dan non sentra

Susunan ini mempertahankan anggota wilayah pada setiap klaster yang telah dianalisis berdasarkan data BPS NTB 2023 dari NTB, dengan klaster 1 mewakili pusat produksi utama yang sangat produktif dan stabil, klaster 0 mewakili wilayah produktivitas sedang, dan klaster 2 berisi wilayah dengan produksi rendah dan karakteristik khusus seperti wilayah perkotaan. Setelah melakukan pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Provinsi NTB berdasarkan hasil produksi jagung, berikut disajikan tabel karakteristik rinci setiap wilayah. Tabel ini memuat data produksi, luas panen, produktivitas, serta ciri khas utama yang menggambarkan peran dan performa masing-masing wilayah dalam mendukung produksi jagung

di NTB. Informasi ini penting untuk memahami konteks khusus tiap kabupaten/kota sebagai dasar pengambilan kebijakan dan perencanaan pengembangan pertanian jagung. Tabel 4.22 karakteristik Setiap Wilayah Berdasarkan Produksi Jagung 2023:



4.6.1 Pemetaan Wilayah Produksi Jagung

Pada bagian ini disajikan visualisasi spasial yang menggambarkan distribusi klaster produksi jagung di tingkat kabupaten/kota. Peta ini menunjukkan pola sebaran wilayah dengan tingkat produksi rendah, sedang, dan tinggi secara geografis, sehingga memudahkan identifikasi sentra produksi utama serta daerah-daerah yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya peningkatan produktivitas. Dengan pemetaan ini, dapat diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi produksi jagung secara spasial dan menjadi dasar analisis serta perencanaan strategi pengembangan pertanian yang lebih tepat sasaran.

4.6.2 Tableau

Pada visualisasi ini, saya menggunakan Dashboard Maps untuk menampilkan distribusi hasil produksi jagung berdasarkan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Peta ini memudahkan kita dalam melihat sebaran geografis data secara lebih intuitif dan interaktif. Setiap wilayah diwarnai sesuai dengan intensitas hasil produksi, sehingga kita dapat dengan cepat mengidentifikasi wilayah dengan produksi tinggi, sedang, maupun rendah. Selain itu, pengguna dapat melakukan eksplorasi lebih lanjut melalui fitur interaktif seperti tooltip yang menampilkan informasi detail saat kursor diarahkan ke suatu wilayah. Visualisasi ini sangat membantu dalam memahami pola spasial dan mendukung pengambilan keputusan berbasis wilayah.

Adapun gambar pemetaan wilayah menggunakan visualisasi dashboard tableau sesuai dengan tingkat produksi rendah, tinggi dan sedang pada Gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.4 Visualisasi Peta Tableau

Berdasarkan data klaster produksi jagung yang ditampilkan pada peta, dapat disimpulkan bahwa beberapa kabupaten/kota memiliki variasi klasifikasi produksi yang berbeda-beda. Adapun Pembagian wilayah berdasarkan label kluster nya di bawah ini.

1. Wilayah dengan Kategori Klaster 0 (Sedang)

Beberapa kabupaten di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang tergolong dalam klaster 0 atau kategori sedang dalam produksi jagung mencerminkan potensi pertanian yang stabil, namun belum mencapai kapasitas maksimal seperti wilayah-wilayah sentra utama. Kabupaten Lombok Utara masuk dalam kategori ini karena memiliki luas panen yang relatif kecil tetapi menunjukkan produktivitas tinggi. Lombok Timur yang berperan sebagai kontributor utama produksi jagung di Pulau Lombok juga termasuk dalam klaster sedang, meskipun kontribusinya masih lebih kecil dibanding wilayah Pulau Sumbawa. Kabupaten Sumbawa Barat juga tergolong dalam kategori sedang dengan tren produksi jagung yang mulai menunjukkan kestabilan dari tahun ke tahun (BPS NTB,2023).

2. Wilayah dengan Kategori Klaster 1 (Tinggi)

Kabupaten Bima dikategorikan sebagai klaster 1 (tinggi) karena merupakan salah satu penghasil jagung terbesar di NTB, dengan luas lahan dan volume produksi yang mendominasi wilayah bagian

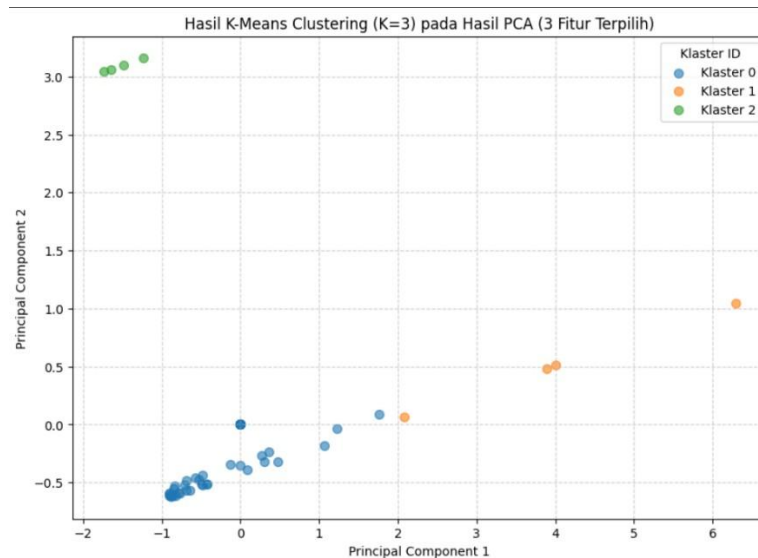
tSumbawa. Kabupaten Dompu pun tergolong dalam klaster ini, dengan produktivitas jagung yang tinggi dan peran penting dalam rantai pasok jagung nasional. Selain itu, Kabupaten Sumbawa juga berada dalam klaster 1, dikenal memiliki lahan panen terluas di NTB dan merupakan bagian dari basis program PIJAR (Padi, Jagung, dan Rumput Laut), menjadikannya sebagai salah satu sentra utama produksi jagung di provinsi ini (BPS NTB,2023).

3. Wilayah dengan Kategori Klaster 2 (Rendah)

Klaster 2 menunjukkan wilayah-wilayah dengan produksi jagung yang tergolong rendah. Kabupaten Lombok Barat dan Lombok Tengah termasuk dalam kategori ini karena volume produksi yang lebih kecil dibandingkan kabupaten lain, meskipun memiliki potensi pertanian yang luas. Kota Bima masuk dalam klaster rendah karena, meskipun wilayahnya kecil, tetap berkontribusi terhadap produksi jagung dalam skala menengah. Sementara itu, Kota Mataram berada dalam kategori ini karena produksi jagungnya sangat kecil dan wilayahnya tergolong sebagai daerah perkotaan yang bukan sentra pertanian jagung (BPS NTB,2023).

4.7 Evaluasi Dan Interpretasi

Adapun evaluasi hasil K-Means clustering dengan PCA dengan fitur terpilih di tampilkan pada Gambar 4.3 dibawah ini:



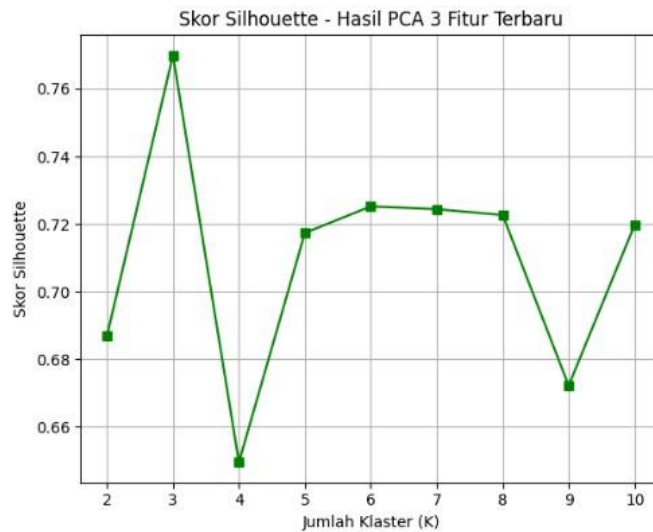
Gambar 4.3 Hasil Klustering menggunakan K=3

1. Sumbu *horizontal* menampilkan *Principal Component 1*
2. Sumbu *vertikal* menampilkan *Principal Component 2*
3. Warna titik menunjukkan keanggotaan klaster: Klaster 0 (biru), Klaster 1 (oranye), dan Klaster 2 (hijau).

4.7.1 Silhoutte Score

Menghitung tingkat pemisahan objek pada masing-masing klaster berdasarkan rata-rata jarak intra-klaster dan inter-klaster. Nilai silhouette berkisar antara -1 hingga 1, semakin tinggi nilainya menunjukkan pemisahan klaster yang semakin baik dan kohesif. (Ayu et al., 2019)

Adapun gambar grafik *Silhoutte score* pada gambar 4.4:



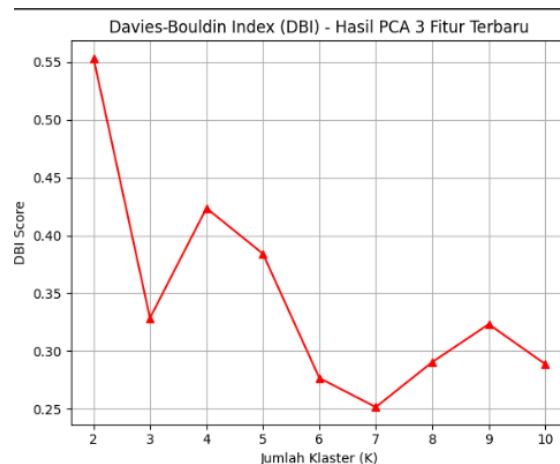
Gambar 4.4 Grafik *Silhouette score*

Grafik menunjukkan nilai skor *silhouette* untuk berbagai jumlah kluster. Skor *silhouette* menggambarkan kualitas pengelompokan; semakin tinggi nilainya, semakin baik kluster tersebut. Terlihat bahwa skor paling tinggi terjadi pada jumlah kluster 3. Skor *silhouette* cenderung stabil di angka sekitar 0.70 untuk jumlah kluster dari 5 hingga 10, dengan sedikit fluktuasi.

4.7.2 Davies-Bouldin Score

Mengukur rasio kekompakan intra-kluster terhadap sebaran antar-kluster. Nilai DBI yang lebih kecil menandakan pembentukan kluster yang lebih baik karena kluster lebih kompak dan terpisah dengan jelas (Ayu et al., 2019)

Adapun gambar grafik *Davies-Bouldin Index* pada gambar:



Gambar 4.5 grafik *Davies-Bouldin Index*

Grafik menunjukkan Terdapat beberapa titik data yang menunjukkan nilai DBI untuk setiap jumlah kluster yang berbeda. Nilai DBI tertinggi tercatat pada jumlah kluster 2, mencapai sekitar 0.55. Terdapat penurunan nilai DBI yang signifikan pada jumlah kluster 3, hingga sekitar 0.35. Nilai DBI tampak stabil dan relatif rendah (antara 0.25 hingga 0.35) mulai dari kluster 4 hingga 10.

Adapun Gambar pembagian 10 kolom teratas kluster wilayah dengan label kluster pada Tabel 4.23:

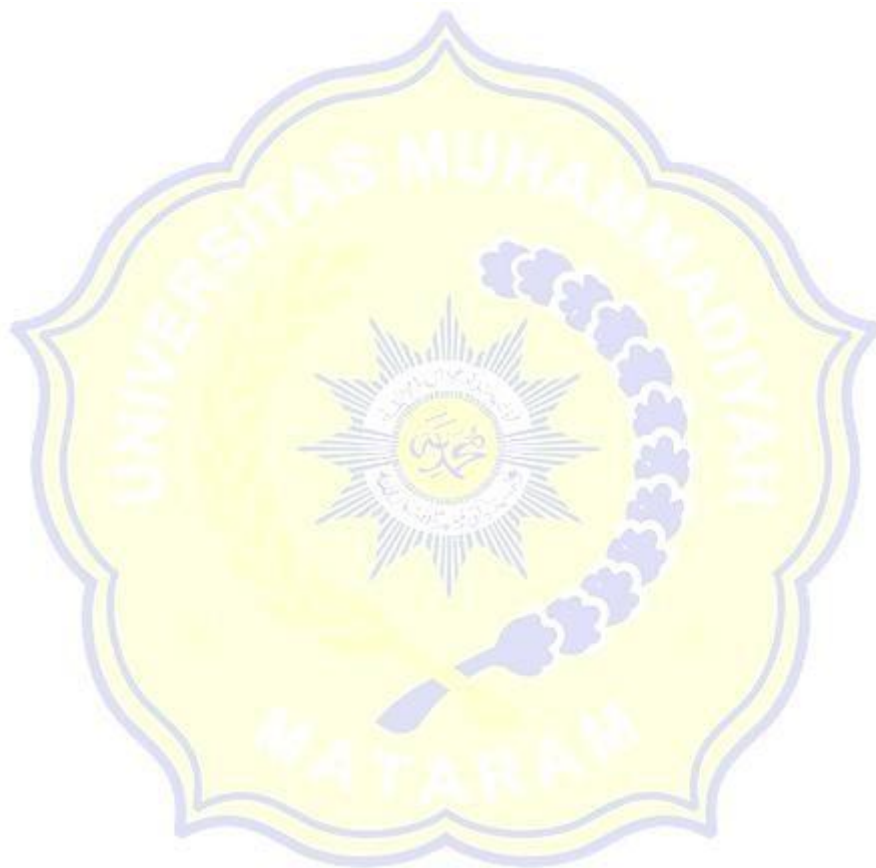
Tabel 4.23 pembagian Kluster

Kabupaten/Kota	Kluster	Label Kluster
Kota Bima	2	Rendah
Kota Mataram	2	Rendah
Kabupaten Lombok Utara	0	Sedang
Kabupaten Sumbawa Barat	0	Sedang
Kabupaten Bima	1	Tinggi
Kabupaten Dompu	1	Tinggi
Kabupaten Sumbawa	1	Tinggi
Kabupaten Lombok Timur	0	Sedang
Kabupaten Lombok Tengah	2	Rendah
Kabupaten Lombok Barat	2	Rendah

4.7.2 Interpretasi Hasil Klusterisasi

Berdasarkan hasil pengelompokan menggunakan algoritma K-Means dengan jumlah kluster optimal $K = 3$, diperoleh pembagian wilayah penelitian ke dalam tiga kategori utama,

yaitu Tinggi, Sedang, dan Rendah. Penentuan kategori ini dilakukan dengan mengurutkan nilai centroid dari setiap klaster pada variabel utama (produktivitas jagung), kemudian dianalisis bersama variabel pendukung seperti Luas Panen, Produksi Jagung, Curah Hujan, dan Serangan Hama.



Rentang nilai pada setiap variabel berikut menunjukkan batas minimum dan maksimum dari data asli di masing-masing klaster, yang merepresentasikan karakteristik umum tiap kelompok wilayah. Tabel 4.24 berikut menyajikan detail range nilai untuk setiap variabel berdasarkan hasil klasterisasi:

Klaster	Luas Panen	Produksi Jagung	Produktivitas	Karakteristik Umum
1(Tinggi)	7.407,60 – 96.225,50	45.476,70- 50.493,88	60,67-61,72	Luas panen dan produksi sangat tinggi, produktivitas tinggi, daerah sentra utama jagung
0(Sedang)	9.080,90 – 24.644,00	63.233,30 – 167.006,80	67,77 – 70,38	Luas panen sedang, produksi menengah, produktivitas cukup baik
2(Rendah)	125,30 – 14.151,00	814,20 – 80.542,90	56,92 – 64,98	Luas panen kecil, produksi rendah, produktivitas rendah hingga sedang

4.8 Tren Produktivitas Jagung

Bagian ini menyajikan analisis tren produktivitas jagung di berbagai kabupaten/kota selama rentang waktu lima tahunan dari tahun 2001 hingga 2023. Melalui data historis ini, dapat diidentifikasi pola kenaikan maupun penurunan produktivitas yang mencerminkan pengaruh faktor teknologi, pengelolaan lahan, dan kondisi lingkungan di masing-masing wilayah. Insight ini penting sebagai bahan evaluasi dampak program peningkatan produktivitas serta dasar perencanaan kebijakan pertanian yang lebih tepat sasaran untuk keberlanjutan produksi jagung nasional.

Adapun Gambar diagram batang tren produktivitas jagung tiap kabupaten/kota setiap 5 tahun dari tahun 2001-2013 pada gambar di bawah ini:

1. Diagram Batang Kabupaten Bima

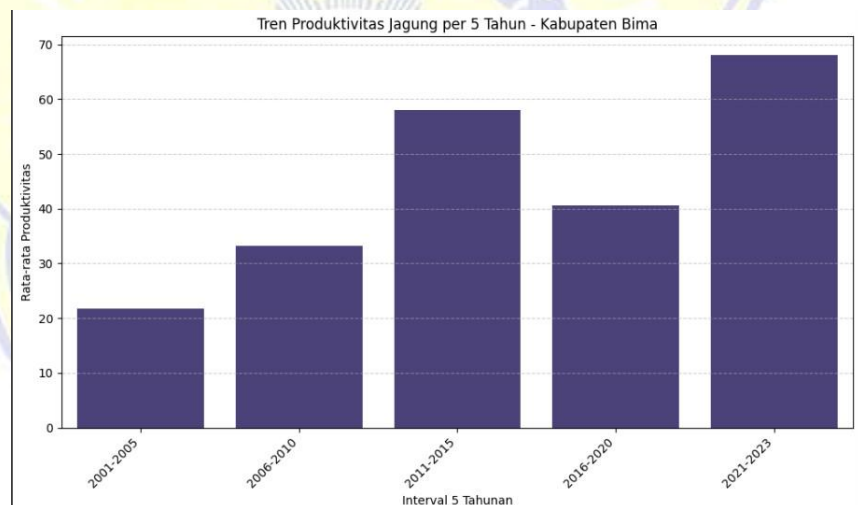


Diagram 4.6 kabupaten bima

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Bima selama dua dekade, dari tahun 2001 hingga 2023, dengan interval lima tahun. Dari Gambar Grafik diatas, terlihat bahwa pada periode 2001-2005, rata-rata produktivitas hanya sekitar 20, sedangkan pada periode 2006-2010 ada kenaikan yang lebih sedikit. Puncak tertinggi terjadi antara tahun 2011-2015 dengan produktivitas mencapai lebih dari 60, sebelum turun sedikit

pada periode 2016-2020, dan kembali meningkat lagi pada 2021-2023. Ini menunjukkan fluktuasi yang signifikan dalam produktivitas jagung di daerah tersebut.

2. Diagram Batang Kabupaten Dompu

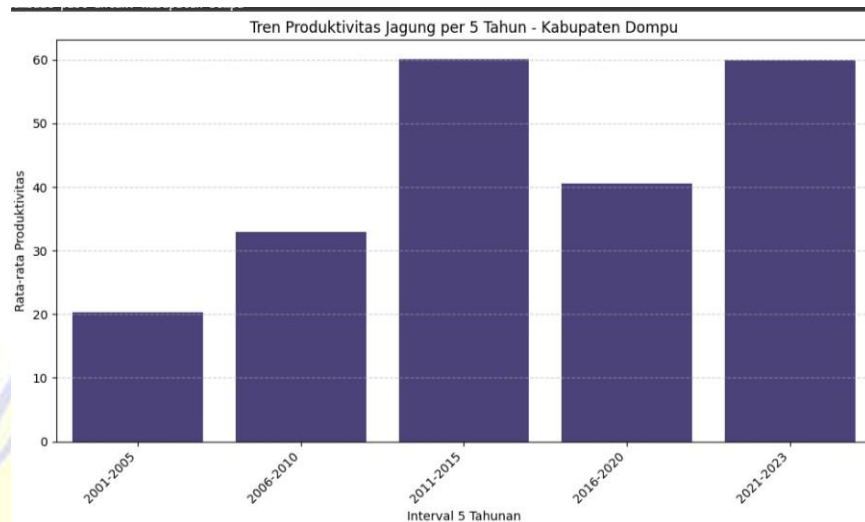


Diagram 4.7 kabupaten Dompu

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Dompu dengan interval waktu lima tahun. Dari tahun 2001 hingga 2005, rata-rata produktivitas berada pada angka yang sangat rendah, sekitar 20. Hal ini meningkat pada periode 2006-2010, meskipun tergolong stabil dengan produktivitas yang mencapai sekitar 30. Puncak produktivitas terjadi pada periode 2011-2015, di mana angka produktivitas melonjak signifikan hingga mencapai lebih dari 60. Namun, pada periode 2016-2020, terjadi penurunan yang cukup tajam menjadi sekitar 40, sebelum kemudian kembali naik menjadi lebih dari 60 pada periode 2021-2023. Secara keseluruhan, diagram ini menggambarkan fluktuasi produktivitas jagung dari tahun ke tahun dengan kecenderungan positif di akhir periode pengamatan.

3. Diagram Batang Kabupaten Lombok Barat

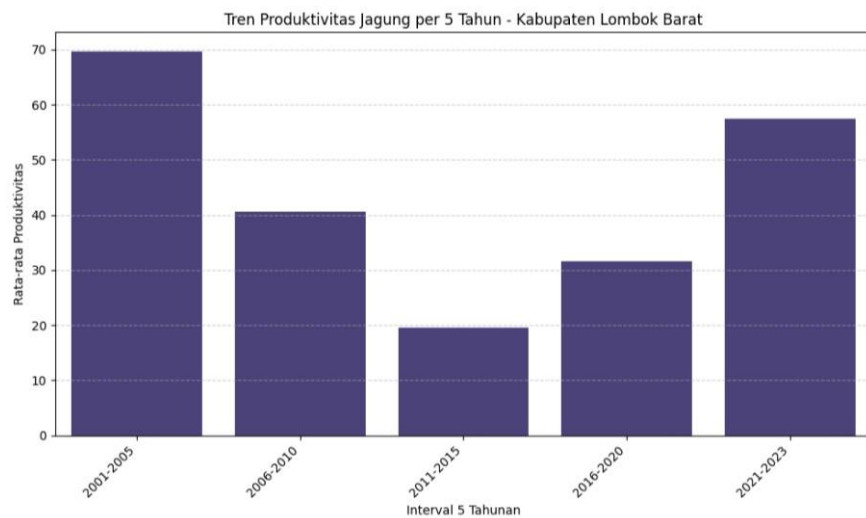


Diagram 4.8 kabupaten Lombok Barat

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Lombok Barat dalam interval lima tahun, dimulai dari tahun 2001 hingga 2023. Dari data yang terlihat, produktivitas jagung mencapai puncaknya pada periode 2001-2005 dengan rata-rata sekitar 70, sebelum mengalami penurunan yang signifikan pada periode 2006-2010 sebesar sekitar 40. Kemudian, selama periode 2011-2015 dan 2016-2020, produktivitas cenderung meningkat kembali meskipun masih di bawah angka awal, dengan nilai sekitar 20-30. Akhirnya, pada periode 2021-2023, terlihat lonjakan produktivitas yang signifikan, mencapai hampir 60, menunjukkan tren positif dalam pertumbuhan produktivitas jagung di wilayah tersebut.

4. Diagram Batang Kabupaten Lombok Tengah

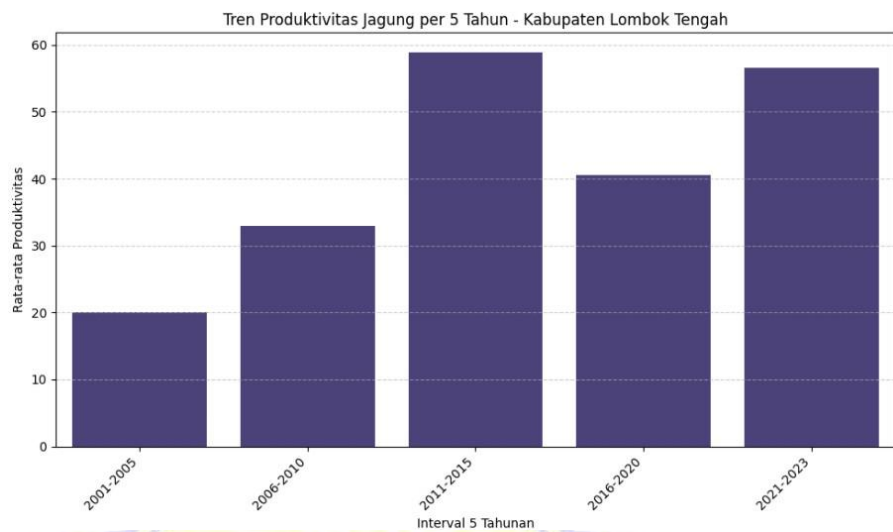


Diagram 4.9 kabupaten Lombok Tengah

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Lombok Tengah selama periode lima tahun antara 2001 hingga 2023. Dari tahun 2001-2005, rata-rata produktivitas jagung relatif rendah, meningkat signifikan pada periode 2006-2010, lalu mencapai puncaknya pada tahun 2011-2015 dengan rata-rata tertinggi. Meskipun ada penurunan sedikit pada periode 2016-2020, produktivitas tetap stabil sebelum kembali meningkat di tahun 2021-2023. Hal ini menunjukkan adanya pertumbuhan dan perkembangan yang positif dalam sektor pertanian jagung di daerah tersebut.

5. Diagram Batang Kabupaten Lombok Timur

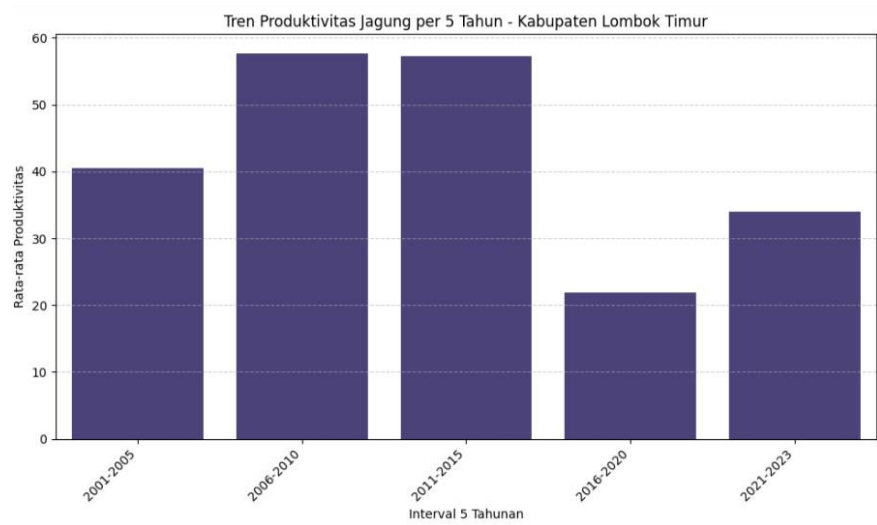


Diagram 4.10 kabupaten Lombok Timur

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Lombok Timur selama lima periode, yaitu dari tahun 2001 hingga 2023. Pada periode 2006–2010, terlihat puncak produktivitas dengan rata-rata mencapai lebih dari 50, menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan periode lainnya. Sementara itu, periode 2001–2005 dan 2011–2015 menunjukkan produktivitas yang relatif stabil namun lebih rendah, di kisaran 40. Periode 2016–2020 mengalami penurunan yang signifikan, dengan nilai produktivitas terendah sekitar 20, dan pada periode 2021–2023 sedikit mengalami peningkatan kembali, tetapi masih di bawah rata-rata periode awal. Secara keseluruhan, diagram ini mencerminkan fluktuasi yang jelas dalam produktivitas jagung di daerah tersebut.

6. Diagram Batang Kabupaten Lombok Utara

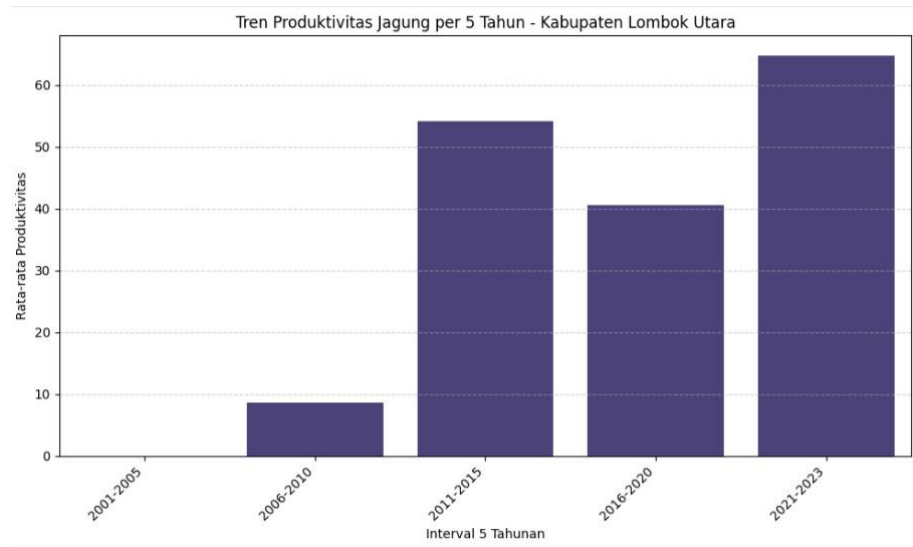


Diagram 4.11 kabupaten Lombok Utara

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Lombok Utara selama periode lima tahun menunjukkan peningkatan signifikan, terutama dari tahun 2011 hingga 2015, yang mencapai rata-rata produktivitas tertinggi di atas 50. Sebelumnya, pada periode 2006 hingga 2010, produktivitas sangat rendah, hampir tidak terlihat. Setelah itu, ada penurunan pada periode 2016 hingga 2020, namun produktivitas kembali meningkat pada 2021 hingga 2023, mendekati angka tertinggi sebelumnya. Grafik ini mencerminkan fluktuasi dalam produktivitas jagung yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk teknik pertanian dan kondisi lingkungan.

7. Diagram Batang Kabupaten Sumbawa

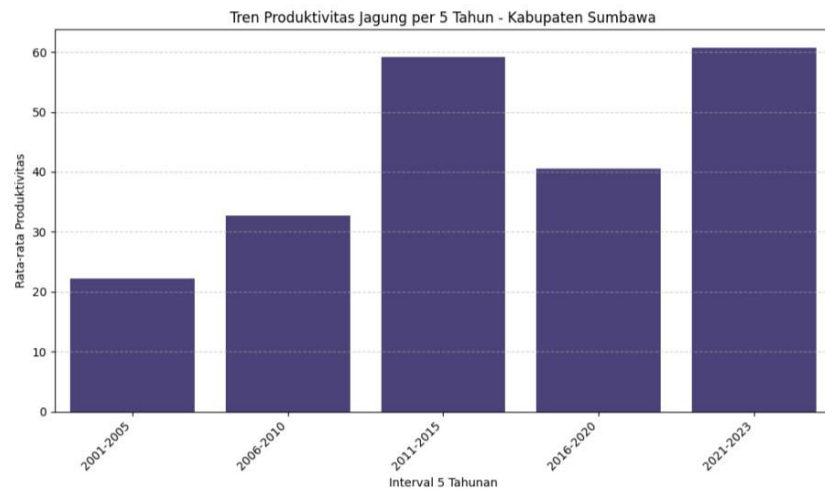


Diagram 4.12 kabupaten Sumbawa

tren produktivitas jagung di Kabupaten Sumbawa dalam rentang waktu lima tahun, dari tahun 2001 hingga 2023. Terdapat lima interval waktu yang diputarkan, yaitu 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2020, dan 2021-2023. Dari diagram terlihat bahwa produktivitas jagung meningkat secara signifikan sejak 2001-2005 hingga mencapai puncak tertinggi pada periode 2011-2015, dengan rata-rata produktivitas sekitar 60. Setelah itu, tampak penurunan yang menjadi stabil pada interval 2016-2020, diikuti oleh sedikit peningkatan pada periode terakhir 2021-2023. Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan bahwa meskipun ada fluktuasi, ada kecenderungan peningkatan produktivitas jagung di Kabupaten Sumbawa selama dua dekade terakhir.

8. Diagram Batang Kabupaten Sumbawa Barat

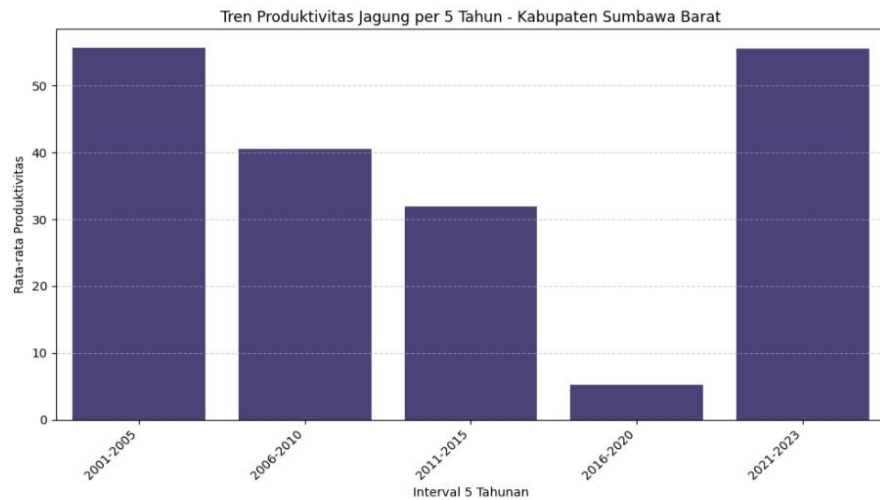


Diagram 4.13 kabupaten Sumbawa Barat

Tren produktivitas jagung di Kabupaten Sumbawa Barat selama interval lima tahun dari 2001 hingga 2023. Berdasarkan data, terlihat bahwa rata-rata produktivitas jagung mencapai puncaknya pada tahun 2001-2005, dengan nilai lebih dari 50, kemudian mengalami penurunan drastis hingga ke level terendah pada periode 2016-2020, sebelum kembali meningkat tajam pada tahun 2021-2023, mendekati angka yang tercatat di awal periode. Grafik ini menunjukkan fluktuasi yang signifikan dalam produktivitas jagung di daerah tersebut, menggambarkan tantangan dan perkembangan dalam sektor pertanian lokal.

9. Diagram Batang Kabupaten Kota Bima

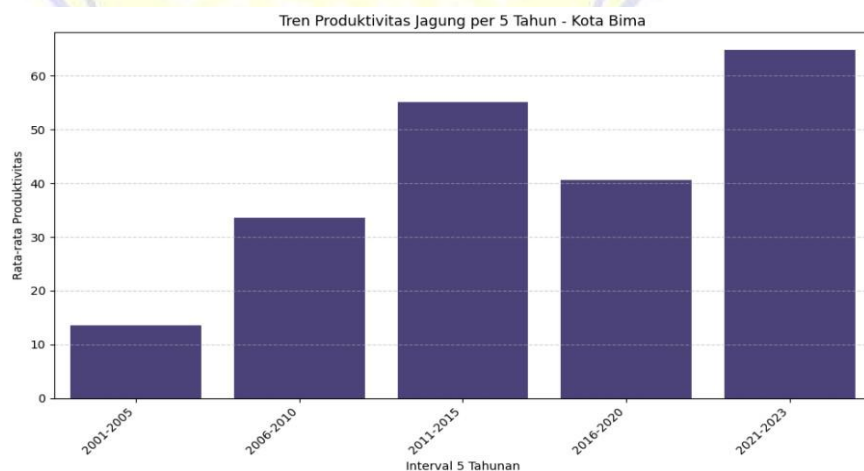


Diagram 4.13 Kota Bima

Diagram tren produktivitas jagung per lima tahun di Kota Bima dari tahun 2001 hingga 2023. Dalam periode 2001-2005, rata-rata produktivitas jagung sangat rendah, sekitar 10 unit, dan mengalami peningkatan pada periode 2006-2010 mencapai sekitar 30 unit. Selanjutnya, produktivitas melonjak signifikan pada periode 2011-2015 hingga mencapai lebih dari 50 unit. Namun, pada periode 2016-2020, terjadi penurunan produktivitas yang kembali stabil dan meningkat menjadi lebih dari 60 unit pada periode 2021-2023, mencerminkan suatu tren positif dalam pengelolaan dan peningkatan hasil pertanian jagung di daerah tersebut.

10. Diagram Batang Kabupaten Kota Mataram

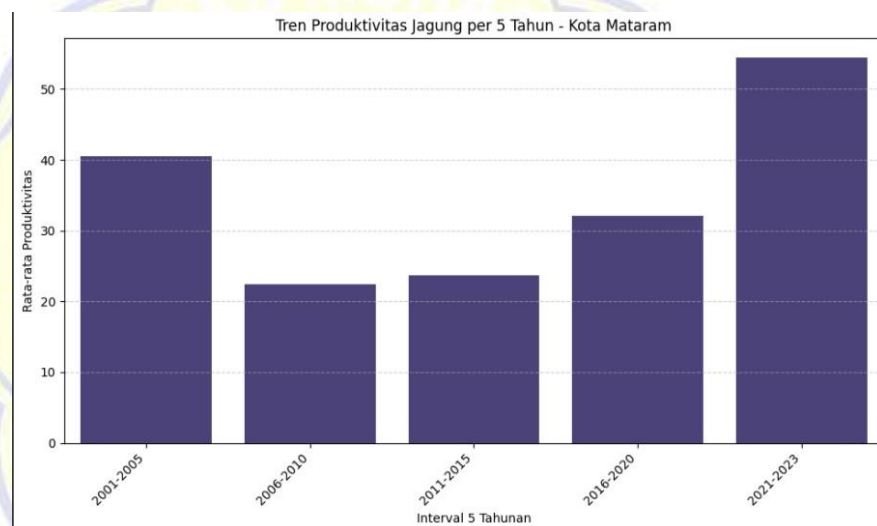


Diagram 4.14 Kota Mataram

Diagram batang diatas menunjukkan tren produktivitas jagung di Kota Mataram dari tahun 2001 hingga 2023, dibagi dalam interval lima tahunan. Pada rentang waktu 2001-2005, rata-rata produktivitas mencapai sekitar 40, menunjukkan performa yang baik. Namun, terjadi penurunan signifikan antara 2006-2010, dengan produktivitas turun menjadi sekitar 20. Interval 2011-2015 menunjukkan sedikit peningkatan, tetapi masih berada di bawah 20. Pada periode 2016-2020, produktivitas kembali meningkat, mendekati 30. Terakhir, pada tahun 2021-2023, terjadi lonjakan

yang signifikan hingga mencapai lebih dari 50, menandakan perbaikan yang substansial dalam produksi jagung di kota tersebut. Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan fluktuasi dengan peningkatan yang signifikan di akhir periode

Secara keseluruhan, tren produktivitas jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat selama periode pengamatan menunjukkan pola peningkatan yang cukup signifikan, meskipun terdapat variasi antarwilayah. Kabupaten Bima dan Kabupaten Dompu menempati posisi tertinggi dalam hal produktivitas, didukung oleh ketersediaan lahan yang luas dan penerapan teknologi pertanian yang lebih baik. Kabupaten Sumbawa dan Sumbawa Barat berada pada kategori sedang, dengan tren yang relatif stabil meskipun sesekali dipengaruhi oleh faktor curah hujan dan kondisi hama. Sebaliknya, wilayah di Pulau Lombok seperti Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Utara, Kota Bima, dan Kota Mataram menunjukkan produktivitas yang cenderung rendah dan stagnan akibat keterbatasan lahan serta meningkatnya alih fungsi lahan untuk non-pertanian. Pola ini menegaskan adanya ketimpangan produktivitas jagung antarwilayah di NTB. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan dan pengembangan yang disesuaikan dengan potensi masing-masing wilayah agar peningkatan produksi jagung dapat dilakukan secara optimal dan berkelanjutan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Hasil Klustering

Hasil klasterisasi berdasarkan fitur terpilih yaitu produksi jagung, luas panen, dan curah hujan berhasil memetakan wilayah Kabupaten/Kota di NTB ke dalam tiga kelompok klaster dengan label berbeda, klaster 0 dengan label "Sedang", klaster 1 "Tinggi", dan klaster 2 "Rendah". Wilayah dalam klaster Sedang meliputi Kabupaten Lombok Utara, Kabupaten Sumbawa Barat, dan Kabupaten Lombok Timur. Klaster Tinggi mencakup Kabupaten Bima, Kabupaten Dompu, dan Kabupaten Sumbawa. Sedangkan klaster Rendah terdiri dari Kota Bima, Kota Mataram, Kabupaten Lombok Tengah, dan Kabupaten Lombok Barat. Pemetaan ini membantu secara akurat mengidentifikasi tingkat produktivitas jagung di setiap wilayah berdasarkan kelompok yang terbentuk, menunjukkan keberhasilan penelitian dalam memberikan gambaran spasial yang jelas dan aplikatif bagi pengelolaan pertanian di NTB.

2. Evaluasi Hasil Davies-Bouldin Index (DBI) dan Silhouette Score

Evaluasi hasil klasterisasi dengan *Davies-Bouldin Index* (DBI) sebesar 0,3285 dan *Silhouette Score* 0,7699 menegaskan performa yang baik dari model *K-Means* yang digunakan. Nilai *Silhouette Score* yang tinggi mengindikasikan pemisahan antar klaster yang jelas dan homogenitas data di dalam setiap klaster, sementara DBI yang rendah menunjukkan jarak antar klaster yang baik dan konsistensi internal yang optimal. Keberhasilan ini didapat dari proses seleksi fitur yang menggunakan metode filter berbasis koefisien korelasi terhadap variabel target produktivitas jagung, dengan fitur terpilih yaitu produksi jagung (korelasi 0,5433), luas panen (0,5182), dan curah hujan (-0,4195). Variabel hama yang memiliki korelasi lebih rendah (-0,2729) dieliminasi, sehingga meningkatkan ketepatan dan

kualitas klasterisasi. Dengan pendekatan ini, penelitian ini berhasil menghasilkan klaster yang representatif dan berkualitas tinggi yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan strategis untuk meningkatkan produktivitas jagung serta pengelolaan sumber daya pertanian di NTB.

5.2 SARAN

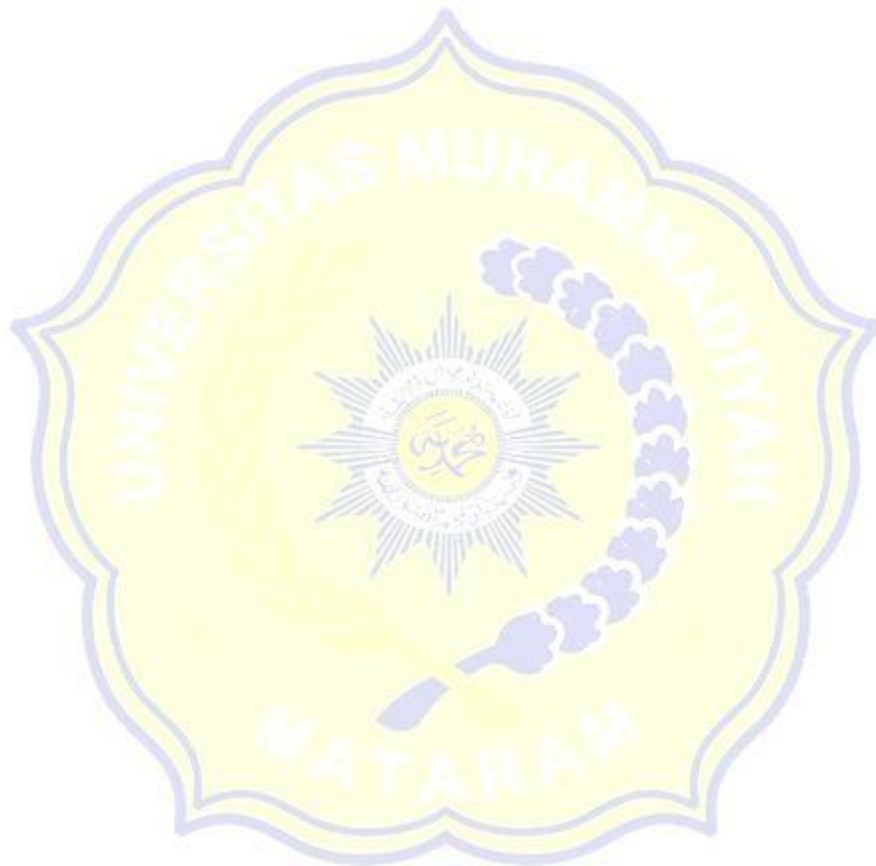
1. Peningkatan Kelengkapan Data dan Optimalisasi Pemanfaatan Hasil Klasterisasi

Untuk meningkatkan kualitas analisis klasterisasi produktivitas jagung di NTB, sangat penting untuk memastikan kesinambungan dan kelengkapan data produksi jagung, curah hujan, serta data terkait hama di seluruh kabupaten/kota. Hal ini bertujuan untuk menghindari bias dalam analisis dan memperoleh hasil klasterisasi yang lebih akurat dan representatif. Selain itu, hasil klasterisasi sebaiknya dimanfaatkan sebagai dasar prioritas dalam pengelolaan pertanian, khususnya pada wilayah dengan tingkat produktivitas sedang dan rendah, agar intervensi dan kebijakan dapat lebih tepat sasaran dan efektif. Mendorong pemanfaatan hasil klasterisasi untuk prioritas pengelolaan pertanian, terutama pada wilayah dengan produktivitas sedang dan rendah.

2. Evaluasi Metode Klasterisasi dan Pengembangan Analisis untuk Produktivitas Jagung

Selanjutnya, disarankan untuk melakukan evaluasi dan validasi lebih lanjut dengan memasukkan indikator kinerja lahan jagung tambahan atau variabel pendukung lain seperti tingkat adopsi teknologi pertanian dan akses irigasi yang dapat memengaruhi produktivitas. Peneliti berikutnya juga dianjurkan untuk mencoba algoritma klasterisasi alternatif seperti *DBSCAN* atau *hierarchical clustering* sebagai pembanding metode, guna memperoleh pemetaan klaster yang lebih komprehensif dan mendalam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan strategis bagi pemerintah daerah dalam mengambil keputusan untuk meningkatkan

produksi jagung serta melakukan mitigasi dampak perubahan iklim dan serangan hama di wilayah NTB.



DAFTAR PUSTAKA

- Aldino, A. A., Darwis, D., Prastowo, A. T., & Sujana, C. (2021a). Implementation of K-Means Algorithm for Clustering Corn Planting Feasibility Area in South Lampung Regency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012038>
- Aldino, A. A., Darwis, D., Prastowo, A. T., & Sujana, C. (2021b). Implementation of K-Means Algorithm for Clustering Corn Planting Feasibility Area in South Lampung Regency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012038>
- Alfarasy Syam, F. (2017). *Implementasi Metode Klastering K-Means Untuk Mengelompokan Hasil Evaluasi Mahasiswa*.
- ANALISIS KINERJA PERDAGANGAN JAGUNG Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian 2024*. (n.d.).
- Arifin, S., Sehabudin, U., & Amanda, D. (2024). Factors Affecting Demand of Corn as Animal Feed in Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Resource and Environmental Economics*, 3(1), 14–23. <https://doi.org/10.29244/ijaree.v3i1.52232>
- Ayu, D., Dewi, I. C., & Pramita, K. (2019). Analisis Perbandingan Metode Elbow dan Silhouette pada Algoritma Clustering K-Medoids dalam Pengelompokan Produksi Kerajinan Bali. In *JURNAL MATRIX* (Vol. 9, Issue 3).
- BAB 2 LANDASAN TEORI 2.1 Pengertian Data Mining*. (n.d.).
- Bai, L., Wang, K., Zhang, Q., Zhang, Q., Wang, X., Pan, S., Zhang, L., He, X., Li, R., Zhang, D., & Han, Y. (2025). A Study of Maize Genotype–Environment Interaction Based on Deep K-Means Clustering Neural Network. *Agriculture (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture15040358>

Bambang Supeno, Tarmizi, Hery Haryanto, Ni Made Laksmi Ernawati, & M. Taufik Fauzi. (2021). Strategi Pengendalian Invasi Hama Baru Ulat Grayak Jagung, *Spodoptera frugiperda*, Di Daerah Sentra Produksi Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal SIAR ILMUWAN TANI*, 2(2), 100–106. <https://doi.org/10.29303/jsit.v2i2.58>

Banyaknya Jumlah Petani Berdasarkan Kecamatan Di Provinsi Jawa Barat Muhammad Yamin Nurzaman, P., & Nurina Sari, B. (2023). Implementasi K-Means Clustering Dalam. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 10(3). <http://jurnal.mdp.ac.id>

Cahaya, D. T., Puspita, D., Syahri, R., Informatika, T., Teknologi, I., Alam, P., Masik, J., No, S., 75, S., Mbacang, K. P., Alam, S., & Selatan, I. (2024). PENERAPAN METODE K-MEANS CLUSTERING UNTUK PENGELOMPOKAN POTENSI PADI DI KOTA PAGAR ALAM. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 8, Issue 2).

Darmawan, S. A. D., & Karmilasari. (2024). Penerapan Metode *K-Means Clustering* dan *Simple Moving Average* untuk Memprediksi Jenis Penyakit di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(4), 877–886. <https://doi.org/10.25126/jtiik.1148703>

Destama, D., Saputra, K., Auliasari, K., & Faisol, A. (2024). PENERAPAN METODE K-MEANS CLUSTERING UNTUK PEMETAAN PENGELOMPOKAN LAHAN PRODUKSI JAGUNG DI KABUPATEN PASURUAN. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 8, Issue 5).

Fauzan, A. (2023). *Peramalan Produktivitas Tanaman Jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2023 Menggunakan Multilayer Perceptron* (Rahardiantoro Septian & Oktarina Desta Sacnaz, Eds.). <https://www.researchgate.net/publication/380890384>

Gede, A., Pradnyana, S., Kom, M., Kom, K., Agustini, S., & Si, M. S. (n.d.). *Konsep Dasar Data Mining*.

Gede Iwan Sudipa, I., Andi Putra, T. E., Jurnaidi Wahidin, A., Alfa Syukrilla, W., Khrisna Wardhani, A., Heryana, N., Indriyani, T., Willyanto Santoso Tutuk Indriyani, L., & Willyanto Santoso, L. (n.d.). *DATA MINING*. www.globaleksekutifteknologi.co.id

Hasan, Y. (2024). Pengukuran Silhouette Score dan Davies-Bouldin Index pada Hasil Cluster K-Means dan DBSCAN. *KAKIFIKOM (Kumpulan Artikel Karya Ilmiah Fakultas Ilmu Komputer)*, 6(1), 60–74. <https://ejournal.ust.ac.id/index.php/KAKIFIKOM/article/view/3938>

<https://ntb.bps.go.id/id/pressrelease/2024/03/01/1019/ntb--2023-luas-panen-dan-produksi-jagung.html>. (n.d.). *Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat*. (2024). *Luas Panen dan Produksi Jagung 2023 di NTB*. BPS Provinsi NTB.

Hudoyo, A., & Nurmayasari, I. (2019). Peningkatan Produktivitas Jagung di. In *Indonesia Indonesian Journal of Socio Economics* (Vol. 1, Issue 2).

Kiwasi Wororomi, J., Felix Reba, Ms., Aleksander Mandowen, S., Alvian Sroyer, M. M., Halomoan Edy Manurung, Ms., Mayko Edison Koibur, Mc., Erna Hudianti Pujiarini, Me., Marwan Ramdhany Edy, Ms., Hajjar Yuliana, Mk., Mukarramah Yusuf, M., & Marta Dinata, R. (n.d.). *DATA MINING (MEMAHAMI POLA DI BALIK ANGKA) PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA*.

Latipa Sari, H. (2023). Penerapan Data Mining Untuk Mengetahui Minat Siswa Pada Pelajaran IPA Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Multidisiplin Dehasen*, 2(4), 693–702.

Marselly, R. (2025). *PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI JAGUNG (Zea mays L.) PADA TANAH RAWA LEBAK YANG DIAPLIKASI BIOCHAR DAN KOMPOS SEKAM PADI GROWTH AND PRODUCTION OF CORN (Zea mays L.) CULTIVATION ON SOIL FROM SWAMPS WHICH WAS APPLIED WITH BIOCHAR AND RICE HUSK COMPOST*.

Mukhtar, H., Maulina Syafutri, T., Aulia Rahman, R., Putra, A., Hafsari, R., Ilmu Komputer, F., & Muhammadiyah Riau, U. (2024). *ANALISIS KESUBURAN PERTANIAN MELALUI IRIGASI DENGAN MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING* (Vol. 4, Issue 2).

Nugraha, A. A., Rahim, A., Achmad, A. F., Nurdy, A. H., Prayoga, E. A., & Yahya, M. A. (2023). Analisis Data Menggunakan Tools Tableau Untuk Visualisasi Data Peserta Tkk Pada Dashboard Bina Konstruksi. *Analisis Data Menggunakan Tools Tableau (Aji, Dkk.) Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(11). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10392727>

Nur Afidah, N. (2023). Penerapan Metode Clustering dengan Algoritma K-means untuk Pengelompokan Data Migrasi Penduduk Tiap Kecamatan di Kabupaten Rembang. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 6, 729–738. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>

Palinggik Allorerung, P., Erna, A., Bagussahrir, M., & Alam, S. (2024). Analisis Performa Normalisasi Data untuk Klasifikasi K-Nearest Neighbor pada Dataset Penyakit. In *Jurnal Informatika Sunan Kalijaga* (Vol. 9, Issue 3).

Potensi, A., Pangan, L., Provinsi, P., Selatan, K., Harjono, R. P., & Pakereng, M. A. I. (2023). Penerapan Metode K-Means Clustering Untuk. In *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* (Vol. 7, Issue 1).

Produktivitas Tanaman Pangan dan Hortikultura. (2021).

Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementrian Pertanian. (2020). *Outlook Komoditas Tanaman Pangan Jagung Tahun 2020* (S. Suyati & T. Tarmat, Eds.; Vol. 78).

Rijal Fadli, M. (2021). *Memahami desain metode penelitian kualitatif*. 21(1), 33–54. <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1>

Riziq sirfatullah Alfarizi, M., Zidan Al-farish, M., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). PENGGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA

PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING. In *Karimah Tauhid* (Vol. 2, Issue 1).

Roslina Imran, Astin Lukum, Wiwin Rewini Kunusa, Yuszda K. Salimi, Erni Mohamad, & Arviani Arviani. (2025). Analisis Kadar N-total Tanah pada Pertumbuhan Tanaman Jagung yang Diberikan Pupuk NPK-Biochar-Kitosan. *Pentagon : Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1), 01–14. <https://doi.org/10.62383/pentagon.v3i1.384>

Saha, T., Karmaker, S., Debnath, S., & Biswas, M. (2020). Solar Light Induced Glass-Supported Zinc Oxide Catalyzed Degradation of Allura Red AC in Aqueous Solution. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 94, 2723–2732. <https://doi.org/10.1134/S0036024420130233>

SALELUA, S. A., & MARYAM, S. (2018). POTENSI DAN PROSPEK PENGEMBANGAN PRODUKSI JAGUNG (*Zea mays* L.) DI KOTA SAMARINDA (Potency and Prospect of Corn Production Development (*Zea mays* L.) in Samarinda City). *JURNAL AGRIBISNIS DAN KOMUNIKASI PERTANIAN (Journal of Agribusiness and Agricultural Communication)*, 1(1), 47. <https://doi.org/10.35941/akp.1.1.2018.1703.47-53>

Shafiani, F., Pertanian, P., Dinas, L., Kabupaten, P., Propinsi, S., & Tenggara Barat, N. (2020a). THE POLICY IMPACT OF INCREASING CORN PRODUCTION AND PRODUCTIVITY ON FOREST AREA IN NTB PROVINCE. In *Jurnal Analis Kebijakan* | (Vol. 4, Issue 1).

Shafiani, F., Pertanian, P., Dinas, L., Kabupaten, P., Propinsi, S., & Tenggara Barat, N. (2020b). THE POLICY IMPACT OF INCREASING CORN PRODUCTION AND PRODUCTIVITY ON FOREST AREA IN NTB PROVINCE. In *Jurnal Analis Kebijakan* | (Vol. 4, Issue 1).

Simangunsong, A. A., Gunawan, I., Nasution, Z. M., & Artikel, G. (2022). Pengelompokan Hasil Produksi Tanaman Perkebunan Berdasarkan Provinsi Menggunakan Metode K-Means Clustering Production of Plantation Crops by Province Using the K-Means Method Article Info ABSTRAK. *JOMLAI:*

Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence, 1(4), 2828–9099.
<https://doi.org/10.55123/jomlai.v1i4.1661>

Sukardi, L., Suparyana, P. K., Septiadi, D., Sukardi, L., Komang Suparyana, P., & Septiadi, D. (2023a). *TINGKAT STABILITAS HASIL PRODUKSI JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT STABILITY LEVEL OF CORN PRODUCTION RESULTS IN WEST NUSA TENGGARA*. 33(1).

Sukardi, L., Suparyana, P. K., Septiadi, D., Sukardi, L., Komang Suparyana, P., & Septiadi, D. (2023b). *TINGKAT STABILITAS HASIL PRODUKSI JAGUNG DI NUSA TENGGARA BARAT STABILITY LEVEL OF CORN PRODUCTION RESULTS IN WEST NUSA TENGGARA*. 33(1).

Tendean, T., & Purba, W. (2020). Analisis Cluster Provinsi Indonesia Berdasarkan Produksi Bahan Pangan Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(2), 5–11. <https://doi.org/10.34013/saintek.v1i2.31>

Thea Rahmani, N., & Didik Hariyono, dan. (2019). Kajian Perubahan Curah Hujan terhadap Produktivitas Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) pada Lahan Kering Study of Rainfall Changes for the Productivity of Corn (*Zea mays L.*) on Dry Land. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(8), 1474–1480.

W Fiqriansyah .M, Putri Aulias syalsa, Syam Risma, Rahmadani Sri A, Frianie Noviasita Trinita, R.L Anugrah Sintiya, N Sari Indah Yustika, Adyani Nurul Andi, Nurdiana Nurdiana, Fauzan Fauzan, Bachok Asisa Nur, Manggabarani Magfira Andi, & Utami Dwi Yunita. (2021). *Teknologi Budidaya Tanaman Jagung Dan Sorgum* (Jumadi Oslan, Junda Muh, Caronge Wiharto, Mu'nisa A, & Iriany Neny, Eds.).

Wangge, M. (2021). *Penerapan Metode Principal Component Analysis (PCA) Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lamanya Penyelesaian Skripsi Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNDANA*. 05(02), 974–988.

Waruwu, M., Pu`at, S. N., Utami, P. R., Yanti, E., & Rusydiana, M. (2025). Metode Penelitian Kuantitatif: Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10(1), 917–932. <https://doi.org/10.29303/jipp.v10i1.3057>

Widaningsih, S. (2019). PERBANDINGAN METODE DATA MINING UNTUK PREDIKSI NILAI DAN WAKTU KELULUSAN MAHASISWA PRODI TEKNIK INFORMATIKA DENGAN ALGORITMA C4,5, NAÏVE BAYES, KNN DAN SVM. *Jurnal Tekno Insentif*, 13(1), 16–25. <https://doi.org/10.36787/jti.v13i1.78>

Wulandari, D., Prahasto, T., & Gunawan, V. (2016). Penerapan Principal Component Analysis untuk Mereduksi Dimensi Data Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pendidikan di Sekolah. *JURNAL SISTEM INFORMASI BISNIS*, 6(2), 91. <https://doi.org/10.21456/vol6iss2pp91-96>

Zhang, W., Liu, J., Tan, S., & Wang, H. (2023). A decomposition-rotation dominance based evolutionary algorithm with reference point adaption for many-objective optimization. *Expert Systems with Applications*, 215, 119424. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119424>