

**PENERAPAN *K-MEANS CLUSTERING* PADA
PRODUKSI PADI DI PROVINSI JAWA BARAT**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan**

Oleh

YUSPYNOZA PRASETYA

NRP : 183010091



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025**

PENERAPAN K-MEANS CLUSTERING PADA PRODUKSI PADI DI PROVINSI JAWA BARAT

Yuspynoza Prasetya
NRP : 183010091

ABSTRAK

Padi adalah komoditas pertanian yang sangat penting untuk ketahanan pangan di Indonesia, dengan Jawa Barat sebagai salah satu penghasil utama. Namun, distribusi produksi padi di Jawa Barat tidak merata, yang menyebabkan beberapa daerah mengalami surplus sementara lainnya defisit pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Barat berdasarkan potensi produksi dan kebutuhan pangan dengan menggunakan metode K-Means Clustering. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah luas panen, produktivitas, dan proyeksi produksi padi tahun 2025. Proyeksi produksi dihitung menggunakan metode Single Moving Average (SMA) dari data produksi padi tahun 2021 hingga 2024. Hasil klasterisasi divisualisasikan dalam bentuk peta menggunakan GeoPandas untuk memudahkan pemahaman distribusi pangan di Jawa Barat. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi ketahanan pangan daerah yang lebih tepat dan efektif.

Kata kunci: Padi, Jawa Barat, Ketahanan pangan, K-Means Clustering, Single Moving Average (SMA), GeoPandas.

APPLICATION OF K-MEANS CLUSTERING OF RICE PRODUCTION IN WEST JAVA

Yuspynoza Prasetya
NRP : 183010091

ABSTRACT

Rice is an essential agricultural commodity for food security in Indonesia, with West Java being one of the main producers. However, rice production distribution in West Java is uneven, leading to some areas experiencing surplus while others face food deficits. This study aims to group districts/cities in West Java based on their rice production and consumption potential using the K-Means Clustering method. The variables used in this research include harvested area, productivity, and predicted rice production for 2025, with projections made using the Single Moving Average (SMA) method from rice production data from 2021 to 2024. The clustering results are visualized in the form of maps using GeoPandas to provide a clear understanding of food distribution in West Java. This research is expected to offer valuable insights for policymakers to formulate more accurate and effective regional food security strategies.

Keywords: rice, West Java, clustering, K-Means, production prediction, linear regression.

**PENERAPAN *K-MEANS CLUSTERING* PADA
PRODUKSI PADI DI PROVINSI JAWA BARAT**

Oleh
YUSPYNOZA PRASETYA
NRP : 183010091

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal

Pembimbing

Penelaah

(Dr. Ir. Toto Ramadhan, MT)

(Ir. Arief Harkat Idram, MT)

Mengetahui,
Ketua Program Studi

(Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, MT)

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Sarjana yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Pasundan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi Kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa Judul Tugas Akhir :

PENERAPAN *K-MEANS CLUSTERING* PADA PRODUKSI PADI DI PROVINSI JAWA BARAT

Adalah hasil kerja saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masingmasing disebutkan sumbernya dengan cara penelitian referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Bandung, 24 April 2025

Yuspynoza Prasetya
183010091

KATA PENGANTAR

Segala puji peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang maha pemberi kasih, pelimpah karunia kepada hambaNya dan penabur ilmu, karena izinya peneliti dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Penerapan K-Means Clustering Pada Produksi Padi di Provinsi Jawa Barat” dengan tepat waktu meskipun peneliti sadar bahwa masih terdapat banyak kekurangan yang masih harus di perbaiki, demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan peneliti terima dengan senang hati. Peneliti ucapkan terimakasih atas bantuan, bimbingan dan semangat kepada peneliti dalam mengerjakan tugas akhir ini sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, ucapan rasa syukur dan terimakasih ini peneliti ucapkan kepada :

1. Orang tua tercinta yang telah membesarkan dan selalu memberikan do’a, dukungan dan motivasi sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. M. Nurman Helmi, DEA. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan saran dan memberikan waktu luangnya untuk proses bimbingan dan membantu peneliti sehingga peneliti dapat dilancarkan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Dr. Drs. Iman Firmansyah, M.Sc. selaku dosen penelaah yang senantiasa memberikan saran, arahan dan nasehatnya dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen yang mengajar di Program Studi Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung yang telah memberikan ilmu, nasehat dan bimbingan selama proses perkuliahan.
5. Teman-teman seperjuangan mahasiswa teknik industri yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada peneliti.
6. Teman-teman alumni Polman Bandung teknik pengecoran logam yang selalu memberikan motivasi kepada peneliti agar tepat waktu.
7. Dyan Nita Wulandari yang selalu memberikan do’a dan semangat setiap peneliti ingin mengerjakan tugas akhir

8. Teman-teman diluar kampus yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada peneliti.
9. Semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir ini yang tidak bisa peneliti ucapkan satu-persatu.

Akhir kata, peneliti berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat diterima serta direspon oleh seluruh pihak. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kepada semua pihak yang telah memberikan do'a, semangat, dan dorongan kepada peneliti. Terimakasih.

Bandung, 24 April 2025

(Yuspynoza Prasetya)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
Bab I Pendahuluan.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-2
I.3 Tujuan Penelitian	I-2
I.4 Manfaat Penelitian	I-3
I.5 Pembatasan Masalah dan Asumsi	I-3
I.5.1 Pembatasan Masalah.....	I-4
I.5.2 Asumsi.....	I-4
I.6 Lokasi Penelitian.....	I-5
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori	II-1
II.1 Produksi Padi dan Ketahanan Pangan.....	II-1
II.2 <i>Single Moving Average</i> (SMA).....	II-2
II.3 <i>K-Means Clustering</i>	II-3
II.4 Sistem Informasi Geografis (GIS)	II-5
II.5 Jurnal Pembandingan.....	II-5

II.5.1	Jurnal berkaitan dengan Metode K-Means <i>Clustering</i>	II-5
II.5.2	Penelitian yang akan dilakukan.....	II-8
II.5.3	Perbedaan dengan Jurnal Pembandingan.....	II-8
Bab III Metodologi Penelitian.....		III-1
III.1	Model Pemecahan Masalah.....	III-1
III.1.1	Identifikasi Masalah.....	III-2
III.1.2	Studi Literatur	III-2
III.1.3	Pengumpulan Data	III-3
III.1.4	Pengolahan Data.....	III-4
III.1.5	Analisis dan Pembahasan.....	III-8
III.1.6	Kesimpulan dan Saran.....	III-9
Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data.....		IV-1
IV.1	Pengumpulan Data	IV-1
IV.1.1	Profil Jawa Barat.....	IV-1
IV.1.2	Data Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat ...	IV-2
IV.1.3	Data Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat	IV-10
IV.1.4	Data Konsumsi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat	IV-11
IV.2	Pengolahan Data.....	IV-13
IV.2.1	Perbandingan Produksi dan Kebutuhan Padi	IV-13
IV.2.2	Persentase Perubahan Luas Panen Padi	IV-17
IV.2.3	Peramalan <i>Single Moving Average</i> Produksi Padi 2025.....	IV-20
IV.2.4	Data <i>Preprocessing</i>	IV-25
IV.2.5	Menentukan Jumlah Kluster.....	IV-32
IV.2.6	K-Means Clustering	IV-36

IV.2.7	Visualisasi Menggunakan <i>GeoPandas</i>	IV-38
Bab V	Analisis Dan Pembahasan	V-1
V.1	Analisis Tingkat Produksi Padi di Jawa Barat	V-1
V.2	Analisis Kebutuhan Padi di Jawa Barat	V-2
V.3	Analisis K-Means Clustering	V-3
Bab VI	Kesimpulan Dan Saran	VI-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 <i>Flowchart</i> Langkah-langkah Penelitian	III-1
Gambar III.2 <i>Flowchart</i> Pengolahan Data	III-5
Gambar IV.1 <i>Import Libraries</i>	IV-26
Gambar IV.2 Perintah <i>Import</i> File CSV ke <i>Dataset</i>	IV-27
Gambar IV.3 Hasil <i>Input</i> Data ke <i>Dataset</i>	IV-27
Gambar IV.4 Perintah Memeriksa <i>Missing Value</i>	IV-28
Gambar IV.5 Hasil Memeriksa <i>Missing Value</i>	IV-29
Gambar IV.6 Perintah Mengduplikasi <i>Dataset</i>	IV-29
Gambar IV.7 Perintah Mengonversi Nilai Kolom DAERAH Menjadi Numerik.....	
.....	IV-30
Gambar IV.8 Perintah Normalisasi <i>Dataset</i>	IV-31
Gambar IV.9 Hasil Normalisasi <i>Dataset</i>	IV-32
Gambar IV.10 Perintah <i>Elbow Method</i>	IV-33
Gambar IV.11 Grafik Jumlah Kluster Optimal Dengan Menggunakan <i>Elbow Method</i>	IV-34
Gambar IV.12 Perintah <i>Silhouette Score</i>	IV-35
Gambar IV.13 Grafik Jumlah Kluster Optimal Dengan Menggunakan <i>Silhouette Score</i>	IV-36
Gambar IV.14 Perintah <i>K-Means Clustering</i>	IV-36
Gambar IV.15 Grafik <i>Scatterplot</i> Hasil <i>K-Means Clustering</i>	IV-37
Gambar IV.16 Perintah Inialisasi <i>Geopandas</i>	IV-38
Gambar IV.17 Perintah memetakan kluster dengan <i>GeoPandas</i>	IV-39
Gambar IV.18 Peta <i>Choropleth</i>	IV-40

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Luas Panen Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Hektar)	IV-3
Tabel IV.2 Produktivitas Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Ton/Hektar)	IV-5
Tabel IV.3 Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Ton)	IV-8
Tabel IV.4 Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Kapita)	IV-10
Tabel IV.5 Lanjutan Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Kapita)	IV-11
Tabel IV.6 Data Konsumsi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat (Kg/Kapita)	IV-12
Tabel IV.7 Kebutuhan Padi Menurut Kabupate/Kota di Jawa Barat (Ton)	IV-14
Tabel IV.8 Lanjutan Kebutuhan Padi Menurut Kabupate/Kota di Jawa Barat (Ton)	IV-15
Tabel IV.9 Hasil Perhitungan Surplus/Defisit Kebutuhan Padi Per Kabupaten/Kota Di Jawa Barat (Ton)	IV-16
Tabel IV.11 Persentase Perubahan Luas Panen Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat	IV-19
Tabel IV.11 <i>Single Moving Average</i> (SMA) persentase perubahan luas panen padi tahun 2025 berdasarkan 3 tahun terakhir	IV-21
Tabel IV.12 Lanjutan <i>Single Moving Average</i> (SMA) persentase perubahan luas panen padi tahun 2025 berdasarkan 3 tahun terakhir	IV-22
Tabel IV.13 Hasil Peramalan Luas Panen, Produktivitas, Produksi Padi Tahun 2025	IV-23
Tabel IV.14 Lanjutan Hasil Peramalan Luas Panen, Produktivitas, Produksi Padi Tahun 2025	IV-24

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara agraris yang sangat bergantung pada sektor pertanian, baik untuk ketahanan pangan maupun kontribusinya terhadap pertumbuhan ekonomi. Salah satu komoditas utama yang dominan dalam sektor ini adalah padi, yang bukan hanya menjadi sumber utama karbohidrat bagi lebih dari 270 juta penduduk, tetapi juga berperan penting dalam stabilitas sosial dan politik. Apabila distribusi padi terganggu, dampaknya bisa meluas ke berbagai sektor. Oleh karena itu, kemampuan daerah dalam memproduksi padi sekaligus memenuhi kebutuhan konsumsi internal sangat penting untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu pusat produksi padi terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik luas panen padi di provinsi ini mencapai lebih dari satu juta hektare dengan produksi lebih dari delapan juta ton gabah kering giling per tahun. (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, 2024) Namun, peningkatan jumlah penduduk yang konsisten setiap tahunnya serta alih fungsi lahan pertanian menjadi sektor non-pertanian, seperti perumahan dan industri, menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan produksi padi. Konversi lahan sawah yang tidak terkendali menyebabkan berkurangnya luas lahan tanam yang tersedia, yang dalam jangka panjang dapat menimbulkan ketimpangan antara produksi dan kebutuhan pangan.

Data agregat produksi sering kali menyembunyikan ketimpangan antarwilayah yang ada. Beberapa kabupaten mungkin mengalami surplus produksi, sementara yang lain menghadapi defisit karena pertumbuhan penduduk yang lebih cepat atau keterbatasan lahan tanam. Oleh karena itu, analisis berbasis data historis saja tidak cukup. Pendekatan prediktif diperlukan untuk memproyeksikan kondisi di masa depan. Salah satu metode yang relevan untuk keperluan ini adalah *Single Moving Average* (SMA), yang memungkinkan proyeksi produksi dan konsumsi padi berdasarkan tren lima tahun terakhir (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Metode ini cocok digunakan karena kemampuannya dalam meramalkan fluktuasi jangka pendek dalam data tanpa memerlukan perubahan struktural yang besar.

Setelah melakukan prediksi, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi pola atau segmentasi wilayah berdasarkan hasil prediksi tersebut. Algoritma *K-Means Clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Barat berdasarkan kesamaan karakteristik seperti hasil proyeksi produksi, jumlah penduduk, tingkat konsumsi, dan potensi surplus atau defisit pangan. Klasterisasi ini akan memungkinkan pemetaan wilayah yang rawan pangan, wilayah yang berpotensi menjadi lumbung pangan, serta wilayah yang berada dalam posisi transisi. Visualisasi spasial menggunakan sistem informasi geografis (GIS) dapat semakin memperjelas distribusi spasial dari pola ketahanan pangan yang muncul di daerah ini.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pola distribusi wilayah dengan potensi surplus dan defisit pangan berdasarkan data proyeksi produksi dan kebutuhan?
2. Bagaimana meramalkan tingkat produksi padi kabupaten/kota tahun 2025 menggunakan *Single Moving Average* (SMA)?
3. Bagaimana klasifikasi kabupaten/kota menggunakan algoritma *K-Means Clustering*?
4. Bagaimana hasil klasterisasi tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk sistem informasi geografis (GIS) untuk mendukung pengambilan keputusan?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan latar belakang dan perumusan masalah sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pola distribusi wilayah dengan potensi surplus dan defisit pangan berdasarkan data proyeksi produksi dan kebutuhan.
2. Untuk meramalkan tingkat produksi padi kabupaten/kota tahun 2025 menggunakan *Single Moving Average* (SMA).

3. Untuk mengklasifikasi kabupaten/kota menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.
4. Untuk menyajikan hasil klasterisasi tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk sistem informasi geografis (GIS) untuk mendukung pengambilan keputusan.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara praktis maupun akademis bagi berbagai pihak, antara lain:

1. **Bagi peneliti**, penelitian ini menjadi sarana pengembangan kemampuan dalam menerapkan metode forecasting dan klasterisasi dalam konteks ketahanan pangan. Selain itu, penelitian ini juga memperluas pemahaman peneliti terhadap integrasi data spasial dan analitik kuantitatif dalam pemetaan masalah pangan regional.
2. **Bagi instansi terkait**, seperti Dinas Ketahanan Pangan, Dinas Pertanian, atau perencanaan wilayah di tingkat provinsi maupun kabupaten, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan berbasis data. Informasi mengenai wilayah dengan potensi defisit atau surplus pangan di tahun mendatang dapat digunakan untuk menyusun strategi distribusi, konservasi lahan sawah, maupun intervensi kebijakan lainnya.
3. **Bagi akademisi lain**, penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam pengembangan studi serupa yang menggabungkan metode peramalan, analisis spasial, dan teknik data mining untuk menganalisis isu ketahanan pangan atau perencanaan wilayah secara lebih komprehensif.

I.5 Pembatasan Masalah dan Asumsi

Pembatasan masalah dan asumsi dalam penelitian ini diperlukan agar ruang lingkup pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan utama penelitian.

I.5.1 Pembatasan Masalah

Agar mendapatkan pemecahan masalah yang lebih terfokus dan terarah, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya mencakup 27 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat dengan cakupan data dari tahun 2021 hingga 2024.
2. Variabel yang digunakan dalam proses klasterisasi terbatas pada hasil prediksi produksi padi tahun 2025 (Ton), estimasi kebutuhan padi tahun 2025 (Ton), dan selisih antara keduanya (surplus atau defisit pangan).
3. Metode peramalan yang digunakan adalah *Single Moving Average* (SMA), tanpa membandingkan dengan metode forecasting lain seperti exponential smoothing atau regresi linier berganda.
4. Metode clustering yang digunakan adalah *K-Means*, tanpa perbandingan dengan metode alternatif seperti *Hierarchical Clustering* atau *DBSCAN*.
5. Sistem informasi geografis dalam penelitian ini bersifat statis; visualisasi hanya dilakukan dalam bentuk peta digital dua dimensi menggunakan *GeoPandas*.
6. Penelitian ini tidak mengkaji secara mendalam faktor-faktor eksternal yang memengaruhi produksi padi, seperti kondisi iklim, irigasi, kualitas benih, subsidi pupuk, atau kebijakan pemerintah pusat.

I.5.2 Asumsi

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Open Data Jawa Barat dianggap valid, representatif, dan dapat digunakan sebagai dasar analisis ilmiah.
2. Produksi padi yang dianalisis menggunakan satuan Gabah Kering Giling (GKG) dan diasumsikan setara secara perbandingan antarwilayah tanpa konversi ke bentuk beras.
3. Konsumsi padi per kapita dianggap konstan berdasarkan data konsumsi tahun terakhir yang tersedia, tanpa mempertimbangkan perubahan gaya hidup, inflasi pangan, atau pola konsumsi yang bersifat dinamis.

4. Hasil proyeksi dengan metode AAGR dianggap cukup merepresentasikan tren pertumbuhan historis dan layak digunakan sebagai dasar segmentasi wilayah.
5. Hasil klasterisasi menggunakan *K-Means* dianggap mampu merepresentasikan kemiripan kondisi antarwilayah secara relatif, meskipun tidak semua faktor kompleksitas lapangan dimasukkan ke dalam model.

I.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan data sekunder. Seluruh data diperoleh secara daring melalui situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan Open Data Jawa Barat, tanpa pengumpulan data primer di lapangan. Lokasi yang menjadi objek kajian adalah seluruh 27 kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Barat. Pengolahan data, analisis peramalan, klasterisasi, serta visualisasi spasial dilakukan secara daring menggunakan perangkat lunak pemrograman dan pemetaan digital.

I.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dalam enam bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I – Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, pembatasan dan asumsi penelitian, lokasi penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II – Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Memuat teori dan konsep yang relevan dengan topik penelitian, seperti produksi padi, ketahanan pangan, algoritma *K-Means Clustering*, metode peramalan berbasis SMA, serta konsep dasar sistem informasi geografis (GIS). Termasuk pula ulasan singkat terhadap penelitian terdahulu yang relevan.

Bab III – Metodologi Penelitian

Menjelaskan secara rinci tahap-tahap pelaksanaan penelitian, mulai dari pengumpulan dan pengolahan data, metode forecasting produksi dan kebutuhan padi, teknik klasterisasi menggunakan *K-Means*, serta prosedur visualisasi spasial menggunakan *GeoPandas*.

Bab IV – Pengumpulan dan Pengolahan Data

Menyajikan data sekunder yang digunakan, proses pembersihan dan transformasi data, perhitungan hasil forecast produksi dan kebutuhan tahun 2025, serta pembentukan dataset untuk klasterisasi.

Bab V – Analisis dan Pembahasan

Berisi hasil klasterisasi kabupaten/kota, interpretasi masing-masing klaster dalam konteks ketahanan pangan, serta pemetaan hasil analisis dalam bentuk visualisasi spasial. Pembahasan dilakukan dengan mengaitkan hasil analisis dengan fenomena yang terjadi di lapangan dan studi relevan lainnya.

Bab VI – Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dari hasil penelitian sesuai rumusan masalah, serta saran untuk pengembangan penelitian lanjutan dan penerapan praktis bagi pemangku kepentingan.

Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

II.1 Produksi Padi dan Ketahanan Pangan

Padi merupakan komoditas utama dalam sistem pangan Indonesia, mengingat kontribusinya yang sangat besar dalam menyediakan kebutuhan karbohidrat bagi lebih dari 270 juta penduduk Indonesia. Dalam konteks ketahanan pangan, padi memiliki peran yang sangat krusial, karena pangan yang cukup dan bergizi merupakan salah satu faktor dasar yang memengaruhi kesejahteraan dan stabilitas sosial ekonomi masyarakat (FAO, 1996). Ketahanan pangan tidak hanya mencakup ketersediaan pangan, tetapi juga aksesibilitas pangan serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut BPS (2023), Indonesia merupakan salah satu negara penghasil padi terbesar di dunia. Meskipun demikian, sektor pertanian, terutama padi, menghadapi sejumlah tantangan yang mengancam keberlanjutan produksi, salah satunya adalah konversi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian, yang menyebabkan penurunan luas lahan sawah yang tersedia untuk produksi padi. Alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan perumahan, industri, dan infrastruktur lainnya semakin meningkat, yang berisiko menyebabkan ketidakseimbangan antara produksi dan kebutuhan pangan (Siregar, 2023).

Di sisi lain, ketahanan pangan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti fluktuasi harga pangan, ketidakpastian iklim, serta kualitas dan kuantitas infrastruktur pertanian yang ada. Oleh karena itu, untuk menjaga ketahanan pangan di Indonesia, sangat penting bagi pemerintah dan pihak terkait untuk mengelola produksi padi secara efektif dan efisien, dengan memperhatikan perubahan tren produksi, distribusi, serta konsumsi pangan yang ada di tiap daerah.

Dengan demikian, produksi padi bukan hanya berfungsi sebagai penopang utama ketahanan pangan, tetapi juga memiliki dampak yang signifikan terhadap kesejahteraan sosial ekonomi dan stabilitas politik. Dalam konteks ini, penting bagi pemerintah dan pengambil kebijakan untuk memiliki data yang akurat tentang proyeksi produksi padi dan kebutuhan pangan di masa depan agar dapat merumuskan kebijakan yang tepat dan responsif terhadap tantangan yang ada.

II.2 *Single Moving Average (SMA)*

Moving average merupakan teknik forecasting berdasarkan rata-rata bergerak dari nilai-nilai masa lalu, misalkan rata-rata bergerak 3 tahunan, 4 bulanan, 5 mingguan, dan lain-lain. Akan tetapi teknik ini tidak disarankan untuk data time series yang menunjukkan adanya pengaruh trend dan musiman (Subagyo, 2013).

Metode SMA bekerja dengan cara menghitung rata-rata nilai dari data dalam periode tertentu dan menggunakan nilai rata-rata tersebut sebagai prediksi untuk periode berikutnya. Metode ini sangat efektif untuk meramalkan nilai di masa depan ketika data tidak memiliki perubahan struktural yang signifikan dan ketika fluktuasi yang terjadi bersifat jangka pendek.

Rumus *Single Moving Average (SMA)*:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t X_i$$

Dimana:

- SMA_t adalah nilai prediksi pada waktu t ,
- X_i adalah nilai data historis pada periode ke- i ,
- n adalah panjang periode yang digunakan untuk menghitung rata-rata (misalnya, 5 tahun).

Keunggulan utama dari SMA adalah kesederhanaannya dan kemampuannya untuk mereduksi fluktuasi data yang tajam, sehingga dapat memberikan gambaran tren yang lebih halus. Namun, kelemahan dari metode ini adalah bahwa SMA cenderung kurang responsif terhadap perubahan mendalam dalam data atau faktor-faktor luar biasa yang dapat memengaruhi tren data, seperti perubahan kebijakan, bencana alam, atau krisis ekonomi.

Meskipun demikian, SMA tetap menjadi pilihan yang tepat dalam penelitian ini, karena pola produksi padi di Indonesia, terutama di Jawa Barat, cenderung memiliki fluktuasi musiman yang dapat diprediksi berdasarkan tren historisnya. Dengan memanfaatkan data lima tahun terakhir, metode ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh proyeksi yang cukup akurat tentang kebutuhan dan produksi padi di masa depan.

II.3 *K-Means Clustering*

Setelah melakukan peramalan terhadap produksi padi dan kebutuhan pangan, langkah selanjutnya adalah mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kesamaan karakteristik mereka, terutama terkait dengan hasil proyeksi produksi dan kebutuhan pangan. Salah satu metode yang paling efektif dalam melakukan klusterisasi data adalah *K-Means Clustering*. Algoritma K-Means bekerja dengan cara mengelompokkan data ke dalam sejumlah klaster k berdasarkan kedekatannya dengan pusat klaster yang dihitung ulang setiap iterasi.

Proses algoritma *K-Means* terdiri dari beberapa langkah, sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah klaster k: Jumlah klaster yang optimal harus ditentukan terlebih dahulu. Umumnya, jumlah klaster ini ditentukan berdasarkan pemahaman mengenai struktur data atau menggunakan metode evaluasi.
2. Menentukan posisi acak pusat klaster: Pusat klaster pertama kali ditentukan secara acak, yang akan menjadi referensi untuk mengelompokkan data.
3. Mengalokasikan data ke klaster terdekat: Setiap titik data akan dihitung jaraknya ke pusat klaster, dan data tersebut akan dimasukkan ke dalam klaster yang paling dekat.
4. Menghitung ulang pusat klaster: Setelah data dikelompokkan, posisi pusat klaster dihitung ulang berdasarkan rata-rata dari titik data yang ada di dalam klaster tersebut.
5. Mengulang langkah 3 dan 4 hingga konvergen: Proses ini akan terus diulang hingga posisi pusat klaster tidak berubah, yang menandakan bahwa algoritma telah konvergen.

Rumus untuk menghitung jarak antar data dan pusat klaster:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2}$$

Dimana:

- $d(x, c)$ adalah jarak antara data x dan pusat klaster c ,
- x_i dan c_i adalah nilai data dan pusat klaster pada dimensi i ,
- n adalah jumlah dimensi dalam data.

Salah satu tantangan utama dalam menggunakan *K-Means* adalah menentukan jumlah kluster k yang optimal. Untuk itu, dua metode evaluasi yang sering digunakan adalah:

1. *Elbow Method*

Pada metode ini, dilakukan perhitungan jumlah total jarak antara titik data dan pusat kluster untuk berbagai nilai k yang berbeda. Seiring bertambahnya jumlah kluster, jarak total akan menurun. Namun, setelah titik tertentu, penurunan jarak akan melambat. Titik di mana penurunan ini mulai melambat dianggap sebagai jumlah kluster yang optimal, yang dikenal dengan istilah *elbow*. Langkah-langkah *Elbow Method*:

- Tentukan beberapa nilai k (misalnya, $k=1,2,3,4,5$).
- Hitung jumlah jarak total (*sum of squared distances*) untuk masing-masing nilai k .
- Plotkan hasilnya dalam bentuk grafik, dan identifikasi titik *elbow*.

2. *Silhouette Score*

Silhouette Score mengukur seberapa baik setiap titik data terkluster. Skor ini berkisar antara -1 dan 1. Semakin dekat nilai skor ke 1, semakin baik data terkluster. Nilai negatif menunjukkan bahwa titik data mungkin lebih cocok berada di kluster lain. Dengan menggunakan skor ini, kita dapat menilai kualitas kluster yang terbentuk. Langkah-langkah perhitungan *Silhouette Score*:

- Untuk setiap titik data i , hitung jarak rata-rata ke semua titik lain dalam kluster yang sama (dengan simbol $a(i)$).
- Hitung jarak rata-rata ke titik-titik dalam kluster lain yang paling dekat (dengan simbol $b(i)$).
- Hitung nilai *silhouette* untuk titik data i :

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

- Hitung rata-rata skor *silhouette* untuk seluruh data untuk mendapatkan penilaian kluster.

II.4 Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem informasi geografi (SIG) adalah bagian daripada sistem informasi yang diaplikasikan untuk data geografi atau alat database untuk analisis dan pemetaan sesuatu yang terdapat dan terjadi di bumi. SIG merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyajikan data secara digital dan menganalisa penampakkannya. Penyajian secara digital berarti mengubah keadaan menjadi bentuk digital (Supriadi & Nasution, 2007).

SIG merupakan sistem komputer yang berbasis pada sistem informasi yang digunakan untuk memberikan bentuk digital dan analisis terhadap permukaan geografi bumi. Geografi adalah informasi mengenal permukaan bumi dan semua objek yang berada diatasnya, sedangkan SIG adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). SIG adalah bentuk sistem informasi dalam bentuk grafis dengan menggunakan peta sebagai antar muka. SIG tersusun atas konsep beberapa lapisan (layer) dan relasi (Ramadhani et al., 2013).

Pada penelitian ini, GIS digunakan untuk memvisualisasikan hasil klasterisasi berdasarkan proyeksi produksi dan kebutuhan pangan di Jawa Barat. Dengan menggunakan software seperti *GeoPandas*, kita dapat memanipulasi data spasial untuk menghasilkan peta digital dua dimensi yang menggambarkan distribusi surplus dan defisit pangan di setiap kabupaten/kota. Hal ini akan mempermudah pemangku kebijakan dalam merumuskan strategi ketahanan pangan yang lebih tepat sasaran.

II.5 Jurnal Pemandangan

Jurnal pemandangan merupakan hasil jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, untuk memposisikan penelitian yang dilakukan berbeda dengan penelitian sebelumnya.

II.5.1 Jurnal berkaitan dengan Metode K-Means *Clustering*

Berikut merupakan beberapa jurnal yang dapat dijadikan sebagai bahan pemandangan dan referensi dalam penggunaan metode *K-Means Clustering*:

1. Implementasi *Clustering* Algoritma K-Means Pada Produksi Beras di Provinsi Jawa Timur Tahun 2022.

Jurnal ini dibuat oleh Annisa Lusyani Zahra, Sesilia Tiara Rahayu Ada dan Ayu Fakhira Ardini dari Sistem Informasi, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya. Pada penelitian ini dilakukan untuk *Clustering* menggunakan algoritma *k-means* dengan berdasarkan produksi per tahun dan luas lahan pada masing-masing kota serta kabupaten di Provinsi Jawa Timur, serta membandingkan nilai *centeroid* data dari kedua jumlah kluster yaitu 4 dan 3.

Berdasarkan dari kedua kluster tersebut, dimana rata-rata kota memiliki nilai produksi lebih sedikit dibandingkan dengan kabupaten, daerah kota selalu terletak di kluster akhir atau kluster 2 dan 3, hal ini memiliki arti bahwa wilayah kota lebih memfokuskan untuk pembangunan infrastruktur dibandingkan pertaniannya. (Zahra et al., 2024)

2. Penerapan Algoritma K-Means *Clustering* pada Pengelompokan Daerah Penyebaran Diare Di Provinsi Jawa Barat.

Jurnal ini dibuat oleh Maya Maesaroh, Tesa Nur Padilah, Jajam Haerul Jaman dari Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang. Penelitian ini melakukan pengelompokan daerah penyebaran penyakit diare di Provinsi Jawa Barat menggunakan algoritma *k-means* berdasarkan jumlah kasus diare, jumlah fasilitas sanitasi jamban sehat permanen dan jumlah keluarga dengan kondisi jamban buang air besar.

Nilai kluster dalam penelitian ini adalah 4 berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *Elbow*. Sebanyak 8 kabupaten/kota masuk kluster dengan tingkat Tinggi, 2 kabupaten/kota masuk kluster dengan tingkat Sedang, 11 kabupaten/kota masuk kluster dengan tingkat Rendah, dan 6 kabupaten/kota masuk kluster dengan tingkat Sangat Rendah. Informasi pengelompokan daerah penyebaran diare di Provinsi Jawa Barat dapat diketahui menggunakan *Quantum GIS* (QGIS). (Maesaroh & Padilah, 2023)

3. Penelitian Berbagai Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca di Benua Eropa Dengan Menggunakan Metode *K-Means*.

Jurnal ini dibuat oleh Anna Kijewska dan Anna Bluszcz dari Departemen Manajemen Pertambangan dan Keselamatan, Silesian University of Technology Poland. Pada penelitian ini melibatkan 28 negara pada Benua Eropa sebagai objek penelitian dan memiliki 4 variabel yang terbagi atas beberapa jenis gas seperti karbon dioksida, metana, nitrogen oksida dan dinitrogen oksida. Hasil yang didapat yaitu menjelaskan pada Benua Eropa terdapat 4 cluster yang membagi tingkatan terhadap gas emisi rumah tangga. (Kijewska & Bluszcz, 2016)

4. Penentuan Segmentasi Konsumen Pada Marketing Data IFood Menggunakan Metode *K-Means Clustering*.

Jurnal ini dibuat oleh dari Fakultas Teknik Industri Universitas Pasundan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan segmentasi konsumen pada perusahaan *IFood* menggunakan metode *K-Means Clustering* dengan jumlah data konsumen sebanyak 2.240. Metode yang dilakukan ada visualisasi bar dan *K-Means Clustering* dengan berdasarkan beberapa variable yaitu jumlah pembelian produk per kategori, metode pembelian, dan tingkatan pendidikan konsumen. (Rais, 2022)

II.5.2 Penelitian yang akan dilakukan

Penerapan *K-Means Clustering* Pada Pengelompokan Produksi Padi Di Provinsi Jawa Barat. Penelitian yang dilakukan saat ini adalah untuk melakukan *Clustering* daerah-daerah di Provinsi Jawa Barat menggunakan algoritma k-means dengan berdasarkan produksi per tahun, luas lahan dan produktifitas. Yang kemudian dilakukan visualisasi menggunakan *Scatter Chart* dan *GeoPandas*.

II.5.3 Perbedaan dengan Jurnal Pembandingan

Dari berbagai jurnal yang telah dicantumkan pada sub bab sebelumnya, terdapat beberapa perbedaan didalam penelitian pada jurnal ini seperti:

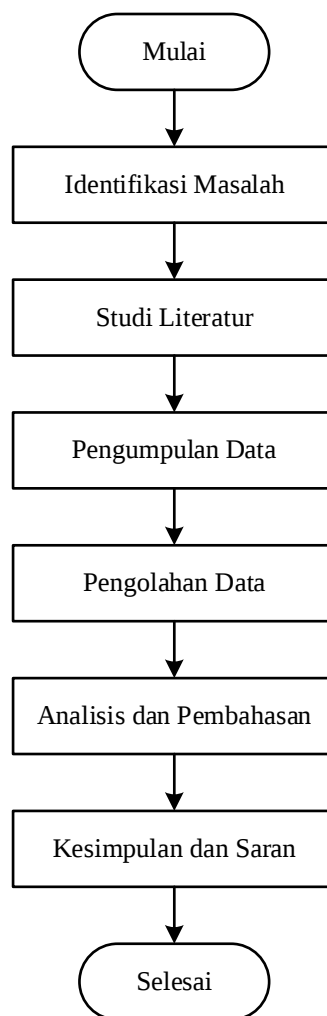
- Perbedaan objek penelitian yang digunakan
- Perbedaan variabel pada data yang digunakan
- Perbedaan aplikasi pengolahan data yang digunakan

Dari jurnal yang telah dibandingkan tersebut.

Bab III Metodologi Penelitian

III.1 Model Pemecahan Masalah

Untuk memahami alur kerja penelitian secara menyeluruh, perlu disusun suatu kerangka penelitian yang menggambarkan langkah-langkah utama dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Kerangka ini dirancang untuk menggambarkan keterkaitan antar tahapan dan arah logis yang akan dijalankan dalam penelitian ini.



Gambar III.1 *Flowchart* Langkah-langkah Penelitian

III.1.1 Identifikasi Masalah

Produksi padi memegang peranan penting dalam ketahanan pangan Indonesia, terutama di provinsi penghasil utama seperti Jawa Barat. Meskipun produksi padi di Jawa Barat cukup tinggi, distribusi antara kabupaten/kota menunjukkan ketimpangan yang signifikan. Beberapa wilayah mengalami surplus, sementara yang lain kekurangan, yang menghambat kebijakan ketahanan pangan yang efektif.

Masalah ini menjadi lebih kompleks karena kurangnya pemetaan yang jelas mengenai wilayah dengan potensi surplus dan defisit pangan. Tanpa data yang akurat dan terperinci, pengambilan keputusan menjadi kurang berbasis data. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi pola distribusi produksi dan kebutuhan pangan di setiap kabupaten/kota.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini menggunakan peramalan produksi padi dengan metode *Single Moving Average* (SMA) untuk memproyeksikan kondisi di masa depan. Selanjutnya, *K-Means Clustering* digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kesamaan karakteristik produksi dan konsumsi pangan. Hasil klasterisasi ini akan divisualisasikan dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk membantu pengambilan kebijakan yang lebih tepat.

III.1.2 Studi Literatur

Studi literatur ini bertujuan untuk memperkuat dasar pemilihan metode dan pendekatan yang digunakan dalam penelitian. Beberapa teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan produksi padi, ketahanan pangan, dan klasterisasi wilayah digunakan sebagai referensi utama.

Produksi padi dan ketahanan pangan menjadi topik penting dalam memastikan kecukupan pangan di Indonesia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, ketahanan pangan tidak hanya bergantung pada ketersediaan pangan, tetapi juga pada aksesibilitas dan pemanfaatan pangan. Produksi padi yang cukup dan distribusi yang merata sangat penting untuk menjaga stabilitas sosial ekonomi.

Dalam hal peramalan produksi, penelitian ini mengadopsi metode *Single Moving Average* (SMA), yang banyak digunakan dalam peramalan jangka pendek untuk data dengan fluktuasi musiman. SMA dipilih karena kemampuannya untuk memberikan prediksi yang stabil berdasarkan data historis.

Untuk klasterisasi wilayah, digunakan metode *K-Means Clustering*, yang telah terbukti efektif dalam mengelompokkan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik. *K-Means* memungkinkan identifikasi wilayah dengan potensi surplus atau defisit pangan, yang berguna untuk perencanaan kebijakan yang lebih tepat.

Terakhir, Sistem Informasi Geografis (GIS) digunakan untuk memvisualisasikan hasil klasterisasi dalam bentuk peta digital. GIS memberikan gambaran spasial yang jelas mengenai distribusi pangan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis lokasi.

III.1.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari sumber resmi dan terbuka, tanpa melakukan pengumpulan data primer di lapangan. Seluruh data yang digunakan bersifat kuantitatif dan diperoleh dalam format digital, baik dalam bentuk tabular (.csv) maupun spasial (.shp), yang selanjutnya digunakan dalam proses analisis dan visualisasi.

Data dikumpulkan berdasarkan kebutuhan metodologi yang mencakup peramalan produksi, estimasi kebutuhan konsumsi, dan klasifikasi wilayah menggunakan metode clustering. Rentang data dibatasi pada tahun 2021 hingga 2024, dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Rentang waktu empat tahun dianggap cukup merepresentasikan tren pertanian dan demografi jangka pendek.
- Ketersediaan data yang konsisten di seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat.
- Periode tersebut mencerminkan kondisi terkini pasca pandemi COVID-19, sehingga lebih relevan untuk estimasi tahun 2025.

Adapun jenis data yang dikumpulkan meliputi:

- Data Produksi Padi (2021–2024)

Meliputi luas panen, produktivitas, dan total produksi padi per kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Data ini digunakan sebagai dasar dalam proses peramalan produksi tahun 2025 menggunakan metode *Single Moving Average* (SMA).

- Data Jumlah Penduduk (2021–2024)

Merupakan estimasi jumlah penduduk tiap kabupaten/kota per tahun. Data ini digunakan untuk menghitung kebutuhan konsumsi padi tahun 2025. Jika tersedia, data proyeksi resmi dari BPS untuk tahun 2025 akan digunakan secara langsung tanpa proses peramalan tambahan.

- Data Konsumsi Padi per Kapita (2021–2024)

Merupakan parameter tetap yang diperoleh dari publikasi seperti Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) atau laporan Badan Ketahanan Pangan. Dalam penelitian ini, nilai konsumsi dianggap konstan untuk seluruh wilayah dan periode analisis.

- Data Spasial Wilayah Administratif

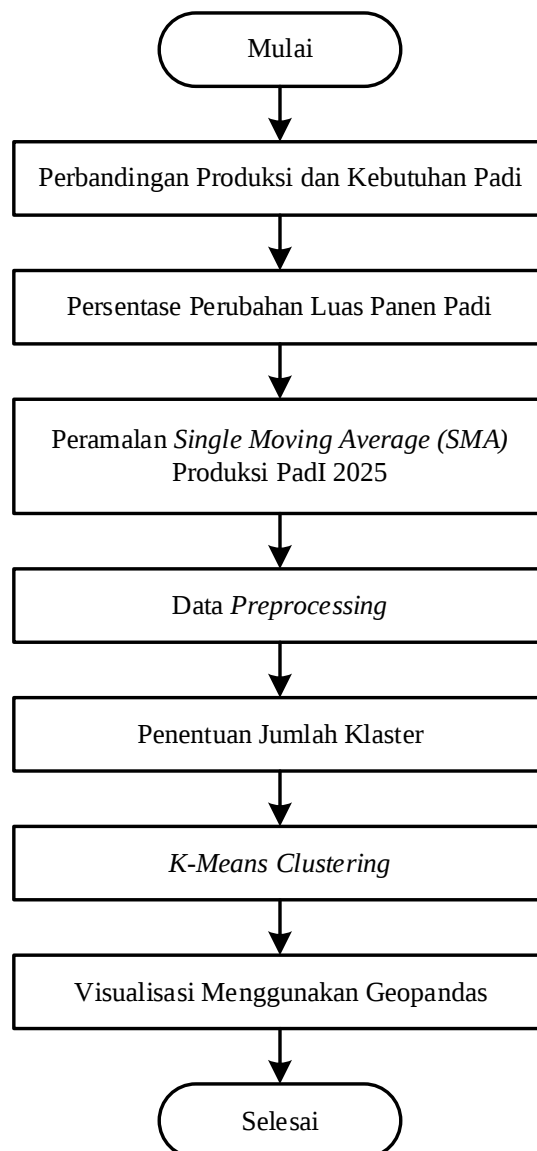
Berupa *shapefile* batas administratif kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat, digunakan untuk keperluan visualisasi spasial hasil clustering. Data diperoleh dari portal Open Data Jabar atau sumber spasial resmi lain yang kompatibel dengan wilayah analisis.

Sebelum digunakan, seluruh data akan melalui tahapan pra-pemrosesan yang mencakup standarisasi nama wilayah, penyesuaian format waktu, konsistensi struktur kolom, dan deteksi nilai ekstrem (*outlier*). Meskipun data yang digunakan bersifat sekunder, langkah-langkah ini dilakukan untuk menjaga akurasi dan integritas data dalam proses analisis lebih lanjut.

III.1.4 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan inti dalam penelitian ini, karena seluruh analisis dan hasil yang diperoleh sangat bergantung pada ketelitian serta validitas proses pengolahan data yang dilakukan. Pada penelitian ini, pengolahan

data dilakukan melalui beberapa tahap utama sebagaimana digambarkan pada *flowchart* penelitian dibawah ini.



Gambar III.2 *Flowchart* Pengolahan Data

1. Perbandingan Produksi dan Kebutuhan Padi

Dalam tahapan ini, dilakukan perbandingan antara data produksi padi per kabupaten/kota dengan estimasi kebutuhan padi yang dihitung berdasarkan konsumsi per kapita dan jumlah penduduk. Hasil perbandingan ini akan

memberikan gambaran tentang kecukupan produksi padi terhadap kebutuhan konsumsi pangan di masing-masing daerah.

Kebutuhan padi per kabupaten/kota dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan konsumsi padi per kapita di daerah tersebut. Rumus untuk menghitung kebutuhan padi adalah sebagai berikut:

Kebutuhan Padi (ton)

$$= \text{Jumlah penduduk} \times \frac{\text{konsumsi padi per kapita (kg)}}{1000}$$

Untuk perbandingan antara produksi padi dan kebutuhan padi di tiap kabupaten/kota memiliki rumus perhitungan selisih produksi dan kebutuhan padi:

$$\text{Surplus/Defisit Padi} = \text{Produksi Padi} - \text{Kebutuhan Padi}$$

Keterangan:

- Jika hasilnya positif, wilayah tersebut mengalami surplus padi.
- Jika hasilnya negatif, wilayah tersebut mengalami defisit padi.

2. Persentase Perubahan Luas Panen Padi

Persentase perubahan luas panen padi dihitung untuk melihat bagaimana perubahan luas lahan sawah yang tersedia berdampak terhadap produksi padi. Perubahan luas panen dihitung setiap tahun untuk mendapatkan gambaran tentang tren alih fungsi lahan dan dampaknya terhadap ketersediaan padi. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \times 100\%$$

Keterangan:

- ΔP = Persentase perubahan luas panen
- P_t = Luas panen pada tahun berjalan
- P_{t-1} = Luas panen pada tahun sebelumnya

3. Peramalan *Single Moving Average* (SMA) Produksi Padi 2025

Menggunakan metode peramalan *Single Moving Average* (SMA), data perubahan luas panen padi yang telah dihitung sebelumnya akan diproyeksikan untuk tahun 2025. Dengan menggunakan rata-rata pergerakan data 3 tahun terakhir, Rumus *Single Moving Average* (SMA) yang digunakan untuk menghitung nilai prediksi adalah sebagai berikut:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t X_i$$

Keterangan:

- SMA_t adalah nilai prediksi pada waktu t
- X_i adalah nilai data historis pada periode ke- i
- n adalah nilai panjang periode yang digunakan untuk menghitung rata-rata (misal, 3 tahun)

Dengan menggunakan persentase perubahan luas panen yang diramalkan untuk tahun 2025, kita dapat menghitung produksi padi untuk tahun 2025 berdasarkan data tahun 2024 dengan rumus sebagai berikut:

$$Produksi_{2025} = Produksi_{2024} \times (1 + Perubahan\ Luas\ Panen_{2025})$$

4. Data Preprocessing

Proses ini melibatkan pembersihan data untuk menghilangkan nilai yang hilang (missing values), duplikasi, serta data yang tidak relevan. Selain itu, data juga akan dilakukan standarisasi yang menggunakan metode *Min Max Scaling* untuk mempersiapkan data agar siap digunakan dalam proses klusterisasi.

5. Menentukan Jumlah Klaster

Sebelum melakukan *K-Means Clustering*, langkah pertama adalah menentukan jumlah klaster k yang optimal. Dua metode evaluasi yang digunakan untuk menentukan jumlah klaster adalah *Elbow Method* dan *Silhouette Score*. Metode *Elbow Method* digunakan untuk mencari titik "elbow" yang menunjukkan penurunan jarak yang signifikan, sementara *Silhouette Score* mengukur kualitas

klaster berdasarkan kedekatan antar data dalam klaster yang sama dan dengan klaster lainnya.

6. *K-Means Clustering*

Setelah menentukan jumlah klaster yang optimal, algoritma *K-Means Clustering* digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan hasil proyeksi produksi padi dan kebutuhan pangan. Proses klasterisasi ini akan membagi wilayah menjadi beberapa klaster berdasarkan kesamaan karakteristik produksi dan kebutuhan pangan, seperti potensi surplus dan defisit pangan.

7. Visualisasi Menggunakan GeoPandas

Setelah proses klasterisasi, hasilnya akan divisualisasikan menggunakan sistem informasi geografis (GIS). Peta digital yang dihasilkan menggunakan *GeoPandas* akan menggambarkan distribusi klaster di setiap kabupaten/kota, serta menunjukkan wilayah yang rawan defisit pangan, surplus pangan, atau berada dalam posisi transisi.

III.1.5 Analisis dan Pembahasan

Analisis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kecukupan produksi padi dan kebutuhan pangan di masing-masing kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan hasil peramalan yang telah diolah. Fokus utama analisis adalah pada perbandingan antara proyeksi produksi padi dan estimasi kebutuhan pangan pada tahun 2025. Melalui pendekatan ini, akan diidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi mengalami surplus atau defisit pangan, serta wilayah yang berada dalam kondisi seimbang. Proyeksi produksi padi dihitung dengan menggunakan metode Single Moving Average (SMA), yang mempertimbangkan tren lima tahun terakhir, untuk memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai kondisi di masa depan.

Selain itu, analisis ini juga mencakup pengelompokan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik produksi dan kebutuhan pangan, yang dilakukan melalui algoritma *K-Means Clustering*. Hasil klasterisasi ini akan memberikan gambaran mengenai distribusi kecukupan pangan di berbagai kabupaten/kota di Jawa Barat.

Pemetaan hasil klasterisasi dilakukan secara spasial menggunakan GIS untuk melihat apakah terdapat pola geografis tertentu yang mempengaruhi ketahanan pangan, seperti pengaruh lokasi, akses irigasi, atau faktor-faktor lain yang relevan. Dengan demikian, analisis ini tidak hanya mencerminkan kondisi historis, tetapi juga memberikan proyeksi yang berguna dalam perencanaan kebijakan ketahanan pangan ke depan.

III.1.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari proses yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi jawaban atas rumusan masalah yang diajukan di awal penelitian, berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, saran juga disampaikan sebagai bentuk evaluasi terhadap keterbatasan penelitian, serta masukan yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

IV.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dari sumber resmi, antara lain Badan Pusat Statistik (BPS), publikasi pemerintah, dan portal data terbuka, dengan rentang tahun 2021–2024. Data yang dihimpun meliputi produksi padi, jumlah penduduk, konsumsi padi per kapita, serta data spasial batas administratif kabupaten/kota di Jawa Barat. Kemudian melalui proses pra-pemrosesan berupa standarisasi penamaan wilayah, penyesuaian format waktu, pemeriksaan kelengkapan, serta deteksi nilai ekstrem agar dapat digunakan secara konsisten pada tahap analisis.

IV.1.1 Profil Jawa Barat

Jawa Barat merupakan salah satu provinsi terpenting di Indonesia, khususnya dalam sektor pertanian, dengan peran utama sebagai sentra produksi padi yang mendukung ketahanan pangan nasional. Provinsi ini memiliki keberagaman geografis yang luas, mencakup daerah pegunungan, dataran rendah, dan kawasan pesisir. Keberagaman ini memberikan dampak signifikan terhadap pola produksi padi di setiap kabupaten/kota, tergantung pada kondisi lahan, ketersediaan air, dan tingkat teknologi pertanian yang diterapkan di wilayah tersebut.

Secara demografis, Jawa Barat adalah provinsi dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia, dengan lebih dari 50 juta jiwa. Penyebaran penduduk yang tidak merata menyebabkan beberapa daerah mengalami kepadatan tinggi, terutama di kawasan metropolitan seperti Bandung dan daerah industri. Hal ini menyebabkan adanya alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman dan industri yang terus meningkat setiap tahunnya. Alih fungsi lahan ini mengurangi luas lahan sawah yang tersedia untuk produksi padi, sehingga dapat mempengaruhi kestabilan pasokan pangan di provinsi ini.

Selain tantangan alih fungsi lahan, produktivitas padi di Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti kualitas sumber daya alam, infrastruktur pertanian, dan penerapan teknologi. Ketersediaan irigasi yang memadai dan sarana

produksi yang efisien sangat menentukan keberhasilan panen. Meskipun Jawa Barat tetap menjadi salah satu lumbung padi utama di Indonesia, tren penurunan luas panen dalam beberapa tahun terakhir menjadi perhatian yang harus segera diantisipasi untuk menjaga kestabilan produksi pangan.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan berbagai pemangku kepentingan. Langkah-langkah yang perlu dilakukan meliputi perlindungan lahan sawah, optimalisasi teknologi pertanian, dan penyusunan kebijakan yang adaptif. Pemerintah perlu mengedepankan kebijakan yang mendukung keberlanjutan sektor pertanian, mengoptimalkan teknologi pertanian, serta memperbaiki infrastruktur irigasi untuk memastikan Jawa Barat dapat terus memenuhi kebutuhan pangan masyarakat dan mendukung ketahanan pangan nasional.

IV.1.2 Data Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu penghasil padi terbesar di Indonesia dan berperan sangat penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Dalam rangka mendukung pemahaman terkait produksi padi di provinsi ini, data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tiga aspek utama, yaitu luas panen, produktivitas per hektar, dan total produksi padi yang tercatat dari masing-masing kabupaten/kota selama periode 2021 hingga 2024. Analisis data ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren produksi padi dan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi produksi di berbagai wilayah Jawa Barat.

1. Luas Panen Padi

Luas panen padi adalah faktor utama yang menentukan jumlah produksi padi di suatu wilayah. Tabel berikut menunjukkan luas panen padi yang tercatat di setiap kabupaten/kota di Jawa Barat dari 2021 hingga 2024.

Tabel IV.1 Luas Panen Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Hektar)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	57.426	56.002	50.999,48	50.168,52
Sukabumi	89.510	95.013	93.866,34	81.612,30
Cianjur	113.539	115.877	115.749,72	105.305,70
Bandung	50.553	47.538	49.366,27	51.947,62
Garut	75.966	75.951	74.538,34	71.635,66
Tasikmalaya	82.935	81.310	69.685,72	66.324,47
Ciamis	55.013	55.844	53.976,46	44.307,13
Kuningan	47.236	48.250	44.815,65	41.522,97
Cirebon	84.946	84.892	82.797,11	84.465,74
Majalengka	97.516	100.951	100.124,09	87.220,48
Sumedang	53.341	56.662	53.525,51	49.430,79
Indramayu	227.051	245.329	230.456,96	212.866,20
Subang	163.947	177.986	174.864,99	163.881,60
Purwakarta	32.931	34.397	31.884,84	30.629,17
Karawang	197.916	204.326	189.064,62	183.065,50
Bekasi	100.338	103.089	93.338,02	84.199,55
Bandung Barat	27.655	29.202	26.709,13	27.566,67
Pangandaran	27.678	30.116	30.250,90	24.131,55
Kota Bogor	36	32	25,76	28,35
Kota Sukabumi	2.456	2.176	2.699,69	2.337,35
Kota Bandung	1.026	995	901,17	940,85
Kota Cirebon	232	160	137,10	99,81
Kota Bekasi	478	454	306,86	282,68
Kota Depok	45	15	5,82	5,82
Kota Cimahi	77	60	76,61	70,93
Kota Tasikmalaya	8.540	9.798	7.863,88	6.532,64
Kota Banjar	5.723	5.978	5.625,24	4.782,04
Provinsi Jawa Barat	1.604.109	1.662.404	1.583.656	1.475.362

Berdasarkan hasil perhitungan persentase perubahan dan kontribusi luas panen padi Jawa Barat periode 2021-2024, dapat dilihat bahwa tren penurunan semakin nyata dari tahun ke tahun. Total luas panen pada tingkat provinsi sempat mengalami peningkatan sebesar 3,63% dari 2021 ke 2022, namun kemudian menurun sebesar -4,73% pada 2023 dan kembali turun lebih tajam sebesar -6,84% pada 2024. Secara akumulatif, kondisi ini menunjukkan bahwa setelah mencapai puncaknya pada 2022, luas panen Jawa Barat tidak mampu dipertahankan dan cenderung melemah hingga 2024.

Apabila ditinjau dari kontribusi masing-masing daerah, Indramayu tetap menjadi penyumbang terbesar dengan kontribusi rata-rata di atas 13% dari total luas panen provinsi setiap tahun. Walaupun demikian, daerah ini mengalami penurunan yang cukup signifikan, dari 245.329 hektar pada 2022 menjadi hanya 212.866 hektar pada 2024, atau menurun sebesar -13,78% dalam dua tahun terakhir. Subang dan Karawang menempati posisi kedua dan ketiga dengan kontribusi yang juga besar, masing-masing sekitar 11-12% dan 12-13%. Namun, kedua daerah ini pun memperlihatkan pola serupa, yaitu peningkatan pada 2022 kemudian diikuti penurunan berkelanjutan pada 2023 dan 2024.

Selain daerah-daerah utama tersebut, wilayah lain seperti Cianjur dan Garut memperlihatkan penurunan yang lebih moderat. Cianjur hanya mengalami penurunan tipis pada 2022-2023, tetapi kemudian turun tajam sebesar -9,02% pada 2024. Garut menunjukkan penurunan yang lebih bertahap, dari 75.966 hektar pada 2021 menjadi 71.635 hektar pada 2024, atau menyusut sekitar -5,7% selama empat tahun. Kondisi yang berbeda ditunjukkan oleh Kabupaten Bandung, di mana luas panen sempat turun -5,96% pada 2022, tetapi kembali meningkat dengan laju positif 3,84% pada 2023 dan 5,22% pada 2024. Meskipun kontribusinya relatif kecil sekitar 3,5% terhadap total provinsi, pola ini mengindikasikan adanya faktor lokal yang mampu menjaga stabilitas produksi.

Beberapa daerah lainnya mengalami penurunan yang cukup drastis dalam skala relatif, seperti Tasikmalaya yang kehilangan hampir 20% luas panennya dari 2022 ke 2024, serta Bekasi yang turun lebih dari -18% pada periode yang sama. Pada level kota, kontribusi relatif memang kecil, namun pola penurunan juga terlihat jelas, misalnya di Kota Cirebon yang turun dari 232 hektar pada 2021 menjadi hanya 99,81 hektar pada 2024, atau Kota Depok yang praktis tidak lagi memiliki kontribusi berarti setelah 2023.

Secara keseluruhan, analisis ini memperlihatkan bahwa meskipun beberapa daerah mampu mempertahankan atau bahkan meningkatkan luas panennya, pola dominan di Jawa Barat adalah penurunan yang cukup konsisten sejak 2022. Daerah-daerah dengan kontribusi besar seperti Indramayu, Subang, dan Karawang yang mengalami penurunan memperkuat indikasi adanya persoalan struktural dalam sektor pertanian padi, baik yang terkait dengan faktor eksternal seperti perubahan

iklim dan alih fungsi lahan, maupun faktor internal berupa efisiensi teknis dan kebijakan daerah. Oleh karena itu, penurunan kontribusi dari sentra-sentra utama ini perlu mendapat perhatian serius karena berimplikasi langsung terhadap ketahanan pangan Jawa Barat dan nasional.

2. Produktivitas Padi

Produktivitas padi diukur berdasarkan hasil panen per hektar. Produktivitas yang lebih tinggi menunjukkan efisiensi dalam pengelolaan lahan pertanian. Berikut adalah data produktivitas padi di masing-masing kabupaten/kota di Jawa Barat.

Tabel IV.2 Produktivitas Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Ton/Hektar)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	49,66	53,55	55,54	59,73
Sukabumi	55,07	53,49	54,59	57,20
Cianjur	53,88	53,33	56,17	59,91
Bandung	61,46	60,84	60,80	64,33
Garut	58,36	58,11	60,88	63,51
Tasikmalaya	53,77	53,00	56,16	53,29
Ciamis	58,23	54,74	55,42	53,32
Kuningan	58,41	57,53	58,24	53,81
Cirebon	54,71	58,27	59,89	60,45
Majalengka	54,79	56,08	55,77	55,50
Sumedang	49,12	52,62	53,64	55,00
Indramayu	58,12	60,42	61,80	65,74
Subang	58,52	58,36	58,77	59,12
Purwakarta	50,98	54,87	58,50	58,90
Karawang	62,36	60,05	59,87	56,89
Bekasi	58,56	53,91	53,28	49,46
Bandung Barat	52,97	52,62	53,62	53,98
Pangandaran	50,58	49,37	46,05	48,98
Kota Bogor	47,69	54,02	47,99	53,05
Kota Sukabumi	61,57	60,91	59,96	58,58
Kota Bandung	69,21	72,21	70,19	69,59
Kota Cirebon	53,72	53,93	56,12	63,94
Kota Bekasi	48,21	41,15	42,90	42,86
Kota Depok	53,83	49,57	52,42	56,24
Kota Cimahi	57,78	56,73	57,50	61,38
Kota Tasikmalaya	57,52	55,35	50,83	54,19
Kota Banjar	62,24	52,31	56,69	60,46

Berdasarkan data produktivitas padi di Provinsi Jawa Barat periode 2021 sampai 2024, secara umum produktivitas padi menunjukkan fluktuasi dengan kecenderungan meningkat pada akhir periode. Pada tahun 2021, produktivitas tercatat sebesar 1.511,32 ton/ha, kemudian mengalami sedikit penurunan pada 2022 menjadi 1.497,34 ton/ha. Namun, pada tahun 2023 terjadi kenaikan kembali menjadi 1.513,59 kuintal/ha dan meningkat lebih lanjut pada 2024 hingga mencapai 1.549,41 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan sementara, secara keseluruhan produktivitas padi di Jawa Barat dalam empat tahun terakhir mengalami peningkatan sebesar 2,52%.

Apabila ditinjau pada tingkat kabupaten/kota, terlihat bahwa daerah sentra produksi seperti Indramayu, Karawang, dan Subang menampilkan dinamika yang berbeda. Indramayu memperlihatkan tren yang positif dengan kenaikan produktivitas dari 58,12 ton/ha pada 2021 menjadi 65,74 ton/ha pada 2024. Hal ini mengindikasikan adanya perbaikan dalam praktik budidaya maupun dukungan infrastruktur pertanian yang lebih baik, sehingga mampu meningkatkan hasil meskipun luas panen di daerah ini mengalami penurunan pada periode yang sama. Subang relatif stabil dengan produktivitas berkisar 58 sampai 59 ton/ha sepanjang periode pengamatan, menunjukkan kondisi budidaya yang konsisten meskipun tidak ada lonjakan yang signifikan. Sebaliknya, Karawang justru mengalami penurunan produktivitas yang cukup tajam, dari 62,36 ton/ha pada 2021 menjadi hanya 56,89 ton/ha pada 2024. Penurunan sebesar -8,77% ini perlu mendapat perhatian karena Karawang merupakan salah satu lumbung padi penting di Jawa Barat.

Beberapa daerah lain juga memperlihatkan pola yang menarik. Kabupaten Bandung menunjukkan produktivitas yang cukup tinggi dan relatif stabil, dengan peningkatan dari 61,46 ton/ha pada 2021 menjadi 64,33 ton/ha pada 2024. Garut juga mengalami tren serupa dengan kenaikan dari 58,36 menjadi 63,51 ton/ha pada periode yang sama. Kedua daerah ini memperlihatkan adanya konsistensi dalam peningkatan produktivitas, yang bisa menjadi indikasi keberhasilan penerapan teknologi pertanian atau sistem irigasi yang lebih baik.

Di sisi lain, beberapa daerah justru mengalami penurunan produktivitas yang signifikan. Bekasi, misalnya, turun dari 58,56 ton/ha pada 2021 menjadi hanya 49,46 kuintal/ha pada 2024, dengan penurunan hampir 15,6%. Kondisi serupa terjadi di Ciamis dan Kuningan, di mana pada awal periode memiliki produktivitas cukup tinggi di atas 58 ton/ha, tetapi kemudian menurun hingga kisaran 53 ton/ha pada 2024. Hal ini memperlihatkan adanya tantangan struktural, baik terkait degradasi lahan, keterbatasan irigasi, maupun faktor eksternal lain yang memengaruhi produktivitas petani.

Untuk daerah perkotaan, fluktuasi produktivitas relatif lebih beragam karena luas panen yang terbatas. Kota Bandung, misalnya, menunjukkan produktivitas yang sangat tinggi dibandingkan daerah lain, mencapai 72,21 ton/ha pada 2022, meskipun kemudian sedikit menurun pada tahun berikutnya. Kota Cirebon juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan, dari 53,72 ton/ha pada 2021 menjadi 63,94 ton/ha pada 2024. Sebaliknya, Kota Bekasi terus menurun hingga 42,86 ton/ha pada 2024, yang merupakan salah satu produktivitas terendah di Jawa Barat.

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa produktivitas padi di Jawa Barat tidak hanya dipengaruhi oleh luas panen, tetapi juga oleh faktor teknis dan manajerial dalam pengelolaan lahan pertanian. Peningkatan produktivitas di Indramayu dan Garut, misalnya, menandakan bahwa inovasi budidaya mampu mengimbangi penurunan luas lahan. Namun, penurunan produktivitas di Karawang dan Bekasi menegaskan bahwa tantangan modernisasi pertanian dan alih fungsi lahan masih menjadi masalah serius. Dengan demikian, strategi pembangunan pertanian di Jawa Barat perlu difokuskan pada peningkatan produktivitas per hektar secara berkelanjutan, melalui pemanfaatan teknologi pertanian modern, perbaikan irigasi, serta pengendalian konversi lahan sawah produktif.

3. Total Produksi Padi

Total produksi padi dihitung dengan mengalikan luas panen dengan produktivitas per hektar. Hasilnya memberikan gambaran tentang total output padi dari setiap kabupaten/kota di Jawa Barat.

Tabel IV.3 Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Ton)

DEARAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	285.154	299.894	283.267	299.676
Sukabumi	492.926	508.221	512.392	466.836
Cianjur	611.773	617.941	650.123	630.848
Bandung	310.715	289.206	300.143	334.189
Garut	443.320	441.316	453.788	454.938
Tasikmalaya	445.909	430.962	391.380	353.415
Ciamis	320.331	305.676	299.124	236.248
Kuningan	275.893	277.584	261.023	223.428
Cirebon	464.731	494.700	495.878	510.632
Majalengka	534.250	566.087	558.430	484.086
Sumedang	262.038	298.163	287.113	271.869
Indramayu	1.319.624	1.482.256	1.424.303	1.399.352
Subang	959.456	1.038.781	1.027.660	968.942
Purwakarta	167.865	188.732	186.533	180.397
Karawang	1.234.134	1.226.880	1.131.977	1.041.531
Bekasi	587.586	555.747	497.339	416.477
Bandung Barat	146.495	153.648	143.213	148.803
Pangandaran	140.001	148.671	139.300	118.189
Kota Bogor	172	174	124	150
Kota Sukabumi	15.123	13.254	16.187	13.693
Kota Bandung	7.098	7.186	6.326	6.548
Kota Cirebon	1.245	862	769	638
Kota Bekasi	2.305	1.868	1.316	1.212
Kota Depok	244	72	31	33
Kota Cimahi	443	338	440	435
Kota Tasikmalaya	49.118	54.234	39.969	35.404
Kota Banjar	35.625	31.271	31.892	28.914
Provinsi Jawa Barat	9.113.574	9.433.724	9.140.039	8.626.880

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan adanya fluktuasi dengan kecenderungan menurun pada akhir periode. Total produksi padi pada tahun 2021 tercatat sebesar 9.113.574 ton, kemudian mengalami peningkatan pada 2022 menjadi 9.433.724 ton, atau naik sekitar 3,52%. Namun, tren ini tidak berlanjut karena pada 2023 produksi turun menjadi 9.140.039 ton, dan penurunan semakin tajam pada 2024 hingga mencapai 8.626.880 ton. Dengan demikian, secara akumulatif, produksi padi Jawa Barat turun sekitar -5,34% dari 2021 ke 2024, yang mengindikasikan adanya tantangan serius dalam menjaga stabilitas produksi.

Jika ditinjau pada tingkat kabupaten, beberapa daerah sentra produksi besar seperti Indramayu, Karawang, dan Subang tetap mendominasi kontribusi terhadap produksi total, namun ketiganya mengalami penurunan pada dua tahun terakhir. Indramayu, misalnya, menghasilkan 1.319.624 ton pada 2021 dan mencapai puncak 1.482.256 ton pada 2022, tetapi kemudian turun menjadi 1.424.303 ton pada 2023 dan kembali turun menjadi 1.399.352 ton pada 2024. Karawang bahkan memperlihatkan penurunan yang lebih tajam, dari 1.234.134 ton pada 2021 menjadi hanya 1.041.531 ton pada 2024, atau turun sekitar -15,6%. Subang juga menunjukkan pola serupa, dari 959.456 ton pada 2021 naik ke 1.038.781 ton pada 2022, tetapi kemudian turun ke 968.942 ton pada 2024.

Selain tiga daerah utama tersebut, Cianjur memperlihatkan kecenderungan positif hingga 2023 dengan produksi 650.123 ton, sebelum sedikit menurun pada 2024 menjadi 630.848 ton. Garut relatif stabil dengan fluktuasi kecil, dari 443.320 ton pada 2021 menjadi 454.938 ton pada 2024. Sebaliknya, beberapa daerah seperti Tasikmalaya, Ciamis, dan Kuningan mengalami penurunan yang cukup signifikan. Tasikmalaya turun hampir 20,7% dari 445.909 ton pada 2021 menjadi 353.415 ton pada 2024. Ciamis juga merosot tajam dari 320.331 ton pada 2021 menjadi hanya 236.248 ton pada 2024. Kuningan mengalami pola serupa dengan penurunan dari 275.893 ton pada 2021 menjadi 223.428 ton pada 2024.

Di wilayah perkotaan, kontribusi terhadap produksi padi relatif kecil namun tetap memperlihatkan tren menurun. Kota Bekasi, misalnya, turun dari 2.305 ton pada 2021 menjadi hanya 1.212 ton pada 2024. Kota Cirebon juga mengalami penurunan dari 1.245 ton menjadi 638 ton pada periode yang sama. Hanya beberapa kota yang menunjukkan kestabilan relatif, seperti Kota Bandung yang produksinya berkisar di sekitar 6.000–7.000 ton, meskipun dengan sedikit penurunan pada 2023.

Secara keseluruhan, penurunan produksi padi di Jawa Barat pada periode 2022–2024 mencerminkan adanya masalah struktural yang cukup serius. Penurunan luas panen di beberapa kabupaten utama, alih fungsi lahan, serta variabilitas iklim yang semakin ekstrem diduga menjadi faktor utama. Menariknya, meskipun produktivitas per hektar di beberapa daerah meningkat, hal ini tidak cukup mengimbangi penurunan luas panen sehingga total produksi tetap menurun. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menjaga ketahanan pangan regional, kebijakan

yang menitikberatkan pada perlindungan lahan pertanian berkelanjutan, perbaikan irigasi, serta penyediaan teknologi budidaya yang efisien sangat diperlukan.

IV.1.3 Data Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat

Jumlah penduduk adalah salah satu faktor penting yang perlu diperhitungkan dalam analisis ketahanan pangan, karena memengaruhi kebutuhan akan pangan serta tingkat permintaan terhadap produksi pertanian, termasuk padi. Selain itu, jumlah penduduk juga berhubungan erat dengan kebijakan sosial, ekonomi, dan pembangunan wilayah.

Tabel berikut menunjukkan jumlah penduduk menurut kabupaten/kota di Jawa Barat pada periode 2021 hingga 2024. Data ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat dan menggambarkan perkembangan jumlah penduduk di setiap wilayah yang menjadi fokus penelitian.

Tabel IV.4 Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Kapita)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	5.484.150	5.556.310	5.627.020	5.682.300
Sukabumi	2.747.450	2.775.310	2.802.400	2.828.020
Cianjur	2.500.640	2.529.810	2.558.140	2.584.990
Bandung	3.652.400	3.687.250	3.721.110	3.753.120
Garut	2.613.530	2.648.950	2.683.670	2.716.950
Tasikmalaya	1.876.890	1.892.220	1.907.050	1.920.920
Ciamis	1.234.830	1.243.320	1.251.540	1.259.230
Kuningan	1.175.950	1.189.010	1.201.760	1.213.930
Cirebon	2.301.330	2.331.360	2.360.440	2.387.960
Majalengka	1.315.010	1.328.010	1.340.620	1.352.540
Sumedang	1.159.260	1.168.840	1.178.240	1.187.130
Indramayu	1.851.730	1.873.400	1.894.330	1.914.040
Subang	1.620.700	1.635.560	1.649.820	1.663.160
Purwakarta	1.008.930	1.023.180	1.037.070	1.050.340
Karawang	2.465.570	2.496.190	2.526.000	2.554.380
Bekasi	3.148.740	3.193.840	3.237.420	3.273.870
Bandung Barat	1.808.420	1.834.230	1.859.640	1.884.190
Pangandaran	425.590	428.600	431.460	434.100
Kota Bogor	1.050.920	1.060.940	1.070.720	1.078.350
Kota Sukabumi	350.150	355.420	360.640	365.740
Kota Bandung	2.461.410	2.484.150	2.506.600	2.528.160
Kota Cirebon	335.810	338.940	341.980	344.850
Kota Bekasi	2.568.020	2.598.070	2.627.210	2.644.060

Tabel IV.5 Lanjutan Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat (Kapita)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Kota Depok	2.081.130	2.113.620	2.145.400	2.163.640
Kota Cimahi	574.450	582.650	590.780	598.700
Kota Tasikmalaya	723.100	732.480	741.760	750.730
Kota Banjar	202.720	205.140	207.510	209.790
Provinsi Jawa Barat	48.738.830	49.306.800	49.860.330	50.345.190

Berdasarkan data jumlah penduduk Jawa Barat tahun 2021–2024, terlihat adanya tren peningkatan yang konsisten setiap tahun. Total penduduk provinsi naik dari 48,73 juta jiwa pada 2021 menjadi 50,34 juta jiwa pada 2024, dengan rata-rata pertumbuhan sekitar 0,9–1% per tahun. Pertumbuhan ini menunjukkan dinamika demografis yang stabil, meskipun berbeda antar wilayah. Daerah dengan jumlah penduduk terbesar tetap didominasi oleh Kabupaten Bogor (5,68 juta jiwa pada 2024), Kabupaten Bekasi (3,27 juta jiwa), dan Kabupaten Bandung (3,75 juta jiwa), yang secara kolektif menyumbang porsi besar terhadap total populasi Jawa Barat.

Di sisi lain, kota/kabupaten dengan jumlah penduduk relatif kecil seperti Kota Banjar (209 ribu jiwa pada 2024) dan Kabupaten Pangandaran (434 ribu jiwa) menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan daerah metropolitan. Kenaikan populasi yang lebih tinggi terjadi di wilayah perkotaan besar, seperti Kota Bekasi, Kota Depok, dan Kota Bandung, yang mencerminkan kecenderungan urbanisasi di Jawa Barat. Secara keseluruhan, pola ini menggambarkan bahwa pertumbuhan penduduk lebih terkonsentrasi di wilayah perkotaan dan penyangga ibu kota, yang berimplikasi pada kebutuhan infrastruktur, lapangan kerja, dan layanan publik yang semakin meningkat di kawasan tersebut.

IV.1.4 Data Konsumsi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat

Konsumsi padi merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kebutuhan pangan suatu daerah, karena padi adalah bahan pokok yang dominan dalam konsumsi masyarakat Indonesia. Data konsumsi padi memberikan gambaran tentang seberapa banyak padi yang dikonsumsi oleh penduduk di setiap kabupaten/kota di Jawa Barat. Dengan mengacu pada data konsumsi padi ini, kita dapat memperkirakan seberapa besar permintaan terhadap produksi padi yang perlu dipenuhi untuk menjaga kestabilan pasokan pangan.

Tabel berikut menunjukkan konsumsi padi menurut kabupaten/kota di Jawa Barat dari tahun 2021 hingga 2024, yang dihitung dalam satuan kilogram per kapita (Kg/Kapita).

Tabel IV.6 Data Konsumsi Padi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Barat (Kg/Kapita)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	114	115	109	107
Sukabumi	132	130	131	128
Cianjur	131	126	131	125
Bandung	110	102	109	101
Garut	113	111	114	113
Tasikmalaya	118	122	115	113
Ciamis	124	128	124	117
Kuningan	122	106	107	106
Cirebon	127	119	122	120
Majalengka	120	109	116	112
Sumedang	123	120	120	119
Indramayu	129	129	126	126
Subang	124	117	120	116
Purwakarta	123	120	128	119
Karawang	126	127	131	124
Bekasi	120	116	113	114
Bandung Barat	111	113	109	106
Pangandaran	123	123	125	124
Kota Bogor	111	108	110	102
Kota Sukabumi	109	107	113	110
Kota Bandung	105	98	103	96
Kota Cirebon	108	107	109	105
Kota Bekasi	113	100	107	108
Kota Depok	108	107	102	103
Kota Cimahi	96	100	99	94
Kota Tasikmalaya	124	116	130	124
Kota Banjar	123	122	124	127
Provinsi Jawa Barat	3188	3096	3142	3058

Berdasarkan data konsumsi beras per kapita di Jawa Barat tahun 2021–2024, terlihat adanya tren penurunan dari total 3.188 kg/kapita pada 2021 menjadi 3.058 kg/kapita pada 2024. Beberapa daerah seperti Indramayu, Karawang, dan Tasikmalaya menunjukkan tingkat konsumsi relatif tinggi di atas 120 kg/kapita, mencerminkan karakteristik daerah agraris dengan pola makan yang masih sangat bergantung pada beras.

Sebaliknya, daerah perkotaan seperti Kota Bandung, Kota Cimahi, dan Kota Depok memiliki angka konsumsi lebih rendah, sebagian besar di bawah 105 kg/kapita, yang dapat dikaitkan dengan diversifikasi pola konsumsi pangan masyarakat perkotaan. Pola ini menunjukkan bahwa meskipun secara umum konsumsi beras per kapita di Jawa Barat menurun, perbedaan antarwilayah masih cukup tajam, terutama antara daerah agraris dengan daerah perkotaan, sehingga berimplikasi pada kebijakan pangan yang perlu menyesuaikan karakteristik lokal.

IV.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini merupakan tahap penting untuk menghasilkan informasi yang valid dan relevan. Data yang telah dikumpulkan terlebih dahulu dipastikan konsistensi dan kualitasnya melalui proses pra-pemrosesan, kemudian diolah sesuai dengan tujuan penelitian. Melalui tahap ini, data yang semula bersifat mentah diubah menjadi informasi yang terstruktur sehingga dapat digunakan untuk mendukung analisis ketahanan pangan di Provinsi Jawa Barat. Proses pengolahan dilakukan secara sistematis agar hasil yang diperoleh dapat mencerminkan kondisi nyata dan memberikan dasar yang kuat bagi pembahasan pada bab berikutnya.

IV.2.1 Perbandingan Produksi dan Kebutuhan Padi

Analisis perbandingan antara produksi padi dan kebutuhan padi di Jawa Barat sangat penting untuk menilai ketahanan pangan provinsi ini. Ketahanan pangan mengacu pada kemampuan suatu daerah untuk menghasilkan dan menyediakan pangan yang cukup dan terjangkau bagi seluruh penduduknya. Untuk itu, perbandingan antara produksi dan kebutuhan pangan, dalam hal ini padi, akan memberikan gambaran tentang potensi surplus atau defisit pangan yang ada di masing-masing kabupaten/kota di Jawa Barat.

1. Menghitung Kebutuhan Padi

Kebutuhan padi per kabupaten/kota dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan konsumsi padi per kapita di daerah tersebut. Rumus untuk menghitung kebutuhan padi adalah sebagai berikut:

Kebutuhan Padi (ton)

$$= \text{Jumlah penduduk} \times \frac{\text{konsumsi padi per kapita (kg)}}{1000}$$

Sebagai contoh, untuk menghitung kebutuhan padi di Kabupaten Bogor pada tahun 2021:

$$\text{Kebutuhan Padi Bogor 2021} = 2.484.150 \times \frac{114}{1000} = 283.193$$

Dengan rumus yang sama, kebutuhan padi di setiap kabupaten/kota dihitung untuk periode 2021 hingga 2024, menghasilkan tabel kebutuhan padi sebagai berikut:

Tabel IV.7 Kebutuhan Padi Menurut Kabupate/Kota di Jawa Barat (Ton)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	622.999	636.197	610.532	609.370
Sukabumi	363.213	359.958	367.114	361.280
Cianjur	327.584	317.997	334.605	322.193
Bandung	403.225	377.206	403.740	379.328
Garut	295.068	293.504	304.597	306.010
Tasikmalaya	221.473	231.419	218.739	217.467
Ciamis	153.242	159.642	154.941	147.443
Kuningan	143.113	125.916	127.987	129.053
Cirebon	291.118	277.665	287.738	286.507
Majalengka	158.064	144.886	154.842	151.539
Sumedang	142.705	140.378	141.624	141.173
Indramayu	239.429	241.294	239.443	240.882
Subang	201.129	191.361	197.153	192.178
Purwakarta	124.502	122.884	132.330	124.738
Karawang	309.676	316.018	331.159	315.824
Bekasi	376.274	370.166	364.533	373.123
Bandung Barat	201.096	206.351	201.771	199.800
Pangandaran	52.518	52.589	54.105	53.672
Kota Bogor	116.757	114.900	117.565	109.959
Kota Sukabumi	38.236	37.994	40.680	40.195
Kota Bandung	259.433	243.447	257.177	242.451
Kota Cirebon	36.301	36.199	37.276	36.344
Kota Bekasi	289.673	258.508	280.586	286.193
Kota Depok	223.721	225.523	219.689	223.050

Tabel IV.8 Lanjutan Kebutuhan Padi Menurut Kabupate/Kota di Jawa Barat (Ton)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Kota Cimahi	55.090	58.090	58.546	56.146
Kota Tasikmalaya	89.954	84.894	96.280	92.925
Kota Banjar	24.995	25.089	25.731	26.685
Provinsi Jawa Barat	5.760.588	5.650.073	5.760.484	5.665.528

Berdasarkan data kebutuhan padi di Jawa Barat periode 2021–2024, terlihat bahwa secara agregat provinsi mengalami fluktuasi dengan kecenderungan cenderung stabil namun sedikit menurun, dari 5.760.588 ton pada 2021 menjadi 5.665.528 ton pada 2024. Daerah dengan jumlah penduduk besar seperti Bogor, Bandung, dan Bekasi tercatat sebagai wilayah dengan kebutuhan padi tertinggi, yang konsisten dengan struktur demografi mereka. Sementara itu, daerah dengan populasi relatif kecil seperti Kota Banjar, Pangandaran, dan Kota Cirebon menunjukkan kebutuhan padi yang jauh lebih rendah. Tren ini mencerminkan bahwa kebutuhan padi di Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk, meskipun terdapat variasi antarwilayah akibat faktor pola konsumsi dan laju pertumbuhan penduduk. Dengan demikian, meski total kebutuhan padi relatif stabil, adanya perbedaan spasial ini menjadi penting dalam merumuskan kebijakan distribusi pangan yang merata dan berkelanjutan.

2. Perbandingan antara Produksi Padi dan Kebutuhan Padi

Untuk menganalisis ketahanan pangan di Jawa Barat, perlu dilakukan perbandingan antara produksi padi dan kebutuhan padi di tiap kabupaten/kota. Perbandingan ini akan menunjukkan apakah suatu daerah mengalami surplus atau defisit dalam penyediaan padi bagi warganya. Surplus padi menunjukkan bahwa produksi melebihi kebutuhan, sementara defisit padi menunjukkan kekurangan dalam pasokan padi.

Rumus perhitungan selisih produksi dan kebutuhan padi:

$$\text{Surplus/Defisit Padi} = \text{Produksi Padi} - \text{Kebutuhan Padi}$$

Keterangan:

- Jika hasilnya positif, wilayah tersebut mengalami surplus padi.
- Jika hasilnya negatif, wilayah tersebut mengalami defisit padi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel IV.1 data jumlah produksi padi serta Tabel IV.5 data jumlah kebutuhan padi menurut kabupaten/kota di Jawa Barat, dilakukan perhitungan selisih antara kedua variabel tersebut. Hasil perhitungan ini disajikan pada tabel berikut dan menggambarkan kondisi surplus maupun defisit padi di masing-masing wilayah.

Tabel IV.9 Hasil Perhitungan Surplus/Defisit Kebutuhan Padi Per Kabupaten/Kota Di Jawa Barat (Ton)

DAERAH	2021	2022	2023	2024
Bogor	-337.845	-336.304	-327.265	-309.694
Sukabumi	129.713	148.263	145.277	105.556
Cianjur	284.189	299.944	315.518	308.655
Bandung	-92.510	-88.000	-103.598	-45.139
Garut	148.252	147.813	149.191	148.927
Tasikmalaya	224.436	199.543	172.641	135.948
Ciamis	167.088	146.034	144.184	88.805
Kuningan	132.780	151.668	133.036	94.375
Cirebon	173.612	217.035	208.141	224.125
Majalengka	376.186	421.201	403.589	332.547
Sumedang	119.333	157.785	145.488	130.696
Indramayu	1.080.195	1.240.962	1.184.860	1.158.470
Subang	758.328	847.420	830.506	776.763
Purwakarta	43.363	65.848	54.203	55.659
Karawang	924.458	910.862	800.818	725.707
Bekasi	211.312	185.581	132.806	43.354
Bandung Barat	-54.602	-52.703	-58.558	-50.997
Pangandaran	87.483	96.081	85.195	64.516
Kota Bogor	-116.585	-114.726	-117.441	-109.809
Kota Sukabumi	-23.113	-24.740	-24.493	-26.502
Kota Bandung	-252.335	-236.261	-250.852	-235.903
Kota Cirebon	-35.056	-35.337	-36.506	-35.706
Kota Bekasi	-287.368	-256.640	-279.270	-284.981
Kota Depok	-223.477	-225.451	-219.658	-223.017
Kota Cimahi	-54.647	-57.752	-58.106	-55.711
Kota Tasikmalaya	-40.836	-30.661	-56.312	-57.522
Kota Banjar	10.629	6.183	6.161	2.229
Provinsi Jawa Barat	3.352.985	3.783.650	3.379.555	2.961.352

Berdasarkan data surplus dan defisit kebutuhan padi Jawa Barat tahun 2021 sampai 2024, terlihat bahwa secara agregat provinsi masih mengalami surplus meskipun jumlahnya menunjukkan tren penurunan dari 3.352.985 ton pada 2021 menjadi 2.961.352 ton pada 2024. Beberapa daerah agraris besar seperti Indramayu, Karawang, Subang, dan Majalengka menjadi penyumbang surplus terbesar. Indramayu, misalnya, secara konsisten mencatat surplus di atas satu juta ton, menjadikannya lumbung padi utama Jawa Barat. Hal serupa juga tampak pada Karawang dan Subang yang setiap tahun mampu menutupi defisit di wilayah perkotaan maupun kabupaten dengan kapasitas produksi terbatas.

Di sisi lain, daerah perkotaan seperti Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, dan Kota Cimahi secara konsisten mencatat defisit, yang dapat dijelaskan oleh kepadatan penduduk tinggi dan keterbatasan lahan pertanian. Bahkan daerah penyangga seperti Kabupaten Bogor dan Kabupaten Bandung juga mengalami defisit cukup besar, meskipun secara wilayah masih memiliki lahan pertanian, namun jumlah penduduk yang tinggi membuat kebutuhan melampaui produksi. Sementara itu, daerah menengah seperti Ciamis, Garut, dan Tasikmalaya tetap menunjukkan surplus, walaupun nilainya menurun seiring berkurangnya luas panen dan fluktuasi produktivitas.

Secara keseluruhan, pola ini menunjukkan adanya ketergantungan wilayah perkotaan terhadap pasokan dari daerah agraris, sehingga keberlanjutan ketahanan pangan Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh stabilitas produksi di sentra-sentra utama seperti Indramayu, Karawang, dan Subang. Penurunan tren surplus provinsi dalam empat tahun terakhir mengindikasikan adanya tantangan serius terkait menurunnya kapasitas produksi dan meningkatnya kebutuhan di wilayah padat penduduk, sehingga diperlukan kebijakan penguatan sektor pertanian, efisiensi distribusi pangan, serta diversifikasi konsumsi masyarakat untuk menjaga ketahanan pangan di masa depan.

IV.2.2 Persentase Perubahan Luas Panen Padi

Persentase perubahan luas panen padi memberikan gambaran tentang fluktuasi luas area yang digunakan untuk budidaya padi dalam periode tertentu. Fluktuasi ini bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk perubahan iklim,

kebijakan pertanian, dan kondisi pasar yang dapat mendorong atau membatasi ekspansi lahan pertanian. Analisis terhadap persentase perubahan luas panen padi di setiap kabupaten/kota di Jawa Barat akan membantu dalam memahami pola produksi dan menyediakan informasi yang berguna untuk merencanakan kebijakan pertanian yang lebih efektif.

Perhitungan persentase perubahan dilakukan dengan membandingkan luas panen padi tahun berjalan terhadap tahun sebelumnya untuk masing-masing kabupaten/kota. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \times 100\%$$

Keterangan:

- ΔP = Persentase perubahan luas panen
- P_t = Luas panen pada tahun berjalan
- P_{t-1} = Luas panen pada tahun sebelumnya

Sebagai contoh, untuk menghitung persentase perubahan luas panen padi di Kabupaten Bogor antara tahun 2021 dan 2022, kita akan menggunakan data berikut.

$$\Delta P = \frac{56.002 - 57.426}{57.426} \times 100\% \approx -2,5\%$$

Artinya, terjadi penurunan luas panen sebesar 2,5% dari tahun 2021 ke tahun 2022 di Kabupaten Bogor. Berikut adalah tabel persentase perubahan luas panen padi untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Barat pada periode 2022 hingga 2024.

Tabel IV.10 Persentase Perubahan Luas Panen Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Barat

DAERAH	2022	2023	2024
Bogor	-2,5%	-8,9%	-1,6%
Sukabumi	6,1%	-1,2%	-13,1%
Cianjur	2,1%	-0,1%	-9,0%
Bandung	-6,0%	3,8%	5,2%
Garut	0,0%	-1,9%	-3,9%
Tasikmalaya	-2,0%	-14,3%	-4,8%
Ciamis	1,5%	-3,3%	-17,9%
Kuningan	2,1%	-7,1%	-7,3%
Cirebon	-0,1%	-2,5%	2,0%
Majalengka	3,5%	-0,8%	-12,9%
Sumedang	6,2%	-5,5%	-7,7%
Indramayu	8,1%	-6,1%	-7,6%
Subang	8,6%	-1,8%	-6,3%
Purwakarta	4,5%	-7,3%	-3,9%
Karawang	3,2%	-7,5%	-3,2%
Bekasi	2,7%	-9,5%	-9,8%
Bandung Barat	5,6%	-8,5%	3,2%
Pangandaran	8,8%	0,4%	-20,2%
Kota Bogor	-10,8%	-20,0%	10,1%
Kota Sukabumi	-11,4%	24,1%	-13,4%
Kota Bandung	-3,0%	-9,5%	4,4%
Kota Cirebon	-31,0%	-14,2%	-27,2%
Kota Bekasi	-5,0%	-32,4%	-7,9%
Kota Depok	-67,9%	-60,0%	0,0%
Kota Cimahi	-22,2%	28,6%	-7,4%
Kota Tasikmalaya	14,7%	-19,7%	-16,9%
Kota Banjar	4,5%	-5,9%	-15,0%
Provinsi Jawa Barat	-2,9%	-7,1%	-7,1%

Berdasarkan data surplus dan defisit kebutuhan padi Jawa Barat tahun 2022–2024 dalam persentase, secara agregat provinsi mencatat tren defisit yang semakin dalam, dari -2,9% pada 2022 menjadi -7,1% pada 2023 dan tetap bertahan di angka -7,1% pada 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun Jawa Barat masih memiliki sentra produksi utama, laju peningkatan kebutuhan masyarakat tidak seimbang dengan pertumbuhan produksi padi. Daerah agraris seperti Indramayu, Subang, dan Majalengka masih berkontribusi positif dengan surplus cukup besar pada 2022, namun mulai mengalami pelemahan pada 2023–2024 dengan angka defisit yang semakin nyata.

Sementara itu, wilayah perkotaan seperti Kota Bandung, Kota Depok, Kota Bekasi, dan Kota Cirebon secara konsisten menunjukkan defisit tajam, bahkan Kota Depok sempat mencatat defisit ekstrem sebesar -67,9% pada 2022 sebelum kembali stabil pada 2024.

Fenomena ini memperlihatkan adanya pola dualisme agraris-perkotaan di Jawa Barat. Daerah dengan basis pertanian kuat masih mampu menopang kebutuhan pangan daerah lain, tetapi ketergantungan ini semakin berisiko ketika surplusnya mulai menurun. Sebaliknya, daerah dengan kepadatan penduduk tinggi dan keterbatasan lahan seperti di kawasan metropolitan Bogor, Depok, Bekasi semakin rentan terhadap defisit beras. Penurunan surplus pada daerah penyangga seperti Bogor, Sukabumi, dan Bandung Barat juga memperkuat indikasi bahwa urbanisasi dan alih fungsi lahan berperan dalam memperburuk keseimbangan pangan. Dengan demikian, pola data ini menegaskan urgensi kebijakan yang menitikberatkan pada perlindungan lahan pertanian, peningkatan produktivitas melalui teknologi, serta efisiensi distribusi pangan antarwilayah untuk mengurangi disparitas surplus-defisit di Jawa Barat.

IV.2.3 Peramalan *Single Moving Average* Produksi Padi 2025

1. Peramalan Persentase Luas Panen Padi

Peramalan persentase perubahan luas panen padi dengan metode *Single Moving Average* (SMA) adalah salah satu teknik untuk memproyeksikan data masa depan berdasarkan rata-rata perubahan dalam beberapa periode terakhir. Pada subbab ini, kita akan meramalkan persentase perubahan luas panen padi untuk tahun 2025, berdasarkan data persentase perubahan luas panen padi dari tahun 2022 hingga 2024.

Rumus *Single Moving Average* (SMA) yang digunakan untuk menghitung nilai prediksi adalah sebagai berikut:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t X_i$$

Keterangan:

- SMA_t adalah nilai prediksi pada waktu t
- X_i adalah nilai data historis pada periode ke- i
- n adalah nilai panjang periode yang digunakan untuk menghitung rata-rata (misal, 3 tahun)

Dengan rumus ini, kita mengambil rata-rata persentase perubahan luas panen dari tiga tahun terakhir untuk memproyeksikan nilai di tahun yang akan datang. Sebagai contoh, untuk menghitung SMA pada tahun 2025 untuk Kabupaten Bogor, kita akan menggunakan data perubahan luas panen dari 2022, 2023, dan 2024 masing-masing persentasenya adalah -2,5%, -8,9%, -1,6%. Menggunakan rumus SMA, kita dapat menghitung peramalan untuk tahun 2025:

$$Bogor_{2025} = \frac{-2,5\% + (-8,9\%) + (-1,6\%)}{3} = \frac{-13,0\%}{3} = -4,3\%$$

Dengan demikian, peramalan persentase perubahan luas panen padi di Kabupaten Bogor pada tahun 2025 adalah -4,3%.

Tabel IV.11 *Single Moving Average* (SMA) persentase perubahan luas panen padi tahun 2025 berdasarkan 3 tahun terakhir

DAERAH	SMA 3 Periode	2025
Bogor	$(-2,5\% + 6,1\% + 2,1\%) / 3$	-4,3%
Sukabumi	$(6,1\% + 2,1\% + -6,0\%) / 3$	-2,7%
Cianjur	$(2,1\% + -6,0\% + 0,0\%) / 3$	-2,4%
Bandung	$(-6,0\% + 0,0\% + -2,0\%) / 3$	1,0%
Garut	$(0,0\% + -2,0\% + 1,5\%) / 3$	-1,9%
Tasikmalaya	$(-2,0\% + 1,5\% + 2,1\%) / 3$	-7,0%
Ciamis	$(1,5\% + 2,1\% + -0,1\%) / 3$	-6,6%
Kuningan	$(2,1\% + -0,1\% + 3,5\%) / 3$	-4,1%
Cirebon	$(-0,1\% + 3,5\% + 6,2\%) / 3$	-0,2%
Majalengka	$(3,5\% + 6,2\% + 8,1\%) / 3$	-3,4%

Tabel IV.12 Lanjutan *Single Moving Average* (SMA) persentase perubahan luas panen padi tahun 2025 berdasarkan 3 tahun terakhir

DAERAH	SMA 3 Periode	2025
Sumedang	$(6,2\% + 8,1\% + 8,6\%) / 3$	-2,3%
Indramayu	$(8,1\% + 8,6\% + 4,5\%) / 3$	-1,9%
Subang	$(8,6\% + 4,5\% + 3,2\%) / 3$	0,2%
Purwakarta	$(4,5\% + 3,2\% + 2,7\%) / 3$	-2,3%
Karawang	$(3,2\% + 2,7\% + 5,6\%) / 3$	-2,5%
Bekasi	$(2,7\% + 5,6\% + 8,8\%) / 3$	-5,5%
Bandung Barat	$(5,6\% + 8,8\% + -10,8\%) / 3$	0,1%
Pangandaran	$(8,8\% + -10,8\% + -11,4\%) / 3$	-3,7%
Kota Bogor	$(-10,8\% + -11,4\% + -3,0\%) / 3$	-6,9%
Kota Sukabumi	$(-11,4\% + -3,0\% + -31,0\%) / 3$	-0,3%
Kota Bandung	$(-3,0\% + -31,0\% + -5,0\%) / 3$	-2,7%
Kota Cirebon	$(-31,0\% + -5,0\% + -67,9\%) / 3$	-24,1%
Kota Bekasi	$(-5,0\% + -67,9\% + -22,2\%) / 3$	-15,1%
Kota Depok	$(-67,9\% + -22,2\% + 14,7\%) / 3$	-42,6%
Kota Cimahi	$(-22,2\% + 14,7\% + 4,5\%) / 3$	-0,4%
Kota Tasikmalaya	$(14,7\% + 4,5\% + -2,9\%) / 3$	-7,3%
Kota Banjar	$(4,5\% + -2,9\% + 0,0\%) / 3$	-5,5%

Berdasarkan hasil perhitungan *Single Moving Average* (SMA) 3 periode terhadap persentase perubahan luas panen padi tahun 2025 di Jawa Barat, terlihat adanya pola fluktuasi yang cukup tajam antarwilayah. Pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis ini menunjukkan bahwa sebagian besar daerah mengalami tren penurunan (defisit) luas panen, meskipun ada beberapa daerah yang relatif stabil. Pada wilayah sentra produksi seperti Bogor, Sukabumi, dan Cianjur, hasil proyeksi SMA memperlihatkan angka negatif, masing-masing sebesar -4,3%, -2,7%, dan -2,4%, yang mengindikasikan penurunan produktivitas berkelanjutan akibat faktor iklim maupun alih fungsi lahan. Daerah yang relatif stabil atau sedikit meningkat seperti Bandung (1,0%), Subang (0,2%), dan Bandung Barat (0,1%) memperlihatkan adanya potensi perbaikan dalam pengelolaan lahan pertanian, meskipun kenaikan tersebut masih sangat tipis.

Sementara itu, kota-kota dengan lahan sawah yang terbatas menunjukkan penurunan drastis, seperti Kota Cirebon (-24,1%), Kota Bekasi (-15,1%), dan Kota Depok (-42,6%), yang merefleksikan tingginya tekanan urbanisasi dan pergeseran fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman maupun industri. Kondisi ekstrem ini juga tampak pada wilayah perkotaan lain seperti Kota Bogor (-6,9%)

dan Kota Bandung (-2,7%), yang memperkuat dugaan bahwa wilayah perkotaan di Jawa Barat semakin sulit dipertahankan sebagai basis produksi pangan.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menegaskan bahwa tren perubahan luas panen padi tahun 2025 di Jawa Barat cenderung negatif, dengan sebagian besar daerah pedesaan mengalami penurunan moderat, sementara daerah perkotaan menghadapi kontraksi sangat tajam. Temuan ini menjadi peringatan penting bahwa keberlanjutan produksi pangan di Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh alih fungsi lahan, tekanan urbanisasi, serta faktor lingkungan yang memerlukan intervensi kebijakan strategis, baik dalam bentuk perlindungan lahan sawah berkelanjutan maupun peningkatan produktivitas melalui teknologi pertanian.

2. Peramalan Produksi Padi untuk Tahun 2025 Berdasarkan Persentase Perubahan Luas Panen

Dengan menggunakan persentase perubahan luas panen yang diramalkan untuk tahun 2025, kita dapat menghitung produksi padi untuk tahun 2025 berdasarkan data tahun 2024. Dengan hasil sebagai tabel berikut.

Tabel IV.13 Hasil Peramalan Luas Panen, Produktivitas, Produksi Padi Tahun 2025

DAERAH	PRODUKSI + SMA PERSENTASE PERUBAHAN LUAS LAHAN	PRODUKSI
Bogor	$299.676 \times (1 + (-0,043))$	286.790
Sukabumi	$466.836 \times (1 + (-0,027))$	454.231
Cianjur	$630.848 \times (1 + (-0,023))$	616.338
Bandung	$334.189 \times (1 + 0,01)$	337.531
Garut	$454.938 \times (1 + (-0,019))$	446.294
Tasikmalaya	$353.415 \times (1 + (-0,07))$	328.676
Ciamis	$236.248 \times (1 + (-0,066))$	220.656
Kuningan	$223.428 \times (1 + (-0,041))$	214.267
Cirebon	$510.632 \times (1 + (-0,002))$	509.611
Majalengka	$484.086 \times (1 + (-0,034))$	467.627
Sumedang	$271.869 \times (1 + (-0,023))$	265.616
Indramayu	$1.399.352 \times (1 + (-0,019))$	1.372.764
Subang	$968.942 \times (1 + (0,002))$	970.880
Purwakarta	$180.397 \times (1 + (-0,022))$	176.428
Karawang	$1.041.531 \times (1 + (-0,025))$	1.015.493

Tabel IV.14 Lanjutan Hasil Peramalan Luas Panen, Produktivitas, Produksi Padi Tahun 2025

DAERAH	PRODUKSI + SMA PERSENTASE PERUBAHAN LUAS LAHAN	PRODUKSI
Bekasi	$416.477 \times (1 + (-0,055))$	393.571
Bandung Barat	$148.803 \times (1 + (0,001))$	148.952
Pangandaran	$118.189 \times (1 + (-0,037))$	113.816
Kota Bogor	$150 \times (1 + (-0,074))$	139
Kota Sukabumi	$13.693 \times (1 + (-0,002))$	13.666
Kota Bandung	$6.548 \times (1 + (-0,027))$	6.371
Kota Cirebon	$638 \times (1 + (-0,241))$	484
Kota Bekasi	$1.212 \times (1 + (-0,151))$	1.029
Kota Depok	$33 \times (1 + (-0,422))$	19
Kota Cimahi	$435 \times (1 + (-0,005))$	433
Kota Tasikmalaya	$35.404 \times (1 + (-0,073))$	32.820
Kota Banjar	$28.914 \times (1 + (-0,055))$	27.324

Berdasarkan hasil peramalan luas panen, produktivitas, dan produksi padi tahun 2025 dengan menggunakan metode Single Moving Average (SMA) persentase perubahan luas lahan, dapat dilihat adanya perbedaan yang cukup mencolok antar daerah di Jawa Barat. Secara umum, sebagian besar daerah menunjukkan tren penurunan produksi, meskipun terdapat beberapa daerah yang tetap mampu mempertahankan atau bahkan sedikit meningkatkan hasilnya.

Pada wilayah sentra produksi padi seperti Indramayu, Karawang, dan Subang, hasil peramalan masih menempatkan daerah tersebut sebagai kontributor terbesar produksi padi Jawa Barat. Indramayu diproyeksikan menghasilkan sekitar 1,37 juta ton, Karawang sekitar 1,01 juta ton, dan Subang relatif stabil dengan sedikit peningkatan menjadi 970 ribu ton. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi tekanan pada luas lahan, kapasitas produksi di daerah lumbung padi utama masih dapat dipertahankan.

Sebaliknya, wilayah dengan basis pertanian menengah seperti Tasikmalaya (-7,0%), Ciamis (-6,6%), dan Bekasi (-5,5%) mengalami penurunan cukup signifikan, yang berimplikasi pada berkurangnya kontribusi mereka terhadap total produksi. Kondisi ini mengindikasikan adanya masalah dalam keberlanjutan lahan pertanian, baik karena alih fungsi lahan maupun faktor teknis produktivitas.

Daerah perkotaan menunjukkan tren paling drastis. Kota Depok misalnya, mengalami kontraksi tajam hingga -42,2%, sehingga produksi diproyeksikan hanya

19 ton, turun drastis dari kapasitas sebelumnya. Begitu pula dengan Kota Cirebon (-24,1%) yang hanya menghasilkan 484 ton, serta Kota Bekasi (-15,1%) dengan proyeksi 1.029 ton. Penurunan ekstrem ini mencerminkan semakin terbatasnya lahan pertanian di wilayah urban akibat pesatnya pembangunan permukiman dan industri.

Sementara itu, beberapa daerah seperti Bandung (0,01), Subang (0,002), dan Bandung Barat (0,001) menunjukkan perbaikan walaupun sangat kecil, yang menandakan adanya peluang peningkatan produktivitas jika dukungan teknologi dan kebijakan pertanian berkelanjutan dapat dimaksimalkan.

Secara keseluruhan, hasil peramalan tahun 2025 ini menegaskan bahwa produksi padi Jawa Barat menghadapi tekanan serius dari sisi luas panen, dengan kecenderungan penurunan di sebagian besar daerah, terutama wilayah urban. Namun demikian, lumbung padi utama seperti Indramayu, Karawang, dan Subang masih menjadi tulang punggung ketahanan pangan daerah, meski tetap memerlukan strategi intensifikasi agar mampu mengimbangi penurunan di wilayah lain.

IV.2.4 Data *Preprocessing*

Sebelum melakukan *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan daerah-daerah di Jawa Barat berdasarkan hasil peramalan tahun 2025, kita perlu melalui beberapa tahap *preprocessing* data. Tahap *preprocessing* ini penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam model clustering bersih, terstruktur dengan baik, dan dapat menghasilkan hasil yang akurat. Di subbab ini, kita akan fokus pada dua tahap utama *preprocessing*, yaitu menghapus *missing value* dan normalisasi data menggunakan *MinMaxScaler*.

1. *Import Libraries*

Pada langkah pertama, kita mengimpor pustaka-pustaka yang dibutuhkan untuk menjalankan analisis data dan visualisasi. Pustaka yang digunakan adalah:

- **pandas**: Digunakan untuk manipulasi dan analisis data dalam format DataFrame.
- **numpy**: Digunakan untuk melakukan operasi numerik seperti array dan fungsi matematika lainnya.
- **matplotlib.pyplot**: Digunakan untuk membuat berbagai macam visualisasi data, termasuk grafik.
- **seaborn**: Digunakan untuk visualisasi data yang lebih estetik dan lebih informatif.
- **KMeans dari sklearn.cluster**: Algoritma pembelajaran mesin yang digunakan untuk klasterisasi data.
- **LabelEncoder dan MinMaxScaler dari sklearn.preprocessing**: Digunakan untuk melakukan encoding data kategorikal menjadi numerik dan menskalakan data.
- **silhouette_score dari sklearn.metrics**: Digunakan untuk mengevaluasi kualitas klaster yang dihasilkan oleh KMeans.
- **geopandas**: Digunakan untuk menangani data geografis (shapefiles) dan memanipulasi peta.
- **warnings**: Digunakan untuk mengatur peringatan agar tidak muncul selama eksekusi kode.

Dengan mengimpor pustaka-pustaka ini, kita siap untuk melakukan analisis data dan visualisasi.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder, MinMaxScaler
from sklearn.metrics import silhouette_score
import geopandas as gpd
import warnings
%matplotlib inline
warnings.filterwarnings('ignore')
```

Gambar IV.1 *Import Libraries*

2. *Input dan Membaca Dataset*

Dalam penelitian ini, menganalisis data pertanian yang mencakup informasi terkait luas panen, produktivitas, produksi, jumlah penduduk, konsumsi, dan kebutuhan di beberapa daerah di Indonesia. Data yang digunakan disimpan dalam format CSV. Kode yang digunakan di bawah ini bertujuan untuk memuat dan menampilkan data dari file CSV tersebut menggunakan Python dan pustaka pandas.

Berikut adalah kode Python yang digunakan untuk memuat dan menampilkan data dari file CSV.

```
df = pd.read_csv('data.csv')
df.head()
```

Gambar IV.2 Perintah *Import File CSV ke Dataset*

Fungsi `pd.read_csv()` digunakan untuk membaca file CSV yang berisi data. Parameter 'data.csv' adalah nama file yang akan dibaca. Data yang dibaca akan disimpan dalam variabel `df` (*data frame*). Dan fungsi `df.head()` digunakan untuk menampilkan lima baris pertama dari dataset. Ini memungkinkan kita untuk melihat gambaran umum dari data yang telah dibaca. Hasil dari perintah kode tersebut ditampilkan seperti gambar dibawah ini.

	DAERAH	LUAS_PANEN	PRODUKTIVITAS	PRODUKSI	PENDUDUK	KONSUMSI	KEBUTUHAN
0	Bogor	50169	60	299676	5682300	107	608006
1	Sukabumi	81612	57	466836	2828020	128	361987
2	Cianjur	105306	60	630848	2584990	125	323124
3	Bandung	51948	64	334189	3753120	101	379065
4	Garut	71636	64	454938	2716950	113	307015

Gambar IV.3 Hasil *Input Data ke Dataset*

Tabel di atas menyajikan data mengenai kondisi produksi dan kebutuhan beras pada beberapa daerah di Jawa Barat, yaitu Bogor, Sukabumi, Cianjur, Bandung, dan Garut. Variabel yang ditampilkan mencakup luas panen (hektar), produktivitas (kuintal per hektar), produksi (ton), jumlah penduduk (jiwa), konsumsi per kapita (kg/jiwa/tahun), serta kebutuhan total beras (ton).

3. Menghapus *Missing Value*

Setelah data berhasil diimpor, langkah berikutnya adalah memeriksa apakah ada *missing value* dalam *dataset*. *Missing value* dapat menyebabkan masalah dalam analisis dan pemodelan, sehingga kita perlu mengidentifikasinya dan menghapusnya jika diperlukan. Berikut adalah kode Python untuk memeriksa apakah ada nilai yang hilang dalam *dataset*.

```
df.isnull().sum()
```

Gambar IV.4 Perintah Memeriksa *Missing Value*

Fungsi *isnull()* digunakan untuk mendeteksi apakah ada nilai yang hilang (NaN) di setiap elemen dalam *dataset*. Fungsi ini akan menghasilkan *DataFrame boolean* yang menunjukkan *True* jika nilai tersebut hilang dan *False* jika tidak. Dan fungsi *sum()* akan menghitung jumlah nilai *True* (yang menunjukkan nilai hilang) untuk setiap kolom. Dengan demikian, *df.isnull().sum()* akan menghasilkan jumlah nilai hilang untuk setiap kolom dalam *dataset*.

Di bawah ini adalah contoh output dari kode di atas, yang menunjukkan jumlah nilai yang hilang di setiap kolom.



	0
DAERAH	0
LUAS_PANEN	0
PRODUKTIVITAS	0
PRODUKSI	0
PENDUDUK	0
KONSUMSI	0
KEBUTUHAN	0
dtype: int64	

Gambar IV.5 Hasil Memeriksa *Missing Value*

Hasil dari perintah `df.isnull().sum()` menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang hilang (*missing values*) pada setiap kolom dalam dataset Anda. Dalam gambar yang Anda tunjukkan, kita dapat melihat bahwa pada semua kolom (DAERAH, LUAS_PANEN, PRODUKTIVITAS, PRODUKSI, PENDUDUK, KONSUMSI, KEBUTUHAN), jumlah nilai yang hilang (NaN) adalah 0.

Artinya, setiap kolom dalam dataset Anda memiliki data yang lengkap tanpa adanya nilai kosong atau hilang. Tidak ada masalah terkait data yang tidak terisi pada dataset ini, yang berarti Anda bisa melanjutkan analisis tanpa perlu menangani nilai yang hilang. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa dataset sudah bersih dari nilai yang hilang pada setiap kolom.

3. Duplikasi *Dataset*

Untuk memastikan agar nilai-nilai yang terdapat dalam dataset tidak berubah selama proses analisis atau pemrosesan lebih lanjut, maka dilakukan pembuatan salinan data terlebih dahulu. Dengan cara ini, setiap perubahan yang dilakukan pada data tidak akan mempengaruhi dataset asli, yang memungkinkan untuk dilakukan berbagai manipulasi dan eksperimen tanpa mengganggu integritas data awal. Berikut adalah kode untuk membuat salinan *DataFrame*.

```
x = df.copy()
```

Gambar IV.6 Perintah Menduplikasi *Dataset*

Langkah ini penting untuk menjaga agar data asli tetap utuh dan dapat digunakan kembali jika diperlukan di masa mendatang, sehingga analisis yang dilakukan lebih terkontrol dan terstruktur. Oleh karena itu, variabel baru dibuat untuk menampung salinan data, yang akan digunakan sebagai basis untuk berbagai langkah pemrosesan lebih lanjut.

4. Mengonversi Nilai Teks ke Numerik

Pada langkah ini, dilakukan konversi nilai kategorikal yang terdapat dalam kolom "DAERAH" menjadi nilai numerik. Proses ini sangat penting karena sebagian besar algoritma machine learning hanya dapat memproses data dalam bentuk angka, bukan teks. Oleh karena itu, diperlukan transformasi data kategorikal menjadi numerik agar dapat digunakan dalam model-model tersebut. Berikut adalah kode Python yang digunakan untuk mengubah nilai-nilai dalam kolom "DAERAH" menjadi numerik.

```
le = LabelEncoder()  
  
X['DAERAH'] = le.fit_transform(X['DAERAH'])  
  
X.head()
```

Gambar IV.7 Perintah Mengonversi Nilai Kolom DAERAH Menjadi Numerik

Untuk mengonversi nilai kategorikal menjadi angka, digunakan metode *Label Encoding* yang disediakan oleh pustaka *sklearn.preprocessing*. Metode ini bekerja dengan memberikan label numerik yang unik untuk setiap kategori dalam kolom tersebut. Setiap kategori yang ada dalam kolom "DAERAH" akan digantikan dengan angka yang sesuai, sehingga data menjadi numerik dan siap untuk diproses lebih lanjut.

5. Normalisasi *Dataset*

Pada langkah ini, proses normalisasi dilakukan terhadap dataset untuk memastikan bahwa setiap fitur berada dalam skala yang seragam. Hal ini sangat penting, terutama pada model machine learning, karena fitur dengan skala yang berbeda-beda dapat memengaruhi hasil analisis atau prediksi. Dengan normalisasi, nilai dari setiap fitur akan berada dalam rentang yang konsisten, biasanya antara 0 dan 1. Berikut adalah kode yang digunakan untuk menormalkan dataset menggunakan *MinMaxScaler* dari pustaka *sklearn.preprocessing*:

```
ms = MinMaxScaler()

data_scaled = ms.fit_transform(X)

df_scaled = pd.DataFrame(data_scaled, columns=X.columns)

df_scaled.head()
```

Gambar IV.8 Perintah Normalisasi *Dataset*

Pertama, objek *MinMaxScaler* diinisialisasi. Objek ini akan digunakan untuk menormalkan data sehingga nilai-nilai pada setiap fitur berada dalam rentang 0 sampai 1. Kemudian, fungsi *fit_transform()* diterapkan pada dataset *X* untuk mengubah data agar berada dalam rentang 0 sampai 1. Fungsi ini pertama-tama menghitung parameter skala (*fit*) berdasarkan data, kemudian mengaplikasikan transformasi pada data (*transform*).

Hasil normalisasi disimpan dalam variabel *data_scaled*. Selanjutnya, data yang telah dinormalisasi dikonversi kembali menjadi *DataFrame* dengan nama *df_scaled*, agar lebih mudah untuk dilihat dan dianalisis. Setelah proses normalisasi selesai, dilakukan pengecekan dengan *df_scaled.head()* untuk menampilkan lima baris pertama dari dataset yang telah dinormalisasi. Hal ini memungkinkan kita untuk memeriksa apakah proses normalisasi berjalan dengan benar.

Setelah kode ini dijalankan, setiap fitur dalam dataset akan berada dalam rentang 0 sampai 1, seperti yang terlihat pada gambar hasil normalisasi berikut:

	DAERAH	LUAS_PANEN	PRODUKTIVITAS	PRODUKSI	PENDUDUK	KONSUMSI	KEBUTUHAN
0	0.115385	0.235662	0.629630	0.214135	1.000000	0.382353	1.000000
1	0.923077	0.383379	0.518519	0.333593	0.478433	1.000000	0.576824
2	0.192308	0.494691	0.629630	0.450801	0.434024	0.911765	0.509976
3	0.000000	0.244020	0.777778	0.238799	0.647478	0.205882	0.606200
4	0.269231	0.336512	0.777778	0.325090	0.458137	0.558824	0.482267

Gambar IV.9 Hasil Normalisasi *Dataset*

Dengan langkah ini, semua fitur dalam dataset kini berada pada skala yang sama, yang dapat meningkatkan performa dan akurasi model yang akan diterapkan pada data tersebut.

IV.2.5 Menentukan Jumlah Kluster

Menentukan jumlah kluster yang optimal merupakan langkah penting dalam proses *K-Means Clustering*. Pada dasarnya, kita harus memilih jumlah kluster (k) yang menghasilkan pembagian data yang optimal tanpa mengelompokkan data secara berlebihan atau terlalu sedikit. Dua metode umum yang digunakan untuk menentukan jumlah kluster yang optimal adalah *Elbow Method* dan *Silhouette Score*.

1. *Elbow Method*

Elbow Method adalah teknik yang digunakan untuk menemukan jumlah kluster dengan cara mengidentifikasi titik “*elbow*” pada grafik, yang menunjukkan perubahan yang signifikan dalam *within-cluster sum of squares* (WCSS). WCSS mengukur jarak antara titik data dan pusat kluster, dan semakin banyak kluster yang digunakan, semakin kecil nilai WCSS. Namun, setelah titik tertentu (titik *elbow*), penurunan WCSS akan melambat secara signifikan, yang menandakan jumlah kluster yang optimal. Berikut adalah kode yang digunakan untuk menerapkan *Elbow Method*:

```

wcss = []

for i in range(1, 11):
    kmeans = KMeans(n_clusters = i, random_state=42)
    kmeans.fit(data_scaled)
    wcss.append(kmeans.inertia_)

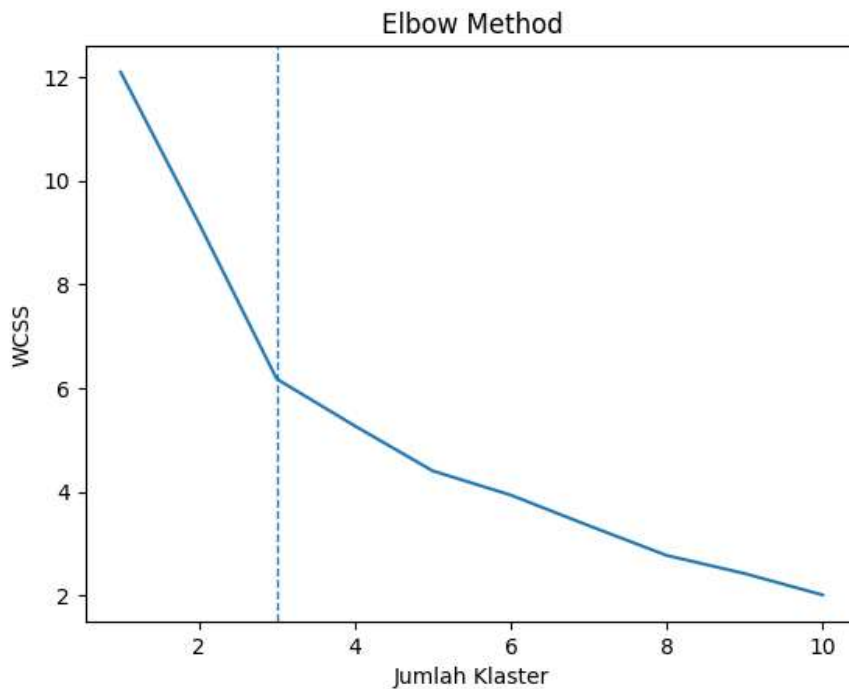
plt.plot(range(1, 11), wcss)
plt.title('Elbow Method')
plt.xlabel('Jumlah Klaster')
plt.ylabel('WCSS')
plt.axvline(x=3, linestyle='--', linewidth=1)
plt.show()

```

Gambar IV.10 Perintah *Elbow Method*

Variabel `wcss` digunakan untuk menyimpan nilai WCSS dari setiap percobaan dengan jumlah klaster yang berbeda. Dalam perulangan `for`, kita mencoba jumlah klaster dari 1 hingga 10. Pada setiap iterasi, model *K-Means* diinisialisasi dengan jumlah klaster yang berbeda (dari 1 hingga 10), dan data yang telah dinormalisasi (`data_scaled`) digunakan untuk melatih model. Nilai `inertia_` (WCSS) disimpan dalam `wcss`.

Fungsi `plt.plot()` digunakan untuk membuat grafik yang memplotkan jumlah klaster terhadap WCSS. Grafik ini akan menunjukkan seberapa banyak penurunan WCSS ketika jumlah klaster meningkat. Garis vertikal dengan `plt.axvline(x=3, linestyle='--', linewidth=1)` ditambahkan untuk menunjukkan jumlah klaster optimal yang ditemukan pada grafik (yaitu, pada titik *elbow*, yang terlihat pada jumlah klaster ke-3). Fungsi `plt.show()` digunakan untuk menampilkan grafik *Elbow Method* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar IV.11 Grafik Jumlah Kluster Optimal Dengan Menggunakan *Elbow Method*

Grafik yang dihasilkan menunjukkan penurunan tajam pada WCSS dari 1 kluster ke 2 kluster, kemudian penurunan yang lebih lambat setelah 2 kluster. Garis vertikal pada $x = 3$ menandakan bahwa jumlah kluster optimal adalah 3.

2. *Silhouette Score*

Selain menggunakan *Elbow Method*, kita juga dapat menggunakan *Silhouette Score* untuk menilai kualitas kluster yang dihasilkan. *Silhouette Score* mengukur seberapa baik setiap titik data dikelompokkan dalam klasternya. Nilai skor berkisar antara -1 hingga 1, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kluster lebih baik terpisah dan lebih rapat.

Pada langkah ini, kita akan menghitung *Silhouette Score* untuk berbagai jumlah kluster (dari 2 hingga 10 kluster) dan memilih jumlah kluster yang memberikan nilai skor tertinggi. Grafik yang dihasilkan akan menunjukkan bagaimana nilai *Silhouette Score* berubah seiring dengan peningkatan jumlah kluster. Berikut adalah kode yang digunakan untuk menghitung dan memplot *Silhouette Score*:

```

scores = []
for i in range(2,11):
    kmeans = KMeans(n_clusters=i, random_state=42)
    labels = kmeans.fit_predict(data_scaled)
    score = silhouette_score(data_scaled, labels)
    scores.append(score)

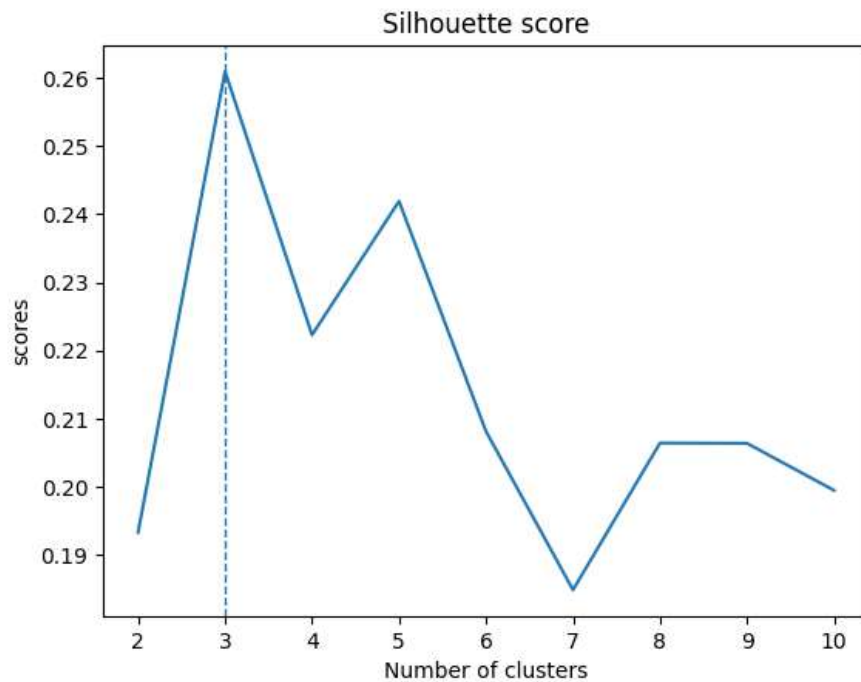
plt.plot(range(2, 11), scores)
plt.title('Silhouette score')
plt.xlabel('Number of clusters')
plt.ylabel('scores')
plt.axvline(x=3, linestyle='--', linewidth=1)
plt.show()

```

Gambar IV.12 Perintah *Silhouette Score*

Variabel *scores* digunakan untuk menyimpan nilai *Silhouette Score* untuk setiap percobaan dengan jumlah klaster yang berbeda. Dalam perulangan *for*, kita mencoba jumlah klaster dari 2 hingga 10. Pada setiap iterasi, model *K-Means* dilatih dengan jumlah klaster yang berbeda, dan *fit_predict()* digunakan untuk mengklaster data serta menghasilkan label untuk setiap titik data. Nilai *Silhouette Score* dihitung dengan fungsi *silhouette_score()*, yang mengukur seberapa baik hasil klaster tersebut. Nilai ini kemudian disimpan dalam *scores*.

Fungsi *plt.plot()* digunakan untuk memplotkan jumlah klaster terhadap *Silhouette Score*. Grafik ini akan menunjukkan bagaimana skor berubah seiring dengan jumlah klaster. Garis vertikal dengan *plt.axvline(x=3, linestyle='--', linewidth=1)* ditambahkan untuk menunjukkan jumlah klaster yang menghasilkan nilai *Silhouette Score* tertinggi, yang terlihat pada jumlah klaster ke-3. Fungsi *plt.show()* digunakan untuk menampilkan grafik yang memvisualisasikan hubungan antara jumlah klaster dan *Silhouette Score*.



Gambar IV.13 Grafik Jumlah Kluster Optimal Dengan Menggunakan *Silhouette Score*

Grafik yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai *Silhouette Score* tertinggi tercapai pada jumlah kluster ke-3, yang menandakan bahwa jumlah kluster optimal untuk dataset ini adalah 3.

IV.2.6 K-Means Clustering

Setelah mendapatkan jumlah kluster yang optimal dengan menggunakan dua metode yaitu *Elbow Method* dan *Silhouette Score* yang keduanya menunjukan jumlah yang sama yaitu 3. Berikut adalah kode yang digunakan untuk menghitung dan memplot *K-Means Clustering*:

```
K = 3
kmeans = KMeans(n_clusters=K, random_state = 42)

labels = kmeans.fit_predict(data_scaled)

centroids = kmeans.cluster_centers_

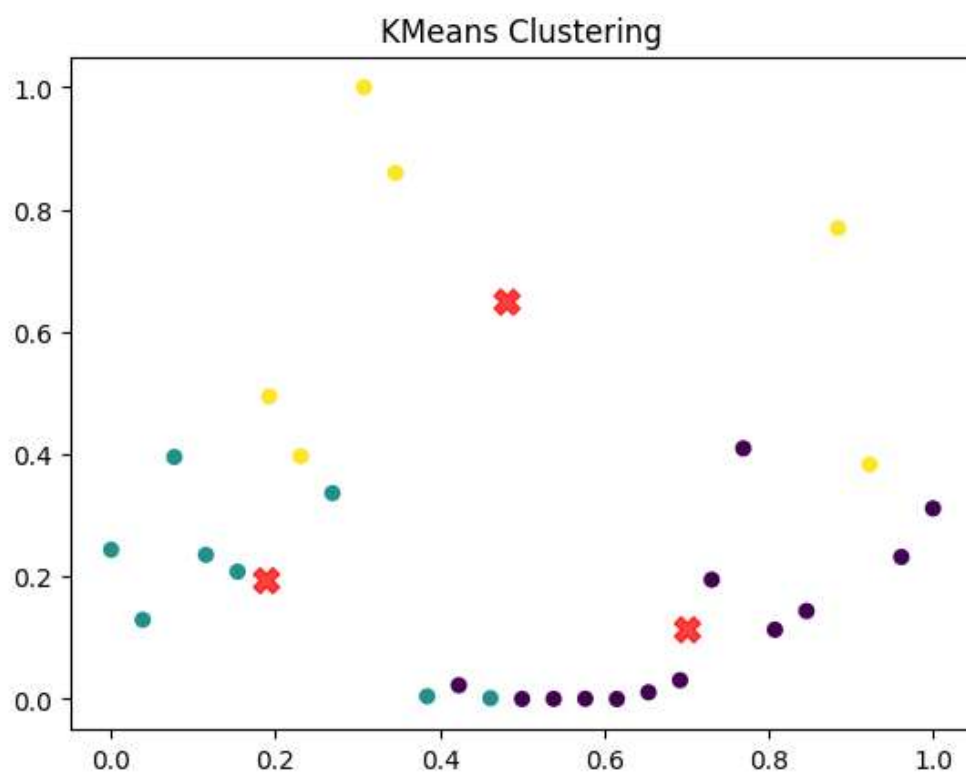
plt.scatter(data_scaled[:, 0], data_scaled[:, 1], c=labels, s=30, cmap='viridis')
plt.scatter(centroids[:, 0], centroids[:, 1], c='red', s=100, alpha=0.75, marker='X')
plt.title("KMeans Clustering")
plt.show()
```

Gambar IV.14 Perintah *K-Means Clustering*

Model K-Means diinisialisasi dengan parameter $n_clusters=3$, yang berarti model akan mengelompokkan data ke dalam 3 kluster. $random_state=42$ digunakan untuk memastikan hasil yang konsisten setiap kali kode dijalankan. Fungsi `fit_predict()` digunakan untuk melatih model K-Means pada data yang telah dinormalisasi (*data_scaled*). Fungsi ini mengembalikan label (kluster) untuk setiap titik data dalam dataset. Atribut `cluster_centers_` memberikan posisi centroid dari setiap kluster yang telah terbentuk. Centroid ini adalah titik pusat dari setiap kluster.

Fungsi `plt.scatter()` digunakan untuk memvisualisasikan data yang telah dikelompokkan. Setiap titik data akan diberikan warna yang berbeda berdasarkan kluster yang dimilikinya. Centroid setiap kluster digambarkan dengan titik merah besar (X) menggunakan `plt.scatter()`, dengan ukuran $s=100$ dan transparansi $\alpha=0.75$. Setelah proses visualisasi selesai, fungsi `plt.show()` digunakan untuk menampilkan plot hasil *K-Means Clustering*.

Setelah kode ini dijalankan, kita akan mendapatkan grafik yang memvisualisasikan hasil klustering menggunakan *K-Means* seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV.15 Grafik Scatterplot Hasil *K-Means Clustering*

Langkah selanjutnya adalah melakukan visualisasi untuk memahami sebaran data dalam setiap kluster dan bagaimana fitur-fitur dalam dataset saling berhubungan. Visualisasi yang digunakan adalah *Pairplot*, yang memungkinkan kita untuk melihat distribusi dan hubungan antar fitur dalam dataset, serta bagaimana setiap titik data terbagi berdasarkan kluster yang dihasilkan.

IV.2.7 Visualisasi Menggunakan *GeoPandas*

Setelah melakukan proses K-Means Clustering, langkah selanjutnya adalah memvisualisasikan hasil clustering dalam bentuk peta geografis menggunakan *Choropleth Map*. Peta ini menggambarkan bagaimana kluster-kluster yang terbentuk tersebar di wilayah geografis yang berbeda, sehingga kita dapat melihat pola spasial dari hasil clustering.

Choropleth Map adalah alat yang sangat berguna untuk menunjukkan variasi data dalam bentuk warna pada peta geografis. Dengan menggunakan peta ini, kita dapat dengan mudah melihat bagaimana kluster yang terbentuk (misalnya kluster rendah, sedang, atau tinggi) tersebar di berbagai daerah. Peta ini juga mempermudah kita untuk mengidentifikasi pola spasial atau keterkaitan antara geografi dan karakteristik data yang dianalisis.

Berikut adalah kode yang digunakan untuk menghasilkan *Choropleth Map* menggunakan *Geopandas*:

```
gdf = gpd.read_file('jawa-barat.shp')
gdf = gdf.set_index('Kabupaten').join(df.set_index('DAERAH'))
```

Gambar IV.16 Perintah Inialisasi *Geopandas*

Fungsi *gpd.read_file()* digunakan untuk membaca file *shapefile* yang berisi data geografis wilayah Jawa Barat, yang akan digunakan untuk peta. Data hasil *clustering* (df) digabungkan dengan peta geografis menggunakan *join()* berdasarkan kolom DAERAH. Hasil penggabungan ini memungkinkan kita untuk memetakan label kluster pada setiap daerah di peta.

```

gdf["centroid"] = gdf.geometry.centroid

fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 8), dpi=300)

gdf.plot(
    ax=ax,
    column='CLUSTER_LABEL',
    cmap='viridis',
    legend=True,
    edgecolor='black',
    linewidth=0.5
)

for idx, row in gdf.iterrows():
    ax.annotate(
        text=idx,
        xy=(row["centroid"].x, row["centroid"].y),
        ha="center", va="center",
        fontsize=10, color="black"
    )

plt.title('Choropleth Map')
plt.axis('off')
plt.show()

```

Gambar IV.17 Perintah memetakan klaster dengan *GeoPandas*

Kolom *centroid* ditambahkan pada data geografis untuk menyimpan titik pusat dari setiap wilayah. Titik ini akan digunakan untuk menambahkan label nama kabupaten pada peta. Fungsi *gdf.plot()* digunakan untuk menggambar peta dengan warna yang disesuaikan berdasarkan label klaster yang ada pada kolom *CLUSTER_LABEL*. Skema warna yang digunakan adalah 'viridis', yang mempermudah pemisahan antar klaster. Peta juga menampilkan legenda, dengan garis tepi wilayah yang berwarna hitam. Fungsi *ax.annotate()* digunakan untuk menambahkan nama kabupaten di titik pusat setiap wilayah pada peta. Peta ditampilkan menggunakan *plt.show()*.

Choropleth Map



Gambar IV.18 Peta *Choropleth*

Hasil klasterisasi menggunakan metode K-Means yang divisualisasikan dalam bentuk peta choropleth menunjukkan adanya perbedaan tingkat produksi padi antar kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Peta dibagi ke dalam tiga kategori, yaitu produksi rendah (ditunjukkan dengan warna ungu tua), sedang (hijau kebiruan), dan tinggi (kuning).

Secara spasial, kelompok produksi tinggi didominasi oleh wilayah-wilayah yang dikenal sebagai sentra padi, seperti Karawang, Subang, Indramayu, dan Sukabumi. Karakteristik wilayah ini umumnya memiliki lahan pertanian sawah yang luas serta sistem irigasi yang relatif baik, sehingga mampu mendukung intensitas tanam yang lebih tinggi dan produktivitas yang stabil. Temuan ini menguatkan peran kawasan utara Jawa Barat sebagai lumbung padi nasional, di mana kontribusi produksinya relatif lebih besar dibandingkan wilayah lain.

Sementara itu, kelompok produksi sedang meliputi kabupaten di bagian tengah seperti Bandung, Garut, dan Ciamis. Wilayah ini memiliki luas panen yang cukup besar, namun tingkat produktivitas tidak setinggi daerah sentra utama. Faktor

geografis berupa kondisi lahan yang lebih bervariasi (kombinasi dataran tinggi dan rendah) serta keterbatasan sistem irigasi di beberapa daerah menyebabkan potensi produksi tidak dapat dimaksimalkan secara optimal.

Adapun kelompok produksi rendah tersebar di wilayah timur dan selatan, seperti Kuningan, Cirebon, Tasikmalaya, Kota Banjar, serta sebagian besar kota administratif (Depok, Bekasi, Bogor, Sukabumi, Cirebon, dan Bandung). Karakteristik wilayah ini umumnya berupa lahan sawah yang sempit, dominasi kawasan perkotaan, serta alih fungsi lahan ke sektor non-pertanian, sehingga kontribusinya terhadap total produksi padi Jawa Barat relatif kecil.

Dari hasil pengelompokan ini, dapat disimpulkan bahwa distribusi produksi padi di Jawa Barat tidak merata, melainkan terkonsentrasi di wilayah utara dengan kapasitas produksi tinggi. Sementara wilayah tengah dan selatan berperan sebagai pendukung produksi dengan skala menengah hingga rendah. Pola ini penting untuk diperhatikan dalam perumusan kebijakan pangan daerah, terutama terkait pengelolaan lahan pertanian, peningkatan produktivitas, serta pengendalian alih fungsi lahan di kawasan perkotaan.

Bab V Analisis Dan Pembahasan

V.1 Analisis Tingkat Produksi Padi di Jawa Barat

Produksi padi di Jawa Barat dari tahun 2021 hingga 2024 menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti demografi, konversi lahan, dan kualitas infrastruktur pertanian. Jawa Barat, sebagai salah satu penghasil padi terbesar di Indonesia, memiliki karakteristik yang sangat bervariasi antar kabupaten/kota. Beberapa daerah yang dikenal sebagai lumbung padi, seperti Indramayu, Karawang, dan Cirebon, menunjukkan angka produksi yang relatif stabil dan tinggi. Namun, daerah-daerah lain, seperti Kota Bandung dan Kota Bekasi, cenderung mengalami penurunan produksi karena terbatasnya lahan pertanian yang tersedia dan lebih difokuskan pada sektor non-pertanian.

Peningkatan jumlah penduduk yang terus berlangsung menjadi salah satu faktor yang meningkatkan permintaan terhadap pangan, termasuk padi. Daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, seperti Bandung dan Bekasi, menghadapi peningkatan kebutuhan padi, sementara kapasitas produksi di daerah ini terbatas akibat alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan perumahan dan industri. Misalnya, Kabupaten Bandung dan Kota Bandung menunjukkan penurunan signifikan dalam luas panen padi, yang berkontribusi pada turunnya total produksi di wilayah tersebut. Di sisi lain, kabupaten dengan luas lahan yang masih cukup besar untuk pertanian, seperti Karawang, Indramayu, dan Cirebon, terus menunjukkan hasil produksi yang tinggi meskipun ada tantangan terkait pengelolaan lahan dan perubahan iklim yang dapat mempengaruhi hasil panen.

Metode *Single Moving Average* (SMA) digunakan untuk meramalkan produksi padi di tahun 2025 berdasarkan tren produksi selama periode 2021-2024. Proyeksi hasil untuk tahun 2025 menunjukkan bahwa beberapa kabupaten di Jawa Barat, seperti Indramayu dan Karawang, diperkirakan akan mengalami peningkatan produksi padi karena meningkatnya luas panen dan produktivitas per hektar. Namun, untuk daerah dengan penurunan luas panen, seperti Bekasi dan Kota Bandung, proyeksi produksi padi cenderung stagnan atau menurun. Ini menggambarkan bahwa meskipun ada peningkatan di beberapa wilayah,

keseluruhan potensi produksi padi di Jawa Barat dipengaruhi oleh ketidakseimbangan dalam distribusi lahan yang digunakan untuk pertanian.

Konversi lahan menjadi sektor non-pertanian menjadi faktor dominan yang mempengaruhi penurunan produksi padi di wilayah-wilayah tertentu. Alih fungsi lahan pertanian menjadi perumahan, kawasan industri, atau infrastruktur lainnya, mengurangi ketersediaan lahan untuk pertanian. Beberapa daerah yang paling terpengaruh oleh perubahan ini termasuk Kabupaten Bekasi dan Kota Bandung, di mana banyak lahan sawah telah diubah menjadi area perkotaan. Sebaliknya, kabupaten dengan kebijakan yang mendukung pertanian dan konservasi lahan seperti Indramayu tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan produksi padi mereka. Oleh karena itu, meskipun proyeksi produksi di beberapa daerah menunjukkan angka yang meningkat, tantangan besar tetap ada dalam menjaga keseimbangan antara ekspansi urbanisasi dan keberlanjutan pertanian.

V.2 Analisis Kebutuhan Padi di Jawa Barat

Kebutuhan padi di Jawa Barat merupakan masalah yang kompleks, terutama dengan adanya ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi di berbagai kabupaten/kota. Daerah dengan populasi yang tinggi dan tingkat konsumsi yang besar, seperti Kota Bandung dan Kota Bekasi, menunjukkan kebutuhan padi yang tinggi. Namun, produksi padi di daerah ini tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Kota Bandung, sebagai pusat ekonomi dan perdagangan, lebih mengandalkan produk pangan dari daerah lain, sementara sektor pertanian di kota ini semakin terpinggirkan akibat konversi lahan yang masif. Sebaliknya, daerah seperti Indramayu dan Karawang yang dikenal sebagai lumbung padi memiliki surplus produksi yang lebih besar dan bahkan berpotensi untuk memenuhi kebutuhan pangan di daerah sekitarnya.

Kebutuhan padi dihitung berdasarkan konsumsi per kapita dan jumlah penduduk di setiap daerah. Daerah dengan angka konsumsi yang tinggi, seperti Kota Depok dan Kota Bandung, memerlukan lebih banyak pasokan padi untuk memenuhi kebutuhan penduduknya yang terus berkembang. Namun, ketidakseimbangan ini muncul karena daerah-daerah tersebut tidak dapat memproduksi padi dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan domestik

mereka. Misalnya, Kota Bandung, meskipun memiliki permintaan pangan yang besar, produksi padinya tetap rendah karena terbatasnya lahan pertanian dan lebih berfokus pada sektor industri dan perdagangan.

Secara keseluruhan, kebutuhan padi di Jawa Barat pada tahun 2025 diperkirakan masih dapat dipenuhi oleh produksi lokal, tetapi dengan catatan bahwa distribusi yang tidak merata akan mempengaruhi ketahanan pangan secara keseluruhan. Di beberapa wilayah dengan surplus produksi, seperti Indramayu dan Karawang, stok padi bisa lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan daerah lain yang kekurangan, seperti Kota Bandung dan Bekasi. Meskipun begitu, distribusi pangan yang efektif dan kebijakan yang mendukung aliran pasokan dari daerah yang surplus ke daerah yang kekurangan masih menjadi tantangan utama. Oleh karena itu, kebijakan yang lebih terstruktur dalam pengelolaan dan distribusi pangan sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan pasokan.

Selain itu, masalah sosial-ekonomi seperti tingkat kemiskinan dan akses terhadap pangan juga mempengaruhi konsumsi per kapita. Meskipun beberapa daerah memiliki angka konsumsi yang tinggi, ketidakmampuan ekonomi masyarakat untuk membeli pangan yang cukup tetap menjadi masalah besar. Oleh karena itu, dalam analisis kebutuhan padi ini, sangat penting untuk tidak hanya melihat angka produksi dan konsumsi, tetapi juga mempertimbangkan faktor-faktor sosial dan ekonomi yang mempengaruhi pola distribusi pangan.

V.3 Analisis K-Means Clustering

Analisis K-Means Clustering digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Barat berdasarkan proyeksi produksi dan kebutuhan pangan. Proses klasterisasi ini dilakukan untuk mendapatkan wawasan yang lebih jelas mengenai distribusi surplus dan defisit pangan di wilayah-wilayah tersebut. Salah satu tantangan utama dalam melakukan klasterisasi adalah menentukan jumlah klaster yang optimal.

Penentuan jumlah klaster yang optimal adalah langkah pertama dalam menerapkan K-Means Clustering. Di sini, kami menggunakan dua metode evaluasi utama: Elbow Method dan Silhouette Score. Elbow Method digunakan untuk menentukan titik “elbow,” yaitu titik di mana penurunan jarak total antar titik data

dan pusat klaster mulai melambat. Pada grafik yang dihasilkan, titik elbow ini menunjukkan jumlah klaster yang optimal, yang dalam penelitian ini adalah 3. Setelah menentukan jumlah klaster, kami juga menggunakan Silhouette Score untuk mengukur kualitas klasterisasi. Skor ini memberikan gambaran seberapa baik titik data dikelompokkan dalam klaster yang sesuai, dengan skor yang lebih tinggi menunjukkan klasterisasi yang lebih baik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah klaster 3 memberikan skor yang memadai, menunjukkan bahwa pengelompokan kabupaten/kota menjadi tiga klaster sudah tepat.

Hasil klasterisasi membagi kabupaten/kota di Jawa Barat menjadi tiga klaster utama berdasarkan kesamaan karakteristik produksi dan kebutuhan pangan mereka. Pembagian ini tidak hanya memperhatikan angka produksi dan kebutuhan, tetapi juga faktor-faktor geografis dan demografis yang mempengaruhi ketahanan pangan di wilayah tersebut.

1. Klaster Rendah

Klaster pertama adalah klaster dengan potensi produksi padi yang rendah, yang mencakup daerah-daerah perkotaan dengan kebutuhan pangan yang tinggi namun terbatasnya produksi. Wilayah-wilayah yang termasuk dalam klaster ini adalah Kota Bandung, Kota Bekasi, dan Kota Depok. Klaster ini memiliki karakteristik dengan pertumbuhan populasi yang cepat, yang menyebabkan permintaan terhadap pangan semakin meningkat. Namun, konversi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian seperti kawasan industri dan perumahan mengurangi kapasitas produksi lokal. Sebagai contoh, Kota Bandung meskipun memiliki kebutuhan pangan yang besar, produksinya sangat terbatas karena sebagian besar lahan sawah telah berubah fungsi menjadi kawasan urban.

2. Klaster Sedang

Klaster kedua adalah klaster dengan kapasitas produksi padi yang cukup untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan pangan lokal, meskipun masih ada kekurangan dalam beberapa area. Daerah yang masuk dalam klaster ini termasuk Tasikmalaya, Ciamis, dan Sumedang. Produksi padi di wilayah-wilayah ini cukup stabil, dan sebagian besar kebutuhan pangan mereka dapat dipenuhi oleh hasil produksi lokal. Namun, beberapa daerah ini masih bergantung pada pasokan dari

daerah lain untuk memenuhi kekurangan yang terjadi akibat penurunan luas lahan atau produktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah lumbung padi. Faktor-faktor yang memengaruhi posisi klaster ini adalah infrastruktur pertanian yang cukup memadai, namun tidak sepenuhnya mendukung untuk meningkatkan hasil secara signifikan.

3. Klaster Tinggi

Klaster ketiga adalah klaster dengan produksi padi yang tinggi, yang mencakup wilayah-wilayah yang dikenal sebagai lumbung padi, di mana produksi pangan mereka jauh melebihi kebutuhan lokal. Daerah yang termasuk dalam klaster ini adalah Indramayu, Karawang, dan Cirebon. Wilayah-wilayah ini memiliki luas lahan pertanian yang besar, sistem irigasi yang lebih baik, dan infrastruktur pertanian yang mendukung untuk meningkatkan hasil pertanian. Sebagai contoh, Karawang dan Indramayu memiliki lahan pertanian yang luas dan sebagian besar wilayahnya masih didedikasikan untuk pertanian, sehingga mereka mampu menghasilkan surplus padi yang tidak hanya mencukupi kebutuhan lokal, tetapi juga bisa dipasarkan ke wilayah lain di luar Jawa Barat.

Bab VI Kesimpulan Dan Saran

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis pada penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Pola distribusi wilayah dengan potensi surplus dan defisit pangan

Analisis perbandingan produksi dan kebutuhan padi menunjukkan bahwa secara agregat Jawa Barat masih berada dalam kondisi surplus, meskipun jumlahnya cenderung menurun dari tahun ke tahun. Wilayah agraris seperti Indramayu, Subang, Karawang, dan Majalengka menjadi penyumbang surplus utama, sementara daerah perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi seperti Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, serta Kabupaten Bogor secara konsisten mengalami defisit. Pola ini mengindikasikan ketergantungan wilayah perkotaan terhadap pasokan dari daerah sentra produksi, serta risiko yang muncul jika surplus daerah agraris terus menurun.

2. Peramalan tingkat produksi padi tahun 2025 dengan metode Single Moving Average (SMA)

Hasil peramalan SMA menunjukkan mayoritas kabupaten/kota mengalami tren penurunan produksi padi pada tahun 2025. Penurunan paling tajam diproyeksikan terjadi di daerah perkotaan seperti Kota Depok, Kota Cirebon, dan Kota Bekasi akibat keterbatasan lahan dan tekanan urbanisasi. Sementara itu, lumbung padi utama seperti Indramayu, Karawang, dan Subang masih diperkirakan menjadi penyokong terbesar produksi, meskipun dengan kecenderungan penurunan moderat. Temuan ini menegaskan adanya tekanan serius terhadap keberlanjutan produksi pangan di Jawa Barat.

3. Klasifikasi kabupaten/kota dengan algoritma K-Means Clustering

Melalui penerapan algoritma K-Means dengan jumlah kluster optimal tiga, kabupaten/kota di Jawa Barat terbagi ke dalam tiga kelompok produksi: tinggi, sedang, dan rendah. Kluster produksi tinggi didominasi wilayah utara (Indramayu, Karawang, Subang, Sukabumi), kluster sedang tersebar di wilayah tengah seperti

Bandung, Garut, dan Ciamis, sedangkan klaster rendah mencakup wilayah perkotaan dan kabupaten dengan lahan terbatas, termasuk Kuningan, Kota Banjar, serta mayoritas kota administratif.

4. Visualisasi hasil klasterisasi dalam Sistem Informasi Geografis (GIS)

Hasil klasterisasi divisualisasikan dalam bentuk peta choropleth, yang menunjukkan distribusi spasial ketiga kelompok produksi padi di Jawa Barat. Peta tersebut memberikan gambaran yang jelas mengenai konsentrasi produksi tinggi di wilayah utara, distribusi menengah di wilayah tengah, serta keterbatasan produksi di kawasan selatan dan perkotaan. Visualisasi ini berfungsi sebagai alat bantu yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan ketahanan pangan, terutama dalam aspek distribusi, perlindungan lahan pertanian, dan strategi peningkatan produktivitas berbasis wilayah.

VI.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk berbagai pihak terkait:

1. Untuk Pemerintah Daerah

Pemerintah daerah di Jawa Barat perlu fokus pada pengelolaan dan perlindungan lahan pertanian untuk menghindari konversi lahan menjadi kawasan non-pertanian. Kebijakan yang mendukung sektor pertanian, seperti subsidi untuk teknologi pertanian dan pengelolaan irigasi, juga sangat penting.

2. Untuk Petani

Petani perlu didorong untuk mengadopsi teknologi pertanian modern guna meningkatkan produktivitas. Pelatihan mengenai teknik pertanian yang efisien dan ramah lingkungan juga penting untuk memaksimalkan hasil panen.

3. Untuk Peneliti dan Akademisi

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan pangan, seperti dampak perubahan iklim dan alih fungsi lahan. Penelitian

ini dapat memberikan dasar yang lebih kuat untuk kebijakan pangan yang lebih baik.

4. Untuk Masyarakat

Masyarakat perlu diberdayakan untuk lebih sadar akan pentingnya ketahanan pangan lokal, dengan mendukung produk pertanian lokal dan meminimalkan pemborosan pangan. Program edukasi dan kampanye tentang konsumsi pangan yang berkelanjutan dapat membantu menciptakan ketahanan pangan jangka panjang.

Dengan adanya kolaborasi antara berbagai pihak ini, diharapkan ketahanan pangan di Jawa Barat dapat lebih terjamin dan distribusi pangan menjadi lebih merata, mendukung kebutuhan masyarakat dan ekonomi lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. (2024). *Ringkasan Eksekutif - Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Jawa Barat 2024*.
- FAO. (1996). *Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. [Http://Www.Fao.Org/Docrep/003/W3613e/W3613e00.HTM](http://www.fao.org/docrep/003/W3613e/W3613e00.htm).
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- Kijewska, A., & Bluszcz, A. (2016). Research of varying levels of greenhouse gas emissions in European countries using the k-means method. *Atmospheric Pollution Research*, 7(5), 935–944.
- Maesaroh, M., & Padilah, T. (2023). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Pada Pengelompokan Daerah Penyebaran Diare Di Provinsi Jawa Barat. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4).
- Rais, M. I. N. (2022). Penentuan Segmentasi Konsumen Pada Marketing Data Ifood Menggunakan Metode K–Means Clustering. In *Fakultas Teknik Unpas*.
- Ramadhani, S., Anis, U., & Masruro, S. T. (2013). *Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Layanan Kesehatan Di Kecamatan Lamongan Dengan PHP MySQL*.
- Siregar, M. (2023). *Peningkatan Produktivitas Tanaman Padi Melalui Penerapan Teknologi Pertanian Terkini*.
- Subagyo, P. (2013). *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. BBPE.
- Supriadi, & Nasution, Z. (2007). *Sistem Informasi Geografis*. Usu Press.
- Zahra, A., Ada, S., & and, A. A. (2024). Implementasi Clustering Algoritma K-Means Pada Produksi Beras di Provinsi Jawa Timur Tahun 2022. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, 5(3), 2775–2496.