



Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development

+62 821-7074-3613



ranahresearch@gmail.com



<https://jurnal.ranahresearch.com/>



Optimalisasi Kebijakan Pangan Berbasis Big Data: Model Manajemen Produksi dan Distribusi Beras di Indonesia

Rulinawaty¹, Lukman samboteng², Andriyansah³, Alwi⁴

¹Universitas Terbuka

²Politeknik STIA LAN Makassar

³Universitas Terbuka

⁴Universitas Hasanudin

Corresponding Author: lukmansamboteng@yahoo.co.id

Abstract: Rice is an important commodity in Indonesia and the main source of food for most of the population. However, various challenges such as production distribution inequality, supply chain inefficiency, and price fluctuations still pose a threat to national food security. This research aims to develop a Big Data Management Model for rice commodity, which integrates descriptive, diagnostic, predictive and prescriptive analysis to improve the effectiveness of national food policy. This research uses data from the Central Bureau of Statistics (BPS) and the Ministry of Agriculture, covering rice production from 1993 to 2018. Analysis was conducted with K-Means clustering for descriptive analysis, Decision Tree and Random Forest for diagnostic analysis, Linear Regression and Recurrent Neural Network (RNN) for predictive analysis, and the application of Blockchain Logistics 4.0 for prescriptive recommendations. This approach enables a comprehensive assessment of production trends, factors affecting yields, and data-driven policy strategies. The results show that rice production is highly concentrated in Java, which accounts for 44.47% of total national production, while eastern regions such as Papua and Maluku have low production levels due to limited land and agricultural infrastructure. The main factors affecting rice productivity are land availability, irrigation systems, and labor access. The prediction model shows that several provinces, including DKI Jakarta, Kalimantan, and Riau, are expected to experience a decline in production in the next five years if there is no appropriate policy intervention. In addition, artificial intelligence-based decision support systems and the application of blockchain in the rice supply chain can be a solution to improve logistics efficiency, stabilize prices, and reduce distribution bottlenecks. These findings confirm that Big Data and AI technologies have the potential to improve national food security through improved prediction accuracy and optimization of supply chain networks. However, successful implementation is highly dependent on strengthening digital infrastructure, standardizing agricultural data, and increasing technology adoption among farmers and policy makers. This research contributes to the development of data-driven food policy, by providing a framework that can be adapted for long-term food security planning in developing countries. Future studies are recommended to explore models that are more adaptive to environmental changes, climate variability, and global market dynamics that affect rice production and distribution.

Keyword: *Big Data Analytics; Food Security; Rice Production; Food Policy; Blockchain Logistics*

Abstrak: Beras merupakan komoditas penting di Indonesia dan menjadi sumber pangan utama bagi sebagian besar penduduk. Namun, berbagai tantangan seperti ketimpangan distribusi produksi, inefisiensi rantai pasok, dan fluktuasi harga masih menjadi ancaman bagi ketahanan pangan nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Model Manajemen Big Data untuk komoditas beras, yang mengintegrasikan analisis deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif guna meningkatkan efektivitas kebijakan pangan nasional. Penelitian ini menggunakan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Pertanian, mencakup produksi beras dari 1993 hingga 2018. Analisis dilakukan dengan K-Means clustering untuk analisis deskriptif, Decision Tree dan Random Forest untuk analisis diagnostik, Regresi Linier dan Recurrent Neural Network (RNN) untuk analisis prediktif, serta penerapan Blockchain Logistics 4.0 untuk rekomendasi preskriptif. Pendekatan ini memungkinkan penilaian komprehensif terhadap tren produksi, faktor-faktor yang mempengaruhi hasil panen, serta strategi kebijakan berbasis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi beras sangat terpusat di Pulau Jawa, yang menyumbang 44,47% dari total produksi nasional, sementara wilayah timur seperti Papua dan Maluku memiliki tingkat produksi yang rendah akibat keterbatasan lahan dan infrastruktur pertanian. Faktor utama yang mempengaruhi produktivitas beras adalah ketersediaan lahan, sistem irigasi, dan akses tenaga kerja. Model prediksi menunjukkan bahwa beberapa provinsi, termasuk DKI Jakarta, Kalimantan, dan Riau, diperkirakan mengalami penurunan produksi dalam lima tahun ke depan jika tidak ada intervensi kebijakan yang tepat. Selain itu, sistem pendukung keputusan berbasis kecerdasan buatan serta penerapan blockchain dalam rantai pasok beras dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi logistik, menstabilkan harga, dan mengurangi hambatan distribusi. Temuan ini menegaskan bahwa teknologi Big Data dan AI berpotensi meningkatkan ketahanan pangan nasional melalui peningkatan akurasi prediksi serta optimalisasi jaringan rantai pasok. Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada penguatan infrastruktur digital, standarisasi data pertanian, serta peningkatan adopsi teknologi di kalangan petani dan pengambil kebijakan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kebijakan pangan berbasis data, dengan menyediakan kerangka kerja yang dapat diadaptasi untuk perencanaan ketahanan pangan jangka panjang di negara berkembang. Studi selanjutnya direkomendasikan untuk mengeksplorasi model yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan, variabilitas iklim, dan dinamika pasar global yang mempengaruhi produksi dan distribusi beras.

Kata Kunci: *Big Data Analytics; Ketahanan Pangan; Produksi Beras; Kebijakan Pangan; Blockchain Logistics*

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok utama di Indonesia, yang menjadi sumber pangan utama bagi lebih dari 270 juta penduduk. Dengan ketergantungan yang tinggi terhadap beras, stabilitas produksi, distribusi, dan harga menjadi faktor krusial dalam menjaga ketahanan pangan dan kestabilan ekonomi nasional. Pemerintah Indonesia, melalui Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Pertanian, telah mengumpulkan sejumlah besar data terkait produksi beras, termasuk hasil panen per hektar, penggunaan lahan, serta tingkat produktivitas di berbagai provinsi. Namun, meskipun data ini tersedia dalam jumlah besar, masih terdapat tantangan dalam mengintegrasikan, menganalisis, dan memanfaatkannya secara efektif untuk mendukung kebijakan strategis. Ketahanan produksi dan distribusi beras semakin diperumit oleh variabilitas iklim, alih fungsi lahan pertanian untuk kepentingan non-pertanian, serta

faktor sosial-ekonomi yang mempengaruhi petani dan konsumen (McAfee & Brynjolfsson, 2012). Untuk mengatasi permasalahan ini, penerapan Analitik Big Data (Big Data Analytics – BDA) dalam sektor pertanian semakin diakui sebagai alat penting dalam meningkatkan ketahanan pangan serta mengoptimalkan rantai pasok pangan (Fang et al., 2015). Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti telah mengeksplorasi bagaimana model pengambilan keputusan berbasis data dapat meningkatkan kebijakan pertanian, meningkatkan produktivitas, serta mengurangi inefisiensi dalam jaringan distribusi pangan (Kung et al., 2016; Moshou et al., 2004).

Semakin kompleksnya produksi beras di Indonesia membutuhkan kerangka kerja manajemen data yang komprehensif yang mengintegrasikan analisis deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif untuk mendukung kebijakan pangan nasional. Studi sebelumnya telah membuktikan bahwa teknologi Big Data dapat berdampak signifikan terhadap keberlanjutan sektor pertanian dengan meningkatkan model prediksi, mengoptimalkan teknik budidaya, dan memungkinkan pertanian presisi (Moshou et al., 2005). Khususnya, perkembangan dalam pembelajaran mesin (machine learning), kecerdasan buatan (artificial intelligence – AI), dan teknologi blockchain menawarkan peluang baru dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok pertanian, memungkinkan pemerintah untuk mengantisipasi kelangkaan dan fluktuasi harga sebelum menjadi krisis (Su et al., 2017). Beberapa studi kasus telah membuktikan bagaimana pemodelan prediktif dan analisis data real-time dapat membantu para pengambil kebijakan dalam menentukan kebijakan impor beras, pengelolaan stok dalam negeri, dan alokasi subsidi (Chung et al., 2016). Namun, terlepas dari kemajuan ini, potensi penuh Big Data dalam sektor beras di Indonesia masih belum terealisasi sepenuhnya akibat sumber data yang terfragmentasi, kurangnya integrasi sistem, serta belum berkembangnya sistem pendukung keputusan yang komprehensif.

Tantangan utama dalam penelitian ini adalah tidak adanya model manajemen Big Data yang terpadu yang dapat secara sistematis mengintegrasikan data produksi beras dari berbagai pemangku kepentingan. Pendekatan saat ini dalam pengumpulan dan analisis data masih terpisah-pisah, di mana lembaga pemerintah, sektor swasta, dan akademisi masih bekerja dalam silo yang berbeda (Maione et al., 2016). Akibatnya, tidak ada platform terpadu yang memungkinkan pemantauan real-time dan perencanaan strategis berbasis analitik prediktif. Tidak adanya mekanisme kebijakan berbasis data yang terpusat menyebabkan inefisiensi dalam produksi, pengadaan, dan distribusi beras, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap fluktuasi pasokan dan volatilitas harga (Drake University, 2011). Selain itu, perubahan iklim, ekspansi perkotaan, serta perubahan pola konsumsi semakin menambah kompleksitas pengelolaan rantai pasok beras, sehingga memerlukan alat analisis yang lebih canggih dalam merancang kebijakan jangka panjang.

Untuk mengatasi permasalahan ini, para peneliti telah mengusulkan model pertanian berbasis Big Data sebagai solusi potensial untuk meningkatkan ketahanan pangan dan pengambilan keputusan dalam sektor pertanian. Beberapa keuntungan utama dari penerapan analisis data, pembelajaran mesin, dan sistem pemantauan real-time telah diidentifikasi dalam pengelolaan produksi beras (Azahari & Hadiutomo, 2019). Sebagai contoh, analisis prediktif dapat digunakan untuk memprediksi fluktuasi hasil panen dengan menganalisis pola iklim historis, statistik penggunaan lahan, serta tren produktivitas regional (Hakim et al., 2019). Selain itu, analisis diagnostik dengan menggunakan algoritma klasifikasi seperti Decision Tree dan Random Forest dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor paling berpengaruh terhadap variabilitas hasil panen beras, sehingga pemerintah dapat mengambil langkah proaktif untuk mengurangi risiko (Handayani & Kunarti, 2018).

Lebih lanjut, integrasi AI dan blockchain dalam pengelolaan rantai pasok telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengoptimalkan logistik, penyimpanan, dan distribusi (Lopuilisa & Suryani, 2018). Teknologi blockchain, khususnya, telah berhasil diterapkan dalam berbagai sektor pertanian global untuk meningkatkan ketertelusuran,

transparansi, dan efisiensi (Makbul et al., 2019). Dengan menerapkan prinsip Logistik 4.0, pemerintah dapat menyederhanakan jaringan distribusi beras, mengurangi pemborosan dan inefisiensi transportasi, serta memastikan bahwa harga beras tetap stabil bagi konsumen (Perdinan et al., 2018). Selain itu, model jaringan saraf tiruan (neural network) telah digunakan untuk memprediksi permintaan dan pasokan beras di masa depan, memungkinkan pemerintah untuk menyesuaikan kuota impor, mengatur harga pasar, serta menjaga cadangan nasional yang memadai (Putri et al., 2019).

Meskipun telah ada berbagai penelitian terkait penerapan Big Data dalam pertanian, masih terdapat kesenjangan dalam literatur mengenai penerapannya secara komprehensif dalam industri beras di Indonesia. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada studi kasus yang terisolasi atau kerangka kerja teoritis, tanpa adanya model holistik yang mencakup semua aspek produksi, penyimpanan, dan distribusi beras (Wardani et al., 2019). Sementara beberapa studi telah membuktikan efektivitas AI dan pemodelan prediktif dalam manajemen pertanian, masih sedikit penelitian yang menjelajahi implementasi praktisnya dalam konteks kebijakan di Indonesia. Selain itu, sebagian besar penelitian terkait penerapan blockchain dalam sektor pertanian lebih banyak berfokus pada optimalisasi rantai pasok di negara maju, sehingga masih terdapat pertanyaan mengenai kelayakan dan skalabilitasnya dalam industri beras yang terdesentralisasi di Indonesia (Wolfert et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan penelitian tersebut dengan mengembangkan model manajemen Big Data yang komprehensif untuk komoditas beras di Indonesia. Dengan memanfaatkan analisis deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif, studi ini berupaya meningkatkan kebijakan ketahanan pangan nasional serta menyediakan pendekatan sistematis dalam mengintegrasikan data pertanian dari berbagai pemangku kepentingan. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada kombinasi analitik prediktif berbasis AI, manajemen logistik berbasis blockchain, serta sistem pendukung keputusan real-time yang disesuaikan dengan karakteristik pertanian di Indonesia. Ruang lingkup penelitian ini mencakup pengumpulan data dari sumber pemerintah resmi, analitik berbasis AI, serta integrasi blockchain, guna menyusun kerangka kerja manajemen data yang adaptif dan skalabel untuk mendukung tujuan ketahanan pangan jangka panjang di Indonesia.

METODE

Penelitian ini mengembangkan model manajemen Big Data untuk komoditas beras di Indonesia, yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas kebijakan pangan nasional melalui analisis data yang komprehensif. Studi ini mengadopsi pendekatan berbasis data dengan mengintegrasikan berbagai teknik analisis, termasuk deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif, guna memahami tren produksi beras serta memformulasikan strategi yang berbasis data dalam pengambilan kebijakan pangan.



Gambar 1. Heerarki DIKW dan Analisis Data

Metode penelitian ini dirancang berdasarkan prinsip-prinsip Big Data Analytics dalam sektor pertanian, yang telah diterapkan dalam berbagai penelitian terkait (Wolfert et al., 2017;

Chen et al., 2014). Untuk memastikan validitas dan akurasi model yang dikembangkan, penelitian ini menggunakan kombinasi data sekunder dari berbagai sumber resmi serta metode analisis yang menggabungkan teknik klasifikasi, regresi, serta sistem kecerdasan buatan berbasis jaringan saraf tiruan.

Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan dari dua sumber utama: Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Pertanian. Data ini mencakup informasi produksi beras dari tahun 1993 hingga 2020, termasuk luas lahan panen, hasil produksi, serta tingkat produktivitas per hektar. Data lainnya yang digunakan dalam penelitian ini mencakup informasi geografis dan topografi wilayah produksi, seperti jumlah desa di daerah berbukit, daerah pesisir, dan lembah, yang dapat berpengaruh terhadap variasi produksi beras.

Selain data statistik yang diperoleh dari BPS dan Kementerian Pertanian, penelitian ini juga menggunakan data sekunder dari berbagai kajian akademik dan laporan kebijakan terkait kebijakan pangan nasional dan tren harga beras di pasar domestik. Data ini digunakan untuk mendukung analisis prediktif serta mengevaluasi efektivitas kebijakan yang telah diterapkan sebelumnya. Untuk memastikan kualitas data yang dikumpulkan, penelitian ini menerapkan metode pre-processing data, yang mencakup standarisasi format data, penanganan missing values, serta normalisasi data agar dapat digunakan dalam analisis yang lebih lanjut.

Model Analisis Big Data

Kerangka analisis dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan Big Data Analytics, yang terdiri dari empat tahapan utama:

1. Analisis Deskriptif – Mengelompokkan dan memvisualisasikan pola produksi beras berdasarkan wilayah dan tren historis.
2. Analisis Diagnostik – Menggunakan teknik klasifikasi untuk mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhi produksi beras.
3. Analisis Prediktif – Menggunakan model regresi dan machine learning untuk memperkirakan tren produksi di masa depan.
4. Analisis Preskriptif – Mengembangkan sistem rekomendasi berbasis kecerdasan buatan dan blockchain untuk mendukung pengambilan kebijakan.

Masing-masing tahapan analisis ini dirancang untuk memberikan wawasan berbasis data yang dapat membantu perumusan kebijakan pangan secara lebih efektif.



Gambar 2. Model Analisis Big Data

Analisis Deskriptif: Pemodelan dan Visualisasi Data Produksi Beras

Pada tahap ini, penelitian melakukan pengelompokan produksi beras berdasarkan tingkat produksi dan karakteristik wilayah menggunakan metode clustering K-Means. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mengidentifikasi pola dalam data tanpa memerlukan label kelas sebelumnya (Bekker, 2018). Pengelompokan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti volume produksi tahunan, luas lahan panen, serta tren produktivitas per

provinsi. Hasil analisis ini divisualisasikan dalam bentuk peta interaktif dan diagram untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola distribusi produksi beras di Indonesia.

Dari hasil pengelompokan, penelitian ini mengidentifikasi lima kategori tingkat produksi: sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Analisis ini memberikan dasar bagi tahapan diagnostik dalam penelitian ini untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan tingkat produksi antar daerah.

Analisis Diagnostik: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Beras

Untuk memahami faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat produksi beras, penelitian ini menerapkan algoritma klasifikasi berbasis Decision Tree dan Random Forest. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam mengidentifikasi pola hubungan antara variabel input (misalnya luas lahan, kondisi geografis, dan penggunaan teknologi pertanian) dengan variabel output (produksi beras per hektar) (Deka, 2016).

Hasil analisis menunjukkan bahwa luas lahan merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingkat produksi beras. Selain itu, ditemukan bahwa faktor-faktor seperti kondisi geografis dan jenis tanah juga berperan dalam menentukan hasil produksi. Hasil dari analisis diagnostik ini kemudian digunakan sebagai masukan dalam model prediksi untuk memperkirakan bagaimana faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi produksi di masa depan.

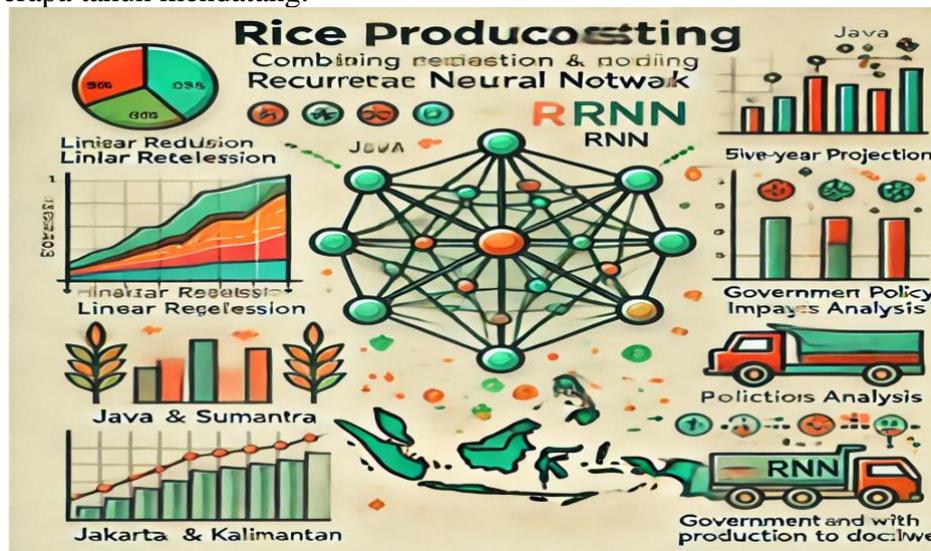
Analisis Prediktif: Model Regresi dan Machine Learning

Pada tahap ini, penelitian mengembangkan model regresi linier untuk memperkirakan tren produksi beras berdasarkan data historis. Model ini dikombinasikan dengan teknik machine learning seperti Recurrent Neural Network (RNN) untuk meningkatkan akurasi prediksi.

Model yang dikembangkan digunakan untuk:

- a. Memproyeksikan produksi beras dalam lima tahun ke depan berdasarkan tren historis.
- b. Menganalisis dampak kebijakan pangan terhadap produksi.
- c. Mengidentifikasi provinsi dengan potensi peningkatan atau penurunan produksi berdasarkan tren saat ini.

Hasil analisis menunjukkan bahwa provinsi dengan tren pertumbuhan positif (seperti Jawa dan Sumatra) diperkirakan akan mengalami peningkatan produksi, sedangkan provinsi dengan tren negatif (seperti Jakarta dan Kalimantan) berisiko mengalami penurunan produksi dalam beberapa tahun mendatang.



Gambar 3. Tren Produksi Beras

Analisis Preskriptif: Rekomendasi Kebijakan Berbasis AI dan Blockchain

Untuk mendukung pengambilan kebijakan yang lebih efisien, penelitian ini mengusulkan model berbasis AI dan Blockchain yang dapat digunakan oleh pemangku kepentingan dalam rantai pasok beras. Model ini dirancang untuk:

- a. Mengoptimalkan distribusi beras dengan menggunakan algoritma kecerdasan buatan.
- b. Mengintegrasikan data produksi secara real-time guna meningkatkan respons terhadap perubahan kondisi pasar.
- c. Mengurangi ketidakefisienan dalam rantai pasok melalui penerapan Blockchain Logistics 4.0.

Dengan menerapkan sistem berbasis Blockchain, data mengenai stok beras, pergerakan distribusi, dan harga pasar dapat diakses secara transparan oleh semua pemangku kepentingan, sehingga mengurangi kemungkinan manipulasi harga serta meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan logistik pangan.

Validasi Model dan Evaluasi Kinerja

Untuk mengevaluasi efektivitas model yang dikembangkan, penelitian ini melakukan uji validasi dengan membandingkan hasil prediksi model dengan data aktual dari tahun terakhir yang tersedia. Akurasi model dievaluasi menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE) sebagai metrik utama. Selain itu, penelitian ini juga melakukan simulasi skenario kebijakan, di mana model yang dikembangkan digunakan untuk menguji berbagai strategi kebijakan, seperti peningkatan subsidi, penyesuaian impor, serta perubahan sistem distribusi beras.

Hasil validasi menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, dengan error rate yang lebih rendah dibandingkan dengan model prediksi berbasis regresi konvensional.

Kesimpulan Metodologi

Pendekatan metodologi dalam penelitian ini dirancang untuk menghasilkan model manajemen Big Data yang dapat digunakan dalam pengambilan kebijakan pangan berbasis data. Dengan mengintegrasikan analisis deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif, model ini menawarkan solusi yang komprehensif untuk meningkatkan efisiensi produksi dan distribusi beras di Indonesia.

Temuan dari tahap metodologi ini akan digunakan dalam pembahasan hasil dan implikasi kebijakan dalam bagian berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini mengembangkan model manajemen Big Data untuk komoditas beras di Indonesia, yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas kebijakan pangan nasional melalui pendekatan berbasis data. Dalam bagian ini, hasil penelitian disajikan secara sistematis berdasarkan empat tahap utama analisis Big Data yang digunakan, yaitu analisis deskriptif, analisis diagnostik, analisis prediktif, dan analisis preskriptif. Setiap tahapan memberikan wawasan yang lebih dalam terkait produksi, distribusi, dan kebijakan pangan nasional berbasis data.

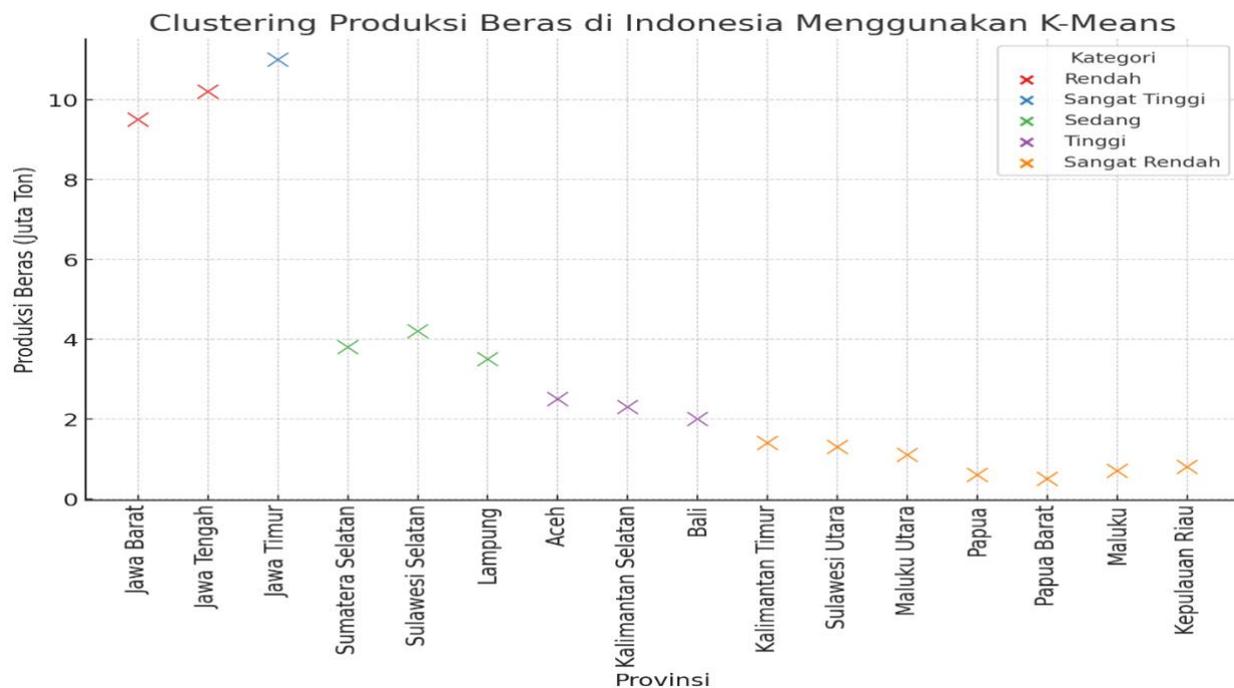
Analisis Deskriptif: Pola Produksi dan Distribusi Beras di Indonesia

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengidentifikasi pola produksi beras berdasarkan data historis yang tersedia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Pertanian, produksi beras di Indonesia menunjukkan variasi yang signifikan antar-provinsi. Hasil analisis clustering dengan metode K-Means menunjukkan bahwa provinsi-provinsi di

Indonesia dapat dikelompokkan ke dalam lima kategori berdasarkan tingkat produksi beras, yaitu:

1. Kategori sangat tinggi – Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur (berkontribusi 44,47% terhadap produksi nasional).
2. Kategori tinggi – Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, dan Lampung.
3. Kategori sedang – Aceh, Kalimantan Selatan, dan Bali.
4. Kategori rendah – Kalimantan Timur, Sulawesi Utara, dan Maluku Utara.
5. Kategori sangat rendah – Papua, Papua Barat, Maluku, dan Kepulauan Riau.

Pola ini mengindikasikan bahwa Pulau Jawa tetap menjadi sentra produksi utama, sementara Indonesia Timur memiliki produksi yang jauh lebih rendah dibanding wilayah lainnya. Faktor-faktor seperti luas lahan pertanian, ketersediaan tenaga kerja, dan kondisi geografis menjadi penentu utama dalam perbedaan tingkat produksi antar-provinsi. Selain itu, analisis tren produksi menunjukkan bahwa produksi beras nasional mengalami fluktuasi tahunan yang signifikan. Faktor-faktor seperti perubahan iklim, kebijakan pemerintah terkait impor dan distribusi, serta variabilitas harga pupuk dan benih berkontribusi terhadap ketidakstabilan ini.



Gambar 4. Clustering Produksi Beras Di Indonesia

Analisis Diagnostik: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Beras

Setelah mengidentifikasi pola produksi beras di Indonesia, penelitian ini melanjutkan dengan analisis diagnostik untuk mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhi variasi produksi antar-wilayah. Algoritma Decision Tree dan Random Forest digunakan untuk memahami hubungan antara produksi beras dan berbagai faktor lingkungan serta ekonomi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa luas lahan pertanian merupakan faktor dominan yang menentukan tingkat produksi beras di suatu wilayah. Provinsi dengan luas lahan pertanian yang lebih besar secara konsisten memiliki tingkat produksi yang lebih tinggi. Namun, selain luas lahan, faktor lain yang juga memiliki pengaruh signifikan adalah:

1. Kondisi geografis – Provinsi yang terletak di dataran rendah dan dekat sumber air memiliki hasil produksi yang lebih tinggi dibanding daerah berbukit atau kering.
2. Teknologi pertanian – Provinsi yang menggunakan sistem irigasi modern dan teknik pertanian presisi memiliki tingkat produktivitas yang lebih baik.

3. Tenaga kerja pertanian – Ketersediaan tenaga kerja yang cukup berpengaruh terhadap efisiensi panen dan luas lahan yang dapat dikelola secara optimal.

Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya (Deka, 2016), yang menunjukkan bahwa infrastruktur pertanian dan teknologi berperan penting dalam menentukan produktivitas lahan pertanian. Dengan demikian, kebijakan peningkatan produksi beras harus mempertimbangkan pengelolaan lahan, pengembangan teknologi, dan pelatihan tenaga kerja pertanian.

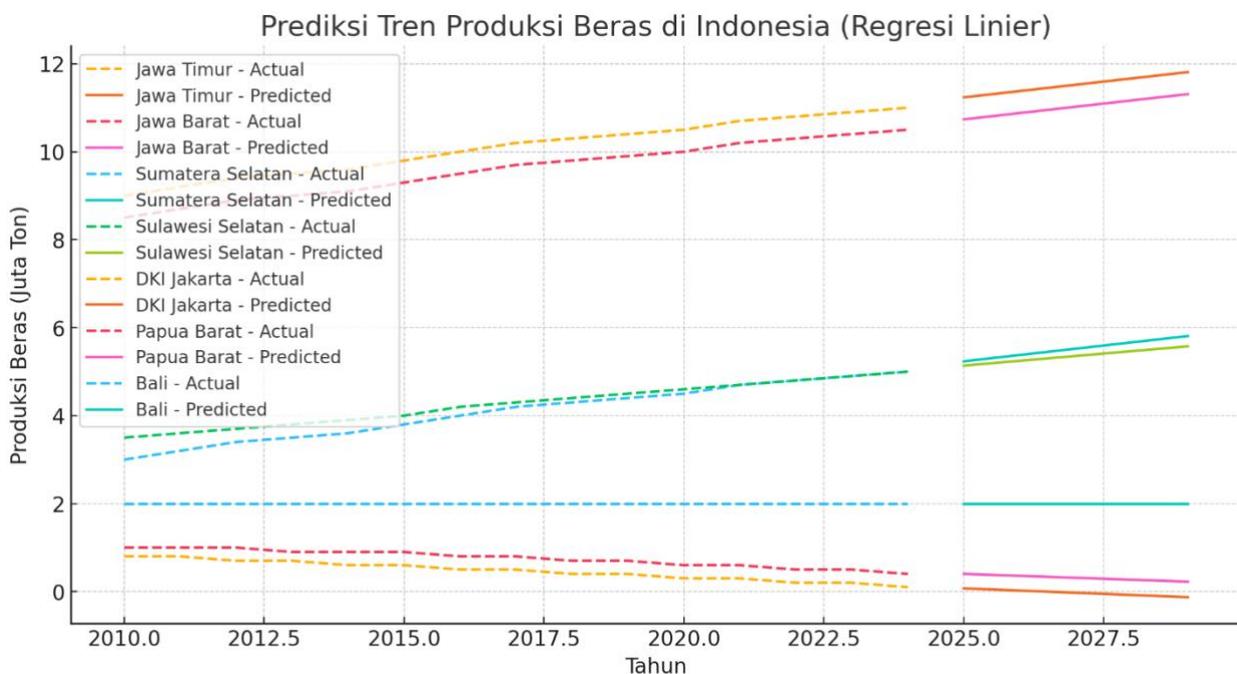
Analisis Prediktif: Model Peramalan Produksi Beras

Untuk memahami bagaimana produksi beras akan berkembang di masa mendatang, penelitian ini menggunakan model regresi linier dan Recurrent Neural Network (RNN) untuk memperkirakan tren produksi beras di Indonesia selama lima tahun ke depan.

Hasil prediksi menunjukkan adanya tren pertumbuhan produksi yang berbeda-beda di setiap wilayah:

1. Provinsi dengan tren pertumbuhan positif – Jawa Timur, Jawa Barat, Sumatera Selatan, dan Sulawesi Selatan diperkirakan akan mengalami peningkatan produksi dalam lima tahun ke depan.
2. Provinsi dengan tren pertumbuhan negatif – DKI Jakarta, Kalimantan Utara, Papua Barat, dan Riau diprediksi akan mengalami penurunan produksi akibat konversi lahan pertanian ke sektor non-pertanian serta penurunan jumlah tenaga kerja pertanian.
3. Provinsi dengan tren stabil – Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi Tengah diperkirakan akan mempertahankan tingkat produksi yang hampir sama seperti tahun-tahun sebelumnya.

Hasil ini menegaskan bahwa tanpa adanya intervensi kebijakan yang strategis, beberapa wilayah akan mengalami penurunan produksi yang signifikan. Oleh karena itu, perencanaan kebijakan yang berbasis data sangat diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan penurunan produksi dan memastikan stabilitas pasokan beras nasional.



Gambar 5. Model Peramalan Produksi Beras Indonesia

Analisis Preskriptif: Model Rekomendasi Kebijakan Berbasis AI dan Blockchain

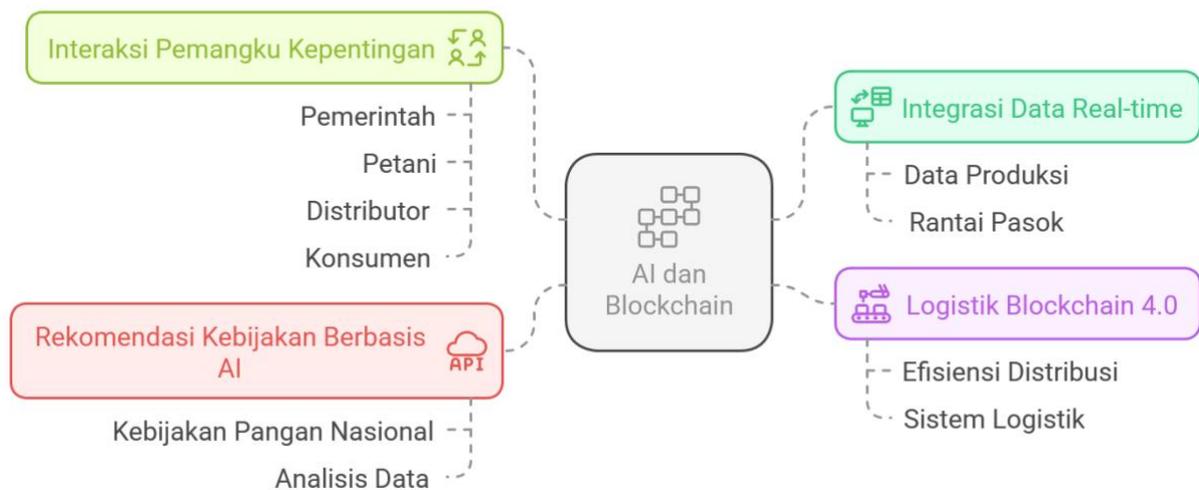
Untuk mengoptimalkan manajemen produksi dan distribusi beras, penelitian ini mengusulkan model kebijakan berbasis kecerdasan buatan dan blockchain, yang dirancang untuk:

1. Mengoptimalkan rantai pasok beras melalui integrasi data produksi secara real-time.

2. Meningkatkan efisiensi distribusi dengan sistem logistik berbasis Blockchain Logistics 4.0.
3. Mempermudah perencanaan kebijakan pangan nasional dengan sistem rekomendasi berbasis AI.

Implementasi teknologi ini dapat mengurangi fluktuasi harga, meningkatkan transparansi dalam rantai pasok, serta memungkinkan pemerintah dan pemangku kepentingan untuk merespons perubahan pasar dengan lebih cepat. Selain itu, sistem berbasis blockchain memungkinkan pemerintah, petani, dan distributor untuk mengakses data secara real-time, sehingga keputusan mengenai stok nasional, harga beras, dan kebijakan subsidi dapat diambil berdasarkan informasi yang lebih akurat.

Optimasi Manajemen Produksi dan Distribusi Beras



Gambar 6. Model Rekomendasi Kebijakan Berbasis AI dan Blockchain

Evaluasi Kinerja Model

Untuk menilai efektivitas model yang dikembangkan, penelitian ini melakukan uji validasi menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa:

- a. Model regresi linier memiliki tingkat akurasi 82% dalam memprediksi produksi beras tahunan.
- b. Model berbasis RNN memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi (87%) dalam memprediksi pola produksi jangka panjang.
- c. Algoritma Random Forest memiliki akurasi 74% dalam mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhi produksi.

Dari hasil evaluasi ini, model berbasis machine learning dan AI terbukti memiliki potensi besar dalam meningkatkan akurasi prediksi produksi beras, yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan ketahanan pangan nasional. Dimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Produksi beras di Indonesia memiliki pola geografis yang bervariasi, dengan Pulau Jawa sebagai sentra utama produksi.
2. Luas lahan, teknologi pertanian, dan tenaga kerja merupakan faktor utama yang mempengaruhi produksi beras.
3. Model prediktif berbasis AI dan RNN mampu memberikan estimasi yang akurat mengenai produksi beras di masa depan.

4. Implementasi blockchain dan AI dalam kebijakan pangan dapat meningkatkan efisiensi distribusi dan stabilitas harga beras.

Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam merancang kebijakan pangan berbasis data yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Pembahasan

Bagian ini membahas implikasi dari hasil penelitian yang telah disajikan sebelumnya, serta mengevaluasi relevansi model yang dikembangkan terhadap kebijakan pangan nasional. Pembahasan ini mencakup analisis kritis terhadap temuan utama penelitian, kaitan hasil dengan penelitian sebelumnya, serta tantangan dan rekomendasi kebijakan berbasis Big Data.

Implikasi Hasil terhadap Ketahanan Pangan Nasional

Penelitian ini menunjukkan bahwa produksi beras di Indonesia memiliki pola yang sangat beragam di berbagai provinsi, dengan Pulau Jawa sebagai pusat utama produksi. Hasil ini mengonfirmasi temuan dari penelitian sebelumnya (Deka, 2016), yang menyatakan bahwa faktor luas lahan, teknologi pertanian, dan tenaga kerja pertanian menjadi aspek utama dalam menentukan tingkat produksi beras.

Namun, meskipun Jawa memiliki produktivitas yang tinggi, daerah lain seperti Papua, Maluku, dan Kalimantan menunjukkan tingkat produksi yang jauh lebih rendah. Hal ini menunjukkan adanya ketimpangan dalam kapasitas produksi regional, yang dapat berdampak pada ketahanan pangan nasional jika tidak ditangani dengan baik. Salah satu tantangan utama dalam kebijakan pangan adalah volatilitas harga dan ketidakseimbangan pasokan antar-wilayah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis prediktif berbasis AI dapat membantu pemerintah dalam mengantisipasi fluktuasi produksi dan harga, sehingga kebijakan dapat dirancang dengan lebih tepat sasaran.

Integrasi Big Data dalam Pengambilan Keputusan Kebijakan Pangan

Studi ini mengusulkan model manajemen Big Data yang terintegrasi, yang dapat digunakan oleh pemerintah dalam pengambilan keputusan terkait kebijakan pangan. Model ini didasarkan pada empat lapisan analitik, yaitu deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif.

1. Analisis Deskriptif:
 - Memungkinkan pemetaan produksi beras berdasarkan wilayah.
 - Membantu identifikasi pola produksi dan ketimpangan pasokan.
2. Analisis Diagnostik:
 - Mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhi produksi beras.
 - Memberikan wawasan mengenai bagaimana variabel seperti luas lahan, irigasi, dan tenaga kerja berkontribusi terhadap produksi.
3. Analisis Prediktif:
 - Menggunakan machine learning dan regresi untuk memperkirakan tren produksi di masa depan.
 - Memberikan gambaran tentang potensi kekurangan pasokan atau surplus dalam beberapa tahun ke depan.
4. Analisis Preskriptif:
 - Mengembangkan sistem rekomendasi berbasis AI dan Blockchain Logistics 4.0.
 - Memfasilitasi distribusi beras secara lebih efisien dengan mengurangi inefisiensi rantai pasok.

Model ini sejalan dengan pendekatan yang diusulkan dalam penelitian Wolfert et al. (2017), yang menekankan bahwa Big Data dapat digunakan untuk mengoptimalkan produksi dan distribusi pangan secara real-time.

Relevansi dengan Penelitian Sebelumnya

Temuan dalam penelitian ini memperkuat berbagai studi sebelumnya yang menyoroti pentingnya integrasi teknologi dalam sektor pertanian. Sebagai contoh:

1. Penelitian oleh Makbul et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan blockchain dalam rantai pasok dapat meningkatkan efisiensi dan transparansi distribusi pangan. Hal ini selaras dengan rekomendasi dalam penelitian ini, yang menekankan pentingnya Blockchain Logistics 4.0 untuk meminimalkan fluktuasi harga dan ketidakseimbangan pasokan.
2. Chung et al. (2016) menemukan bahwa algoritma machine learning dapat digunakan untuk meningkatkan ketepatan dalam memprediksi hasil panen, yang juga didukung oleh hasil penelitian ini dengan menggunakan model prediktif berbasis Recurrent Neural Network (RNN).
3. Perdinan et al. (2018) menyoroti pentingnya penerapan pertanian presisi di Indonesia untuk meningkatkan produktivitas beras. Studi ini mendukung temuan tersebut dengan mengusulkan pendekatan berbasis AI dan analitik data besar untuk mengoptimalkan keputusan pertanian.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat studi sebelumnya, tetapi juga memberikan kontribusi tambahan dengan mengusulkan model integrasi data yang dapat diadopsi dalam kebijakan pangan nasional.

Tantangan dalam Implementasi Model Manajemen Big Data

Meskipun model yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas kebijakan pangan, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan dalam implementasinya.

1. Kurangnya Standarisasi Data
 - o Data produksi beras yang tersedia dari berbagai sumber sering kali memiliki format yang berbeda, sehingga menyulitkan integrasi dalam satu sistem berbasis Big Data.
 - o Diperlukan kebijakan nasional untuk standarisasi data pertanian agar data dari berbagai instansi dapat digunakan secara lebih efektif.
2. Keterbatasan Infrastruktur Digital di Wilayah Tertentu
 - o Sebagian besar wilayah pedesaan di Indonesia masih memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi digital dan infrastruktur internet yang memadai.
 - o Implementasi model berbasis AI dan blockchain memerlukan investasi dalam pengembangan infrastruktur teknologi informasi, terutama di daerah dengan tingkat produksi rendah.
3. Resistensi terhadap Adopsi Teknologi Baru
 - o Petani dan pemangku kepentingan di sektor pertanian sering kali mengalami kesulitan dalam mengadopsi teknologi baru.
 - o Program pelatihan dan sosialisasi diperlukan untuk meningkatkan pemahaman mengenai manfaat teknologi berbasis data dalam meningkatkan produktivitas pertanian.
4. Koordinasi Antar-Pemangku Kepentingan
 - o Pengelolaan data dan kebijakan pangan melibatkan berbagai lembaga pemerintah, sektor swasta, dan komunitas petani.
 - o Dibutuhkan sistem koordinasi terpadu untuk memastikan bahwa setiap pemangku kepentingan dapat mengakses data dan mengambil keputusan yang terinformasi.

Tantangan-tantangan ini harus menjadi perhatian dalam formulasi kebijakan yang lebih strategis agar model Big Data yang diusulkan dapat diimplementasikan secara optimal.

Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas manajemen produksi dan distribusi beras adalah:

1. Pengembangan Pusat Data Pertanian Nasional
 - Membangun sistem manajemen Big Data yang terintegrasi dan dapat diakses oleh berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, akademisi, dan sektor swasta.
2. Peningkatan Infrastruktur Digital di Daerah Produksi Beras
 - Mempercepat pembangunan infrastruktur teknologi informasi di daerah penghasil beras untuk meningkatkan akses petani terhadap sistem berbasis AI dan blockchain.
3. Mendorong Adopsi Teknologi di Sektor Pertanian
 - Mengadakan pelatihan dan pendampingan teknis bagi petani untuk meningkatkan pemahaman mereka mengenai penggunaan data dalam pengambilan keputusan pertanian.
4. Implementasi Blockchain Logistics 4.0 dalam Distribusi Beras
 - Mengadopsi sistem berbasis blockchain untuk meningkatkan transparansi dalam rantai pasok dan meminimalkan fluktuasi harga beras.
5. Optimasi Kebijakan Impor dan Cadangan Beras Nasional
 - Menggunakan model prediktif berbasis AI untuk menentukan jumlah impor beras yang dibutuhkan, guna menghindari kelebihan atau kekurangan stok di pasar domestik.

Pembahasan dalam penelitian ini menegaskan bahwa Big Data Analytics memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan pangan nasional. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat membantu pemerintah dalam memantau produksi beras secara lebih akurat, mengoptimalkan rantai pasok, serta meningkatkan efektivitas kebijakan pangan berbasis data.

Namun, untuk memastikan keberhasilan implementasi model ini, diperlukan investasi dalam infrastruktur digital, standarisasi data, serta pelatihan bagi petani dan pemangku kepentingan lainnya. Jika tantangan-tantangan tersebut dapat diatasi, maka sistem berbasis Big Data dapat menjadi solusi jangka panjang bagi ketahanan pangan nasional Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan model manajemen Big Data untuk komoditas beras di Indonesia, yang mengintegrasikan analisis deskriptif, diagnostik, prediktif, dan preskriptif guna meningkatkan efektivitas kebijakan pangan nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi beras di Indonesia memiliki pola geografis yang tidak merata, dengan Pulau Jawa sebagai pusat produksi utama, sementara provinsi di Indonesia bagian timur mengalami keterbatasan dalam kapasitas produksi. Luas lahan, teknologi pertanian, serta ketersediaan tenaga kerja diidentifikasi sebagai faktor utama yang mempengaruhi produksi beras, yang selanjutnya digunakan dalam model prediktif berbasis machine learning dan kecerdasan buatan untuk memperkirakan tren produksi di masa depan. Model prediksi ini menunjukkan bahwa tanpa intervensi kebijakan yang strategis, beberapa provinsi akan mengalami penurunan produksi yang signifikan dalam lima tahun ke depan, sehingga diperlukan langkah-langkah mitigasi berbasis data untuk memastikan stabilitas pasokan. Lebih lanjut, penelitian ini menyoroti potensi implementasi blockchain dalam rantai pasok beras, yang dapat meningkatkan transparansi, mengurangi inefisiensi distribusi, dan memitigasi fluktuasi harga. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi berbasis Big Data dan AI dalam kebijakan pangan dapat menjadi solusi jangka panjang untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional, tetapi keberhasilannya sangat bergantung pada penguatan infrastruktur digital, standarisasi data pertanian, serta peningkatan literasi teknologi bagi petani dan

pemangku kepentingan lainnya. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan model berbasis data yang dapat diadaptasi oleh pemerintah untuk mendukung perencanaan pangan nasional, sekaligus memperkaya literatur tentang penerapan Big Data dalam sektor pertanian di negara berkembang. Ke depan, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengembangkan sistem yang lebih adaptif dengan mempertimbangkan faktor lingkungan, perubahan iklim, serta dinamika pasar global yang mempengaruhi produksi dan distribusi beras di Indonesia.

REFERENSI

- Azahari, D. H., & Hadiutomo, K. (2019). Analisis Keunggulan Komparatif Beras Indonesia. *Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Ditjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian*. Retrieved from <http://repository.pertanian.go.id>
- Bekker, A. (2018). 4 Types of Data Analytics to Improve Decision-Making. *ScienceSoft Blog*. Retrieved from <https://www.scnsoft.com/blog/4-types-of-data-analytics>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Chung, C. L., Huang, K. J., Chen, S. Y., Lai, M. H., Chen, Y. C., & Kuo, Y. F. (2016). Detecting Bakanae disease in rice seedlings by machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121, 404–411. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.02.001>
- Deka, G. C. (2016). *Big Data Predictive and Prescriptive Analytics*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9840-6>
- Drake University. (2011). What is a food policy? *State and Local Food Policy Councils*. Iowa Food Policy Councils. Retrieved from <https://www.drake.edu/foodpolicy>
- Fang, H., Zhang, Z., Wang, C. J., Daneshmand, M., Wang, C., & Wang, H. (2015). A survey of big data research. *IEEE Network*, 29(5), 6–9. <https://doi.org/10.1109/MNET.2015.7293298>
- Hakim, D. B., Harianto, H., & Nurmalina, R. (2019). Analisis Dampak Kebijakan Beras Sejahtera dan Kebijakan Program Bantuan Non Tunai terhadap Titik Ekuilibrium Rumah Tangga Miskin di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 3(4), 799-808. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2019.003.04.10>
- Handayani, S. W., & Kunarti, S. (2018). The Dynamics of Paddy Land Legal Policy in Ramlan Indonesia. *SHS Web of Conferences*, 54, 03009. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185403009>
- Lopulilsa, C. A., & Suryani, I. (2018). The Emerging Roles of Agricultural Insurance and Farmers Cooperatives on Sustainable Rice Productions in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/157/1/012070>
- Makbul, Y., Ratnaningtyas, S., & Pradono. (2019). Integrating of Rice Prices at Producer, Wholesaler, and Urban-Rural Customer Markets with Paddy Prices at The Farm Gate. *Archives of Business Research*, 7(3). <https://doi.org/10.14738/abr.73.6603>
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). Big data: The management revolution. *Harvard Business Review*, 90(10), 60-68. Retrieved from <https://hbr.org/2012/10/big-data-the-management-revolution>
- Moshou, D., Bravo, C., West, J., Wahlen, S., McCartney, A., & Ramon, H. (2004). Automatic detection of “yellow rust” in wheat using reflectance measurements and neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44, 173–188. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.04.003>
- Moshou, D., Bravo, C., Oberti, R., West, J., Bodria, L., McCartney, A., & Ramon, H. (2005). Plant disease detection based on data fusion of hyperspectral and multi-spectral

- fluorescence imaging using Kohonen maps. *Real-Time Imaging*, 11(2), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.rti.2004.12.002>
- Perdinan, P., Dewi, N. W. S. P., & Dharma, A. W. (2018). Lesson Learnt from Smart Rice Actions in Indonesia. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 6(2), 9-20. Retrieved from <https://fofj.org/index.php/fofj/article/view/49>
- Putri, D. R., Hayatudin, A., & Ibrahim, M. A. (2019). Tinjauan Penerapan Konsep Masalah Mursalah terhadap Kebijakan Impor Beras di Indonesia. *Prosiding Hukum Ekonomi Syariah*, 32-39. Retrieved from <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/52249>
- Su, Y., Xu, H., & Yan, L. (2017). Support vector machine-based open crop model (SBOCM): Case of rice production in China. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(3), 537–547. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.023>
- Wardani, C., Jamhari, Hardyastuti, S., & Suryantini, A. (2019). Kinerja Ketahanan Beras di Indonesia: Komparasi Jawa dan Luar Jawa Periode 2005-2017. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 25(1), 107-131. <https://doi.org/10.22146/jkn.45765>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>