

Analisis Probabilitas Harga Gabah dan Produktivitas Padi Menggunakan Metode Monte Carlo di Jawa Tengah

Kartika Nuril Alvi Laily^{1*}, Nurlaeli Janatul Aprilia², Gilang Risqi Maulana³, Atika Ratna Dewi⁴

¹Program Studi Bisnis Digital

Universitas Telkom, Purwokerto

^{1*}kartikanurilalvi@student.telkomuni-
versity.ac.id (penulis korespondensi)

²Program Studi Bisnis Digital

Universitas Telkom, Purwokerto

²nurlaelijanatul@student.telkomuni-
versity.ac.id

³Program Studi Bisnis Digital

Universitas Telkom, Purwokerto

³gilangrisqimaulana@student.telkomu-
niversity.ac.id

⁴Program Studi Sains Data

Universitas Telkom, Purwokerto

⁴atikad@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Padi merupakan komoditas strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian Indonesia. Namun, produksi padi menghadapi ketidakpastian akibat fluktuasi harga gabah dan perubahan produktivitas. Penelitian ini menerapkan pendekatan data science berbasis simulasi Monte Carlo untuk menganalisis distribusi probabilitas harga gabah dan produktivitas padi di Jawa Tengah. Proses analisis mencakup pengumpulan dan pemrosesan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah, pembentukan distribusi probabilitas empiris, serta simulasi komputasional sebanyak 100 iterasi menggunakan Microsoft Excel. Hasil analisis data menunjukkan adanya variasi probabilitas yang mencerminkan tingkat ketidakpastian pada sektor pertanian, dengan keuntungan usahatani berkisar antara Rp27,6 juta hingga Rp42,3 juta per hektare. Pendekatan data science melalui simulasi Monte Carlo terbukti mampu menghasilkan wawasan berbasis data yang lebih komprehensif untuk mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan produksi padi di Jawa Tengah.

Kata kunci – padi, harga gabah, produktivitas padi, data science monte carlo.

Abstrak — Rice is a strategic commodity that plays a vital role in food security and the Indonesian economy. However, rice production faces uncertainty due to fluctuations in grain prices and changes in productivity. This study applies a data science approach using Monte Carlo simulation to analyze the probability distribution of paddy grain prices and rice productivity in Central Java. The analytical process involves data collection and processing of secondary data from the Central Java Statistics Agency (BPS), construction of empirical probability distributions, and computational simulation with 100 iterations using Microsoft Excel. The data analysis results show probability variations reflecting the level of uncertainty in the agricultural sector, with farm profits ranging from Rp27.6 million to Rp42.3 million per hectare. The data science approach through Monte Carlo simulation proves capable of generating more comprehensive data-driven insights to support planning and decisionmaking in rice production management in Central Java.

Keywords— rice, grain prices, rice productivity, Monte Carlo simulation, data science, data analysis

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan ekonomi Indonesia karena berperan penting dalam penyediaan pangan, penyerapan tenaga kerja, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Subsektor tanaman pangan, khususnya padi, memiliki kontribusi yang besar terhadap ketahanan pangan nasional mengingat beras merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Keberlanjutan produksi padi menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas ekonomi dan ketahanan pangan di tingkat nasional maupun daerah [1], [2].

Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu sentra produksi padi terbesar di Indonesia. Tingginya produksi padi di Jawa Tengah menjadikan provinsi ini sebagai salah satu penopang utama ketersediaan beras nasional. Namun demikian, sektor pertanian padi di Jawa Tengah masih menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, serangan organisme pengganggu tanaman, keterbatasan sumber daya, dan fluktuasi harga gabah di pasar. Berbagai faktor tersebut menyebabkan ketidakpastian dalam kegiatan produksi padi sehingga berpotensi memengaruhi stabilitas pendapatan dan kesejahteraan petani [3], [4].

Harga gabah merupakan salah satu indikator ekonomi penting dalam sektor pertanian padi. Perubahan harga gabah secara langsung memengaruhi penerimaan petani karena harga jual

hasil panen menentukan besarnya pendapatan yang diperoleh. Fluktuasi harga gabah dapat dipengaruhi oleh kondisi permintaan dan penawaran pasar, kebijakan pemerintah, serta dinamika produksi nasional. Pada saat produksi meningkat, harga gabah cenderung mengalami penurunan akibat meningkatnya pasokan di pasar, sedangkan ketika produksi menurun harga gabah dapat mengalami peningkatan [5]. Kondisi ini menunjukkan bahwa harga gabah memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi dan perlu dianalisis lebih lanjut.

Selain harga, produktivitas padi juga menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan sektor pertanian. Produktivitas padi menggambarkan kemampuan lahan pertanian dalam menghasilkan output per satuan luas lahan, yang umumnya dinyatakan dalam ton per hektar. Tingkat produktivitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kualitas benih, penggunaan pupuk, sistem irigasi, kondisi lingkungan, dan penerapan teknologi pertanian. Produktivitas yang tinggi akan meningkatkan hasil panen, sedangkan penurunan produktivitas dapat menyebabkan berkurangnya produksi padi dan mengancam ketahanan pangan [6], [7].

Karakteristik sektor pertanian yang sarat dengan ketidakpastian menyebabkan perlunya pendekatan analisis yang mampu menggambarkan berbagai kemungkinan kondisi di masa mendatang. Selama ini, sebagian besar penelitian di bidang pertanian masih menggunakan pendekatan deterministik yang hanya menggambarkan kondisi berdasarkan data historis. Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan dalam memodelkan ketidakpastian karena tidak mampu menunjukkan kemungkinan variasi hasil yang dapat terjadi akibat perubahan harga dan produktivitas [4], [8].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis ketidakpastian adalah Simulasi Monte Carlo. Metode Monte Carlo merupakan pendekatan probabilistik yang menggunakan distribusi probabilitas dan bilangan acak untuk menghasilkan berbagai skenario kemungkinan hasil. Melalui simulasi berulang, metode ini mampu memberikan gambaran mengenai distribusi probabilitas suatu variabel sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan di bawah kondisi ketidakpastian [9].

Dalam bidang pertanian, Simulasi Monte Carlo telah digunakan untuk memodelkan risiko dan variasi hasil produksi pada berbagai komoditas pertanian. Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian mengenai usahatani padi berfokus pada analisis produktivitas, efisiensi penggunaan input, faktor-faktor produksi, maupun pendapatan petani menggunakan pendekatan deterministik [1]-[8]. Sementara itu, penelitian yang menerapkan pendekatan probabilistik untuk menganalisis ketidakpastian harga gabah dan produktivitas padi secara simultan, khususnya dengan metode Monte Carlo pada tingkat Provinsi Jawa Tengah, masih relatif terbatas. Padahal, kedua variabel tersebut merupakan faktor utama yang menentukan tingkat pendapatan petani dan memiliki karakteristik yang tidak pasti.

Penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) melalui penerapan Simulasi Monte Carlo untuk memodelkan distribusi probabilitas harga gabah dan produktivitas padi berdasarkan data historis di Provinsi Jawa Tengah. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya menghasilkan nilai estimasi tunggal, pendekatan Monte Carlo mampu menghasilkan berbagai kemungkinan hasil beserta peluang terjadinya, sehingga memberikan gambaran risiko yang lebih komprehensif terhadap variasi harga dan produktivitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam mendukung pengambilan keputusan serta penyusunan strategi pengelolaan sektor pertanian yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana distribusi probabilitas harga gabah dan produktivitas padi di Provinsi Jawa Tengah serta bagaimana hasil simulasi Monte Carlo dalam menggambarkan variasi kedua variabel tersebut. Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis distribusi probabilitas harga gabah dan produktivitas padi menggunakan metode Monte Carlo di Provinsi Jawa Tengah. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pemerintah, akademisi, dan pemangku kepentingan dalam mendukung pengambilan keputusan di sektor pertanian.

II. TINJAUAN TEORI

A. Padi sebagai Komoditas Strategis di Provinsi Jawa Tengah

Padi merupakan komoditas pangan utama yang memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi penghasil padi terbesar di Indonesia dengan kontribusi yang signifikan terhadap produksi beras nasional. Tingginya produksi padi di Jawa Tengah didukung oleh luas lahan pertanian yang cukup besar, sistem irigasi yang relatif baik, serta pengalaman petani dalam mengelola usaha tani padi.

Namun demikian, sektor pertanian padi masih menghadapi berbagai tantangan seperti perubahan iklim, alih fungsi lahan, serangan organisme pengganggu tanaman, dan fluktuasi harga hasil panen [1], [11], [13].

Keputusan petani dalam mengelola usahatani padi dipengaruhi oleh kondisi lahan, akses terhadap sumber daya, dan faktor ekonomi yang dihadapi petani. Oleh karena itu, analisis terhadap harga dan produktivitas padi menjadi penting untuk memahami keberlanjutan usahatani padi di Jawa Tengah [1].

B. Harga Gabah Kering Panen (GKP)

Harga Gabah Kering Panen (GKP) merupakan harga yang diterima petani atas hasil panen padi sebelum proses penggilingan. Harga gabah menjadi salah satu faktor utama yang menentukan tingkat pendapatan petani karena sebagian besar hasil panen dijual dalam bentuk gabah. Perubahan harga gabah dipengaruhi oleh jumlah produksi, kondisi pasar, musim panen, kebijakan pemerintah, dan tingkat permintaan masyarakat [3], [13]. Fluktuasi harga gabah sering menimbulkan ketidakpastian bagi petani. Pada saat panen raya, peningkatan pasokan dapat menyebabkan harga menurun. Sebaliknya, ketika produk menurun, harga cenderung meningkat. Oleh karena itu, analisis probabilitas harga gabah diperlukan untuk mengetahui kemungkinan perubahan harga yang dapat terjadi pada periode tertentu [3], [7].

C. Produktivitas Padi

Produktivitas padi merupakan perbandingan antara jumlah produksi yang dihasilkan dengan luas panen yang digunakan. Produktivitas menunjukkan tingkat efisiensi lahan dalam menghasilkan padi dan biasanya dinyatakan dalam ton per hektare (ton/ha)

[6]. Produktivitas padi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Produktivitas} = Q / LP \quad (2.1)$$

Keterangan:

Produktivitas = produktivitas padi (ton/ha)

Q = produksi padi (ton)

LP = luas panen (ha)

Persamaan (2.1) digunakan untuk menghitung produktivitas padi bulanan berdasarkan data produksi dan luas panen yang diperoleh dari BPS [6].

D. Risiko dan Ketidakpastian dalam Usahatani Padi

Usahatani padi merupakan kegiatan ekonomi yang memiliki tingkat risiko cukup tinggi karena dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tidak dapat dikendalikan sepenuhnya oleh petani. Risiko dalam usahatani dapat berasal dari faktor produksi, kondisi cuaca, serangan hama dan penyakit, perubahan harga input, serta fluktuasi harga hasil panen [3].

Perubahan iklim juga menjadi salah satu sumber risiko yang berpengaruh terhadap produktivitas dan pendapatan petani. Penelitian menunjukkan bahwa petani yang mampu melakukan adaptasi terhadap perubahan iklim cenderung memiliki produktivitas dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan petani yang tidak melakukan adaptasi [3], [4].

E. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas digunakan untuk mengetahui peluang kemunculan suatu nilai berdasarkan data historis yang tersedia. Dalam simulasi Monte Carlo, probabilitas setiap kejadian dihitung menggunakan frekuensi kemunculan data [9], [10].

Probabilitas dihitung dengan persamaan:

$$P(X_i) = f_i / n \quad (2.2)$$

Keterangan:

$P(X_i)$ = probabilitas kejadian ke-i

f_i = frekuensi kejadian ke-i

n = jumlah seluruh data

Persamaan (2.2) digunakan untuk menentukan peluang munculnya setiap nilai harga gabah dan produktivitas padi [10].

F. Simulasi Monte Carlo sebagai Pendekatan Analisis Probabilitas

Simulasi Monte Carlo adalah metode komputasi numerik yang menggunakan sampling acak berulang dari distribusi probabilitas variabel input untuk menghasilkan distribusi empiris variabel output, berdasarkan prinsip Law of Large Numbers. Dalam konteks analisis probabilitas harga dan produktivitas padi, simulasi Monte Carlo bekerja dengan membangkitkan sejumlah besar kombinasi nilai harga GKP dan produktivitas secara acak sesuai distribusi probabilitasnya, menghitung nilai keuntungan usahatani untuk setiap kombinasi, dan menghasilkan distribusi probabilitas yang komprehensif [5,10].

Kelebihan simulasi Monte Carlo dibandingkan analisis deterministik konvensional terletak pada kemampuannya menghasilkan distribusi lengkap variabel output, memodelkan ketidakpastian simultan dari beberapa variabel input, serta memungkinkan penghitungan ukuran risiko probabilistik seperti Value at Risk (VaR) dan probabilitas kerugian secara langsung. Yani et al., membuktikan efektivitas metode Monte Carlo dalam mengoptimalkan sistem distribusi gas di Kota Padang, menegaskan relevansi metode ini untuk pemodelan sistem dengan ketidakpastian ganda seperti halnya interaksi harga dan produktivitas dalam usahatani padi [5,10].

G. Probabilitas Kumulatif

Probabilitas kumulatif merupakan penjumlahan probabilitas secara bertahap dari data pertama hingga data tertentu. Probabilitas kumulatif digunakan untuk membentuk interval angka acak pada simulasi Monte Carlo [9]. Perhitungan probabilitas kumulatif dilakukan dengan persamaan:

$$CP_i = \sum P_j \quad (j=1 \text{ to } i) \quad (2.3)$$

Keterangan:

CP_i = probabilitas kumulatif ke- i

P_j = probabilitas kejadian ke- j

H. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode simulasi yang memanfaatkan bilangan acak untuk menggambarkan berbagai kemungkinan hasil yang dapat terjadi berdasarkan distribusi probabilitas data historis. Metode ini digunakan untuk menganalisis ketidakpastian dan membantu proses pengambilan keputusan dalam berbagai bidang, termasuk

pertanian [9], [10]. Tahapan simulasi Monte Carlo meliputi:

1. Pengumpulan data historis.
2. Penyusunan distribusi probabilitas.
3. Perhitungan probabilitas kumulatif.
4. Penentuan interval angka acak.
5. Generator bilangan acak.
6. Pelaksanaan simulasi berulang.
7. Analisis hasil simulasi [9], [10].

Nilai harapan (Expected Value) dari hasil simulasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E(X) = \sum X_i P_i \quad (i=1 \text{ to } n) \quad (2.4)$$

Keterangan:

$E(X)$ = nilai harapan (expected value)

X_i = nilai variabel ke- i

P_i = probabilitas variabel ke- i

n = jumlah data

Selain itu, rata-rata hasil simulasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{X} = \sum X_i / n \quad (i=1 \text{ to } n) \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = rata-rata hasil simulasi

X_i = hasil simulasi ke- i

n = jumlah iterasi

I. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian Adistya et al., menunjukkan bahwa faktor ekonomi dan karakteristik lahan berpengaruh terhadap keputusan petani dalam mengelola usahatani padi [1]. Yanfika et al., menemukan bahwa dukungan kelembagaan berperan dalam meningkatkan keberlanjutan usahatani padi sehat [2]. Panggabean et al., menjelaskan bahwa adaptasi perubahan iklim mampu meningkatkan pendapatan petani padi [3]. Suputra et al., menunjukkan bahwa efisiensi teknis dan adaptasi perubahan iklim berpengaruh terhadap produktivitas usahatani padi [4]. Sementara itu, Yani et al. dan Hidayat et al. membuktikan bahwa simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk menganalisis ketidakpastian dan mendukung pengambilan keputusan pada berbagai bidang. Oleh karena itu, metode Monte Carlo dipilih dalam penelitian ini untuk menganalisis probabilitas harga gabah dan produktivitas padi di Jawa Tengah [9], [10].

III. METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi Monte Carlo. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian memanfaatkan data numerik berupa harga gabah dan produktivitas padi untuk menganalisis probabilitas dan ketidakpastian yang terjadi pada sektor pertanian [9], [10].

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Provinsi Jawa Tengah dengan menggunakan data sekunder tahun 2025 yang diperoleh dari publikasi resmi BPS dan Kementerian Pertanian.

C. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang meliputi:

1. Harga Gabah Kering Panen (GKP) bulanan Jawa Tengah tahun 2025 [11].
2. Produksi padi bulanan Jawa Tengah tahun 2025 [11].
3. Luas Panen padi bulanan Jawa Tengah tahun 2025 [11].
4. Statistik pertanian Indonesia tahun 2024–2025 [13].

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dengan mengumpulkan data dari publikasi resmi BPS dan Kementerian Pertanian yang relevan dengan penelitian.

E. Variabel Penelitian

TABEL 1. VARIABEL PENELITIAN

Variabel	Simbol	Satuan
Harga Gabah	H	Rp/Kg
Produksi Padi	Q	Ton
Luas Panen	LP	Ha
Produktivitas Padi	Pr	Ton/Ha

F. Penentuan Jumlah Iterasi (100 Iterasi)

Dalam penelitian ini, simulasi Monte Carlo dilakukan sebanyak 100 iterasi. Jumlah iterasi tersebut dipilih karena telah mampu menghasilkan distribusi hasil simulasi yang relatif stabil dan representatif terhadap karakteristik data historis yang digunakan. Mengingat penelitian ini menggunakan 11 data historis bulanan, sebanyak 100 iterasi dinilai cukup untuk menghasilkan variasi

kombinasi harga gabah dan produktivitas padi tanpa menimbulkan beban komputasi yang tinggi.

Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo tidak selalu memerlukan jumlah iterasi yang sangat besar apabila tujuan penelitian adalah menggambarkan distribusi probabilitas dan variasi hasil, bukan melakukan optimasi dengan tingkat presisi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, penggunaan 100 iterasi telah memadai untuk memperoleh gambaran probabilitas harga gabah dan produktivitas padi serta mengevaluasi variasi hasil simulasi pada penelitian ini [9], [10].

G. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Monte Carlo untuk mengetahui probabilitas terjadinya harga gabah dan produktivitas padi di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan data historis tahun 2025. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan ketidakpastian yang sering terjadi dalam sektor pertanian, khususnya pada variabel harga gabah dan produktivitas padi yang cenderung berfluktuasi akibat faktor iklim, kondisi pasar, dan produksi [9], [10].

Tahap pertama analisis dilakukan dengan mengumpulkan data harga gabah, produksi padi, dan luas panen yang diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik dan Kementerian Pertanian. Data produksi dan luas panen kemudian digunakan untuk menghitung produktivitas padi menggunakan rasio antara jumlah produksi dan luas panen [6].

Selanjutnya, data harga gabah dan produktivitas padi disusun ke dalam distribusi probabilitas. Distribusi probabilitas digunakan untuk mengetahui peluang kemunculan masing-masing nilai berdasarkan data historis yang tersedia. Dari distribusi probabilitas tersebut kemudian dihitung probabilitas kumulatif yang berfungsi sebagai dasar pembentukan interval angka acak pada simulasi Monte Carlo [9], [10]. Tahap berikutnya adalah pembangkitan bilangan acak menggunakan fitur Random Number Generator pada Microsoft Excel. Bilangan acak yang dihasilkan kemudian dicocokkan dengan interval angka acak yang telah disusun sebelumnya sehingga diperoleh nilai harga gabah dan produktivitas yang mewakili kondisi

simulasi. Proses ini dilakukan secara berulang sebanyak 100 iterasi untuk menghasilkan berbagai kemungkinan kondisi yang dapat terjadi di masa mendatang [9].

Hasil simulasi kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif yang meliputi nilai minimum, nilai maksimum, nilai rata-rata (mean), dan standar deviasi. Nilai rata-rata digunakan untuk menggambarkan kondisi yang paling mungkin terjadi, sedangkan standar deviasi digunakan untuk mengukur tingkat variasi atau ketidakpastian hasil simulasi. Semakin besar nilai standar deviasi maka semakin tinggi tingkat risiko atau ketidakpastian yang terjadi pada variabel yang dianalisis [10].

H. Interpretasi Hasil

Tahap akhir analisis dilakukan dengan menginterpretasikan hasil simulasi Monte Carlo. Interpretasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data historis harga gabah dan produktivitas padi. Hasil tersebut digunakan untuk menggambarkan probabilitas kondisi yang mungkin terjadi pada sektor pertanian padi di Jawa Tengah serta memberikan informasi pendukung dalam pengambilan keputusan terkait produksi dan pemasaran hasil panen padi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

TABEL 2. DATA HISTORIS – HARGA GABAH (GKP) DAN PRODUKTIVITAS PADI JAWA TENGAH 2025

Bulan	Harga (Rp/kg)	Luas Panen (ha)	Produksi (ton)	Prod. (ton/ha)
Jan	6.418	30.000	240.000	8,00
Feb	6.506	140.000	970.000	6,93
Mar	6.550	340.000	2.360.000	6,94
Apr	6.513	220.000	1.540.000	7,00
Mei	6.565	90.000	570.000	6,33
Jun	6.652	150.000	960.000	6,40
Jul	6.638	210.000	1.300.000	6,19
Agu	6.797	160.000	1.000.000	6,25
Sep	6.759	120.000	850.000	7,08
Okt	6.803	80.000	640.000	8,00
Nov	6.703	70.000	520.000	7,43

Sumber: Badan Pangan Nasional (harga), Jan–Nov 2025; BPS Jawa Tengah (luas panen dan produksi), 2025.

Berdasarkan Tabel 2, harga gabah kering panen (GKP) di Provinsi Jawa Tengah selama Januari–November 2025 menunjukkan tren yang relatif stabil dengan rata-rata sebesar Rp6.627,64/kg dan standar deviasi 128,42. Nilai standar deviasi yang relatif

kecil menunjukkan bahwa fluktuasi harga gabah selama periode pengamatan tidak terlalu besar meskipun terdapat perubahan harga antarbulan. Harga gabah terendah tercatat pada Januari sebesar Rp6.418/kg, sedangkan harga tertinggi terjadi pada Oktober sebesar Rp6.803/kg. Perubahan harga tersebut dipengaruhi oleh dinamika penawaran dan permintaan, musim panen, serta kebijakan pemerintah dalam menjaga stabilitas harga gabah [3], [5].

Sementara itu, produktivitas padi berada pada kisaran 6,19–8,00 ton/ha dengan rata-rata 6,96 ton/ha dan standar deviasi 0,65. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi produktivitas antarbulan relatif kecil, namun tetap mencerminkan adanya pengaruh faktor-faktor seperti kondisi iklim, luas panen, kualitas benih, sistem irigasi, dan penerapan teknologi budidaya [6], [7]. Produktivitas tertinggi tercatat pada Januari dan Oktober sebesar 8,00 ton/ha, sedangkan produktivitas terendah terjadi pada Juli sebesar 6,19 ton/ha.

Data historis harga gabah dan produktivitas padi tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan distribusi probabilitas pada simulasi Monte Carlo. Penggunaan data historis memungkinkan simulasi menghasilkan berbagai kemungkinan kombinasi harga dan produktivitas yang masih berada dalam karakteristik kondisi aktual di Provinsi Jawa Tengah, sehingga hasil simulasi dapat memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai ketidakpastian yang dihadapi dalam usahatani padi.

TABEL 3. DISTRIBUSI PROBABILITAS HARGA GKP

No	Harga	Frek.	Prob.	Kumulatif	Interval
1	6.418	1	0,0909	0,0909	00-08
2	6.506	1	0,0909	0,1818	09-17
3	6.550	1	0,0909	0,2727	18-26
4	6.513	1	0,0909	0,3636	27-35
5	6.565	1	0,0909	0,4545	36-44
6	6.652	1	0,0909	0,5455	45-54
7	6.638	1	0,0909	0,6364	55-63
8	6.797	1	0,0909	0,7273	64-72
9	6.759	1	0,0909	0,8182	73-81
10	6.803	1	0,0909	0,9091	82-90
11	6.703	1	0,0909	1,0000	91-99

Berdasarkan Tabel 3, setiap nilai harga gabah memiliki probabilitas sebesar 0,0909 atau 9,09% karena seluruh data historis memiliki frekuensi kemunculan yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa selama periode pengamatan tidak terdapat

satu nilai harga yang lebih dominan dibandingkan nilai lainnya. Meskipun demikian, variasi harga yang terjadi tetap mencerminkan adanya ketidakpastian pasar akibat perubahan penawaran dan permintaan, musim panen, serta kebijakan pemerintah. Fluktuasi tersebut berpotensi memengaruhi pendapatan petani karena harga jual gabah merupakan komponen utama dalam penerimaan usahatani. Temuan ini sejalan dengan penelitian Panggabean et al. [3] yang menyatakan bahwa perubahan harga gabah berpengaruh terhadap pendapatan petani.

TABEL 4. DISTRIBUSI PROBABILITAS EMPIRIS PRODUKTIVITAS PADI

N o	Prod. (ton/ha)	Frek.	Prob.	Kumulatif	Interval
1	8,00	1	0,0909	0,0909	00-08
2	6,93	1	0,0909	0,1818	09-17
3	6,94	1	0,0909	0,2727	18-26
4	7,00	1	0,0909	0,3636	27-35
5	6,33	1	0,0909	0,4545	36-44
6	6,40	1	0,0909	0,5455	45-54
7	6,19	1	0,0909	0,6364	55-63
8	6,25	1	0,0909	0,7273	64-72
9	7,08	1	0,0909	0,8182	73-81
10	8,00	1	0,0909	0,9091	82-90
11	7,43	1	0,0909	1,0000	91-99

Probabilitas produktivitas padi juga menunjukkan peluang yang sama pada setiap data historis karena masing-masing data memiliki frekuensi kemunculan yang identik. Namun demikian, nilai produktivitas yang bervariasi menunjukkan bahwa hasil panen masih dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi iklim, kualitas benih, sistem irigasi, serta penggunaan sarana produksi. Variasi produktivitas ini memiliki pengaruh yang besar terhadap jumlah gabah yang dihasilkan sehingga secara langsung memengaruhi pendapatan petani. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas melalui penerapan teknologi budidaya dan efisiensi penggunaan input menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan kesejahteraan petani [4], [6].

TABEL 5. SIMULASI MONTE CARLO GABUNGAN KEUNTUNGAN USAHATANI PADI

Iter.	AA- H	Harga	AA- Pr	Prod.	Untung (Rp/ha)
1	60	6.638	43	6,33	29.885.667
2	92	6.703	64	6,25	29.738.750
3	94	6.703	35	8,00	41.469.000
4	88	6.803	79	7,08	36.032.917
5	34	6.513	31	7,00	33.436.000
6	9	6.506	61	6,19	28.120.238
7	60	6.638	9	6,93	33.836.857
8	68	6.797	31	7,00	35.424.000
9	21	6.550	3	8,00	40.245.000
10	8	6.418	22	6,94	32.393.471
11	51	6.652	37	6,33	29.974.333

12	44	6.565	71	6,25	28.876.250
13	80	6.759	91	7,43	38.054.714
14	26	6.550	50	6,40	29.765.000
15	82	6.803	32	7,00	35.466.000
16	94	6.703	98	7,43	37.638.714
17	6	6.418	13	6,93	32.312.571
18	5	6.418	79	8,00	39.189.000
19	28	6.513	78	7,08	33.978.750
20	69	6.797	74	7,08	35.990.417

Tabel 5 menampilkan 20 dari total 100 iterasi sebagai representasi data simulasi; statistik deskriptif keseluruhan (minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi) dihitung berdasarkan seluruh 100 iterasi. Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo sebanyak 100 iterasi, keuntungan usahatani padi menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh perubahan harga gabah dan produktivitas padi. Keuntungan yang diperoleh berkisar antara Rp 27,6 juta hingga Rp 42,3 juta per hektare, dengan rata-rata sebesar Rp 33,1 juta per hektare.

Keuntungan tertinggi terjadi pada kombinasi produktivitas tinggi dan harga gabah yang relatif tinggi, sedangkan keuntungan terendah terjadi saat produktivitas dan harga gabah berada pada tingkat yang lebih rendah. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa produktivitas memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap keuntungan dibandingkan harga gabah. Secara keseluruhan, simulasi Monte Carlo mampu menggambarkan ketidakpastian dalam usahatani padi dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan pendapatan serta mengelola risiko usahatani.

TABEL 6. STATISTIK HASIL SIMULASI HARGA GABAH (100 ITERASI)

Statistik	Nilai (Rp/kg)
Minimum	6.418,00
Maksimum	6.803,00
Rata-rata	6.638,95
Standar Deviasi	119,98
Coefficient of Variation (%)	1,81

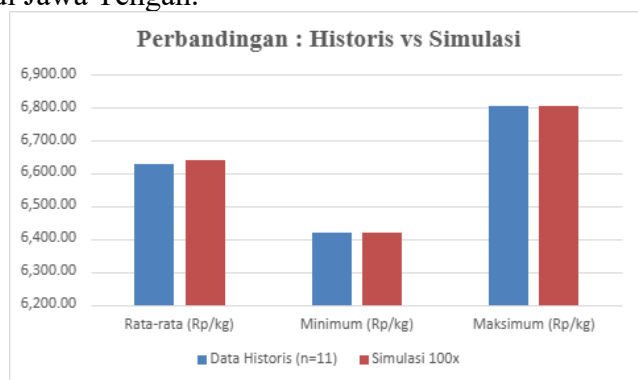
Hasil simulasi Monte Carlo sebanyak 100 iterasi menunjukkan harga gabah minimum sebesar Rp6.418/kg, maksimum Rp6.803/kg, dan rata-rata Rp6.638,95/kg. Standar deviasi sebesar 119,98 menunjukkan fluktuasi harga yang relatif rendah, sedangkan nilai Coefficient of Variation (CV) sebesar 1,81 menunjukkan bahwa hasil simulasi memiliki tingkat variasi yang rendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa distribusi harga gabah hasil simulasi relatif stabil dan tidak mengalami penyimpangan yang besar dari data historis. Dengan

demikian, model Monte Carlo mampu menghasilkan distribusi harga yang konsisten sehingga layak digunakan sebagai alat untuk memprediksi kemungkinan harga gabah berdasarkan data historis.

TABEL 7. HASIL PERBANDINGAN STATISTIK

Ukuran Statistik	Historis (n=11)	Simulasi 100x
Rata-rata (Rp/kg)	6.627,64	6.638,95
Minimum (Rp/kg)	6.418,00	6.418,00
Maksimum (Rp/kg)	6.803,00	6.803,00

Perbandingan statistik menunjukkan bahwa hasil simulasi Monte Carlo sangat mendekati data historis. Rata-rata simulasi sebesar Rp6.638,95/kg hanya berbeda sekitar Rp11,31/kg dari rata-rata historis sebesar Rp6.627,64/kg. Selain itu, nilai minimum dan maksimum pada kedua data sama, yaitu Rp6.418/kg dan Rp6.803/kg. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi mampu merepresentasikan kondisi historis dengan baik dan menghasilkan prediksi yang realistis dalam menggambarkan variasi harga gabah di Jawa Tengah.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Historis vs Simulasi

Grafik batang menunjukkan bahwa nilai minimum, maksimum, dan rata-rata hasil simulasi Monte Carlo sangat mendekati data historis. Nilai minimum dan maksimum memiliki nilai yang sama, sedangkan rata-rata simulasi hanya sedikit lebih tinggi dibandingkan rata-rata historis. Kesamaan pola antara data historis dan hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi probabilitas yang dibangun dari data historis mampu merepresentasikan karakteristik harga gabah secara baik. Hal ini menunjukkan bahwa metode Monte Carlo efektif digunakan untuk memodelkan ketidakpastian harga gabah berdasarkan data historis. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko, baik oleh petani maupun pemerintah,

terutama dalam menghadapi fluktuasi harga gabah pada musim panen maupun di luar musim panen.

Hasil simulasi Monte Carlo menunjukkan bahwa variasi produktivitas padi memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap keuntungan usahatani dibandingkan fluktuasi harga gabah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas melalui perbaikan teknik budidaya, penggunaan benih unggul, pengelolaan irigasi, serta pemupukan yang tepat berpotensi memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan pendapatan petani dibandingkan hanya mengandalkan kenaikan harga gabah.

Bagi pemerintah daerah, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam merumuskan kebijakan yang lebih berorientasi pada peningkatan produktivitas padi, seperti penyediaan sarana produksi, peningkatan layanan penyuluhan pertanian, dan penguatan infrastruktur irigasi. Di sisi lain, kebijakan stabilisasi harga gabah tetap diperlukan untuk menjaga kepastian pendapatan petani, terutama pada saat panen raya ketika pasokan meningkat dan harga cenderung mengalami penurunan.

Selain itu, penerapan metode Monte Carlo memberikan gambaran mengenai berbagai kemungkinan kondisi harga gabah dan produktivitas padi yang dapat terjadi berdasarkan data historis. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh petani maupun pengambil kebijakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi risiko, menyusun strategi produksi, serta mengambil keputusan yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian di sektor pertanian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo, fluktuasi harga gabah dan produktivitas padi terbukti memengaruhi tingkat pendapatan serta risiko usahatani padi sawah di Jawa Tengah. Simulasi menunjukkan bahwa kombinasi harga yang stabil dan produktivitas tinggi memberikan peluang keuntungan yang lebih besar, sedangkan harga rendah dan produktivitas menurun meningkatkan risiko kerugian. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menganalisis risiko pendapatan dan probabilitas kerugian usahatani padi telah tercapai.

Selain itu, metode Monte Carlo terbukti efektif dalam menggambarkan ketidakpastian dan risiko usahatani secara lebih komprehensif, sehingga dapat menjadi dasar yang lebih baik dalam pengambilan keputusan pengelolaan risiko usahatani.

B. Saran

Petani dapat menggunakan hasil simulasi sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun strategi usahatani untuk mengantisipasi risiko penurunan harga gabah dan produktivitas. Pemerintah daerah diharapkan mendukung melalui kebijakan stabilisasi harga dan program peningkatan produktivitas padi. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel lain, seperti biaya produksi dan faktor iklim, serta menggunakan data historis yang lebih panjang dan cakupan wilayah yang lebih luas agar hasil analisis risiko lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah dan Badan Pangan Nasional atas ketersediaan data yang digunakan dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing serta pihak Program Studi S1 Bisnis Digital dan S1 Sains Data, Universitas Telkom Purwokerto, atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada pihak penyelenggara Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB) 2026 atas kesempatan yang diberikan untuk mempresentasikan dan mempublikasikan hasil penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Adistya, R. Nurmawati, and N. Tinaprilla, "Determinan keputusan petani mengelola usahatani padi di lahan suboptimal," *Forum Agribisnis*, vol. 14, no. 2, pp. 41–49, 2024.
- [2] H. Yanfika, I. Nurmawati, K. Rangga, and F. Silviana, "Dukungan lembaga dan tingkat partisipasi petani dalam keberlanjutan usahatani padi sehat," *Jurnal Penyuluhan*, vol. 19, no. 1, pp. 22–33, 2023.
- [3] H. A. Panggabean, D. Meitasari, F. Fahriyah, R. Murtisari, and W. Widyawati, "Analisis komparatif pendapatan usahatani padi skala kecil yang melakukan adaptasi dengan yang tidak melakukan adaptasi perubahan iklim," *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [4] I. W. O. P. J. Suputra, R. Mutisari, W. Widyawati, and C. P. Nugroho, "Analisis efisiensi teknis dan pengaruh adaptasi perubahan iklim terhadap usahatani padi," *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, vol. 8, no. 3, 2024.
- [5] G. Berlian, A. S. H. Wahyuningtyas, and B. Setiawan, "Identifying contributing variables on rice production: Case study of rural smallholder farmers," *Anjoro: International Journal of Agriculture and Business*, vol. 5, no. 2, pp. 51–62, 2024.
- [6] D. A. Saputra and T. M. Prihanti, "Produktivitas dan Efisiensi Penggunaan Input Produksi Usahatani Padi di Desa Srikaton Kecamatan Buay Madang Timur," *Jurnal Manajemen Agribisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 823–844, 2022.
- [7] S. Deras and M. T. Lujun, "Perbandingan produktivitas dan pendapatan usahatani padi sawah berdasarkan status kepemilikan lahan," *Jurnal Agriuma*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [8] A. Setiadi and M. H. N., "Analisis faktor-faktor produksi usahatani padi di Kecamatan Tambakromo Kabupaten Pati," *AGROMEDIA*, vol. 42, no. 2, pp. 154–167, 2024.
- [9] Z. Yani, N. Pohan, D. Gusmita, and E. Rianti, "Monte Carlo Simulation to Increase the Efficiency of Gas Distribution in Padang City," *Jurnal Teknologi dan Open Source*, vol. 6, no. 2, pp. 170–178, 2023.
- [10] S. A. Hidayat, M. R. Fajri, and R. Kurniawan, "Penerapan Simulasi Monte Carlo dalam Analisis Ketidakpastian Data dan Pengambilan Keputusan," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 15, no. 1, pp. 45–54, 2024.
- [11] Badan Pusat Statistik, *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia Tahun 2025 (Angka Sementara)*. Jakarta: BPS, 2025.
- [12] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, *Statistik Tanaman Pangan Provinsi Jawa Tengah 2025*. Semarang: BPS Provinsi Jawa Tengah, 2025.
- [13] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, *Statistik Pertanian 2024*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (Pusdatin), Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2024.