Penerapan Integral Lipat Dua untuk Memprediksi Produksi Panen Padi di Deli Serdang Berdasarkan Data Produktivitas dan Curah Hujan

Yosepin Paskarani Olivia[1], Nailah Shofiah[2] , Dina Harianja [3] , Ema Ayu Ramanda Hasibuan[4]
[1,2,3,4] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author:yosepinolivia@gmail.com

Abstrak

Integral lipat dua merupakan salah satu metode analisis matematika yang berperan penting dalam menghitung total nilai dari suatu fungsi dengan dua variabel pada suatu wilayah tertentu. Dalam bidang pertanian, metode ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi hasil panen secara lebih akurat berdasarkan faktor-faktor yang saling mempengaruhi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode integral lipat dua dalam memperkirakan total hasil panen padi dengan mempertimbangkan dua variabel utama, yaitu produktivitas tanaman dan curah hujan. Nilai koefisien yang dibutuhkan dalam model diperoleh dari data historis hasil panen selama dua tahun terakhir, sedangkan pengaruh curah hujan ditentukan berdasarkan perubahan yang terjadi dari tahun ke tahun. Selanjutnya, integral lipat dua digunakan untuk menghitung estimasi hasil panen pada tahun berikutnya dengan mempertimbangkan rentang nilai produktivitas dan curah hujan yang relevan. Proses perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB agar data dapat diubah sesuai kondisi nyata dan hasil prediksi tetap dapat diperoleh secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode integral lipat dua efektif dalam memberikan hasil prediksi yang mendekati data aktual, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam perencanaan pertanian serta pengambilan keputusan oleh pihak terkait, baik pemerintah maupun petani.
Kata kunci: Integral Lipat Dua, Produktivitas, Curah Hujan, Prediksi Hasil Panen, MATLAB.

Abstract

Double integral is an essential mathematical analysis method used to calculate the total value of a function with two variables over a certain region. In the agricultural field, this method can be utilized to accurately predict crop yields based on several interrelated factors. This study aims to apply the double integral method to estimate total rice yield by considering two main variables: crop productivity and rainfall. The coefficients required in the model are obtained from historical harvest data over the past two years, while the rainfall effect is determined based on changes occurring from year to year. The double integral method is then used to calculate yield estimates for the following year by taking into account the relevant ranges of productivity and rainfall. The calculation process is carried out using MATLAB software, allowing input data to be modified according to real conditions while still producing automatic prediction results. The results indicate that the double integral method is effective in producing predictions close to actual data, making it a valuable tool for agricultural planning and decision-making by both government and farmers.
***Keywords**: Double Integral, Productivity, Rainfall, Rice Yield Prediction, MATLAB*

Citation: Olivia, Y. P., dkk. (2025). Penerapan Integral Lipat Dua untuk Memprediksi Produksi Panen Padi di Deli Serdang Berdasarkan Data Produktivitas dan Curah Hujan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 462 – 467.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian padi merupakan salah satu pilar ketahanan pangan nasional Indonesia, dengan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan penyerapan tenaga kerja (Syawaludin & Alfiyani, 2025). Namun, produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim, terutama curah hujan, yang fluktuasinya dapat menyebabkan penurunan hasil panen bahkan gagal panen. Di Kabupaten Deli Serdang, yang merupakan salah satu sentra produksi padi di Sumatera Utara, fluktuasi curah hujan dalam beberapa tahun terakhir telah memengaruhi stabilitas produksi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa curah hujan memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil pertanian padi, terutama di daerah yang mengandalkan sistem tadah hujan (Angel et al., 2025). Selain itu, produktivitas padi juga berkaitan erat dengan kesejahteraan petani, di mana peningkatan produksi beras dapat meningkatkan pendapatan rata-rata petani (Maizunati, 2018).

Namun, pendekatan konvensional dalam memprediksi produksi panen seringkali belum memadai untuk menangkap kompleksitas interaksi antara faktor iklim dan produktivitas lahan. Metode estimasi hasil panen yang umum digunakan, seperti sampling manual atau pendekatan empiris berbasis pengalaman, memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan skalabilitas (Anderson et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang lebih akurat dan terintegrasi, salah satunya dengan memanfaatkan pendekatan matematika seperti integral lipat dua. Penerapan integral lipat dua telah terbukti efektif dalam memodelkan distribusi spasial dan temporal curah hujan untuk prediksi banjir (Pardede et al., 2025), serta dalam analisis demografi tanaman untuk simulasi panen berkelanjutan (Mendes et al., 2022). Metode ini memungkinkan perhitungan akumulasi variabel dalam suatu area dua dimensi, sehingga cocok diaplikasikan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

dalam estimasi total produksi panen berdasarkan sebaran data produktivitas dan curah hujan, yang merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi panen padi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan integral lipat dua dalam memprediksi produksi panen padi di Deli Serdang dengan mempertimbangkan variabel produktivitas dan curah hujan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan pertanian yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim serta mendukung upaya peningkatan produktivitas dan kesejahteraan petani secara berkelanjutan. Selain itu penelitian ini juga menyertakan implementasi dari Matrix Laboratory (MATLAB) dalam memodelkan penyelesaian dari prediksi produksi panen padi di Deli Serdang yang akan memudahkan untuk memprediksi dimasa yang akan mendatang. Pengunaan MATLAB sendiri merupakan bukti nyata bahwa penelitian ini tidak hanya berdasarkan perhitungan manual tetapi dapat diterapkan dengan teknologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan penerapan integral lipat dua untuk memprediksi produksi panen padi di Deli Serdang pada tahun 2025 dan 2026. Dengan menggunakan data produktivitas panen padi pada tahun sebelumnya juga rata-rata curah hujan pada tahun yang sama sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas panen padi dalam penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari badan pusat statistik (BPS). Data yang diambil kemudian dikelola dengan mengunakan integral lipat dua sehingga didapatkan prediksi produksi panen padi pada tahun 2025 dan 2026 di Deli Serdang. Yang dapat dilhat pada tabel dibawah

Tabel 1. Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi di Deli Serdang

Tahun Panen Tanama Padi	Luas Panen Tanaman Padi	Produktivitas Tanaman Padi	Rekap Produksi Padi
2023	52.360,90 Ha	59,66 Ku/Ha	312.405,53 Ton
2024	50.213,59 Ha	62,44 Ku/Ha	313546,40 Ton

Data produktivitas tahun 2023–2024 menunjukkan rentang yang sempit, yaitu 5,966–6,244 ku/ha. Rentang ini mencerminkan stabilitas sistem produksi, karena tidak terdapat perubahan drastis yang biasanya disebabkan oleh gangguan iklim, hama, ataupun perubahan input produksi. Stabilitas ini menjadi dasar kuat untuk penerapan model linier, karena tidak terdapat pola non-linier yang mengharuskan penggunaan pendekatan model kuadratik atau eksponensial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan yang digunakan diambil dari BPS pada tahun2023 dan 2024. Terdapat empat stasiun BMKG aktif di Deli Serdang namun khusus data dari Stasiun Meteorologi Maritim Belawan tidak digunakan disebabkan stasiun tersebut hanya berfokus pada cuaca maritim untuk perairan. Karena terdapat tiga stasiun BMKG di sekitar Deli Serdang yang datanya akan digunakan yaitu Stasiun Klimatologi Deli Serdang, Stasiun Meteorologi Kualanamu dan Stasiun Geofisika Deli Serdang maka Curah Hujan Rata-rata (H) dihitung dengan mengambil rata-rata dari tiga stasiun BMKG yang relevan di sekitar Deli Serdang.

Tabel 2. Jumlah Curah Hujan menurut Stasiun BMKG di Deli Serdang

Tahun	Stasiun BMKG	Curah Hujan
2023	Stasiun Klimatologi Deli Serdang	2.263
	Stasiun Meteorologi Kualanamu	1.902
	Stasiun Geofisika Deli Serdang	3.239
2024	Stasiun Klimatologi Deli Serdang	2.515
	Stasiun Meteorologi Kualanamu	1.888
	Stasiun Geofisika Deli Serdang	3.090

Curah hujan tahun 2023 dan 2024 masing-masing tercatat sebesar 2.468 mm dan 2.497,67 mm. Variasi yang kurang dari 2% ini termasuk kategori anomali minor dalam klimatologi. Dengan demikian, perubahan curah hujan diperkirakan tidak menyebabkan gangguan signifikan terhadap fase pertumbuhan padi. Konsistensi ini menunjukkan bahwa variabel-variabel yang digunakan memadai untuk membangun model prediksi yang stabil. Rata-rata curah hujan tahun 2023 dan tahun 2024 secara berturut-turut adallah 2468 dan 2497.Kemudian Total Produksi (TPr) dimodelkan sebagai fungsi linier dari Produktivitas (P) dan Curah Hujan (H) menggunakan persamaan 1, dimana **F(P,H)**: Total Produksi Padi yang diprediksi (Ton); **c0**: Koefisien Konstanta (Intersep); **c1**: Koefisien parsial pengaruh Produktivitas (P); dan **c2**: Koefisien parsial pengaruh Curah Hujan (H).

$$F(P,H) = c0 + c1P + c2H \quad (1)$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Model linier dipilih berdasarkan dua alasan utama; (1) data historis hanya mencakup dua tahun sehingga model non-linier (misalnya kuadratik) tidak dapat diestimasi secara stabil tanpa risiko overfitting; dan (2) hubungan antara produktivitas (P) dan total produksi bersifat langsung: peningkatan produktivitas akan meningkatkan produksi secara proporsional jika luas panen relatif stabil. Mengingat keterbatasan data historis H, koefisien c2 tidak dapat dihitung melalui regresi statistik. Koefisien tidak dapat dihitung melalui regresi berganda karena jumlah observasi (2 tahun) kurang dari jumlah parameter model (3 parameter). Oleh karena itu, nilai c2 ditetapkan berdasarkan anomali Curah Hujan historis terdekat:

$$c2 \approx H2024 - H2023 \approx 2497 - 2468 \approx 29.$$

Sehingga didapatkan nilai dari c2 ≈29. Setiap kenaikan 1 mm curah hujan terjadi peningkatan ±29 ton produksi, terlihat kecil tetapi konsisten. Pendekatan ini digunakan karena perubahan antar tahun mencerminkan sensitivitas fungsional paling sederhana terhadap variasi H.

Koefisien yang tersisa (c0 dan c1) diselesaikan melalui sistem persamaan linier dua variabel menggunakan data TPr, P, dan H yang telah disubstitusi c2 ≈29. Koefisien c0 dan c1 diisolasi dari data 2023: $c0 + 5{,}966c1 = 312.405{,}53 - 29(2.468{,}00) = 240.833{,}53$, sedangkan Koefisien c0 dan c1 diisolasi dari data 2024: $c0 + 6{,}244c1 = 313.546{,}40 - 29(2.497{,}67) = 241.113{,}97$, melalui metode eliminasi digunakan karena merupakan prosedur standar untuk menyelesaikan dua variabel dengan dua persamaan linear, diperoleh c1 = 1.008,78 dan c0 = 234.8191,18. Artinya Setiap kenaikan 1 ku/ha produktivitas memberikan tambahan ±1008 ton produksi secara total. Ini logis karena luas panen di Deli Serdang mencapai 50–52 ribu ha, sehingga tambahan produktivitas kecil pun memengaruhi total produksi besar.

Koefisien-koefisien ini menunjukkan bahwa pengaruh produktivitas jauh lebih besar dibanding pengaruh curah hujan. Nilai dari c0, c1 dan c2 yang telah didapatkan akan digunakan dalam perhitungan integral lipat dua untuk mencari prediksi panen padi di Deli Serdang pada 2025 (TPr2025). Berdasarkan koefisien yang telah didapatkan, fungsi produksi yang akan digunakan:

$$F(P,H) = 234.819{,}18 + 1.008{,}78P + 29H$$

Domain integrasi ditetapkan berdasarkan nilai minimum dan maksimum dari data historis (rentang empiris dari dua variabel independen, yaitu Produktivitas (P) dan Curah Hujan (H), yang diperoleh dari data historis dua tahun terakhir (2023–2024) untuk mencakup semua kemungkinan variasi yang relevan:

Produktivitas padi yang digunakan dalam penelitian ini adalah produktivitas yang tercatat dari Badan Pusat Statistik (BPS); 2023: 5,966 ku/ha sebagai P min dan 2024: 6,244 ku/ha sebagai P max. Dari dua nilai tersebut ditentukan batas integrasi: $5{,}966 \leq P \leq 6{,}244$. Mengintegrasikan P di luar batas ini akan menyebabkan prediksi melampaui kondisi sesungguhnya. Misalnya: Jika P dinaikkan di atas 6,244, model akan memprediksi produksi dengan asumsi produktivitas yang belum terjadi pada tahun observasi. Jika P diturunkan di bawah 5,966, hasil produksi akan menggambarkan kondisi yang tidak pernah tercatat, sehingga prediksinya bersifat spekulatif. Rentang produktivitas hanya sekitar:

$$\Delta P = 6.244 - 5.966 = 0.278\ mm$$

Rentang yang sempit ini mendukung asumsi bahwa hubungan produktivitas–produksi bersifat linier dan tidak menuntut model non-linier.

Produktivitas sebagai variabel agronomis stabil karena dipengaruhi oleh, kualitas lahan, varietas padi, manajemen input. Variabel-variabel ini tidak mengalami perubahan ekstrem antar tahun, sehingga P layak dijadikan batas domain yang konsisten. Curah hujan rata-rata tiga stasiun BMKG; 2023: 2.468,00 mm sebagai H min; dan 2024: 2.497,67 mm sebagai H max Dari dua nilai tersebut ditentukan batas integrasi $2.468{,}00 \leq H \leq 2.497{,}67$. Curah hujan merupakan variabel spasial. Penggunaan tiga stasiun memperhalus variasi lokal sehingga domain integrasi menjadi representatif.

Integrasi pada H di luar rentang empiris (misal 2300–2600 mm) akan menciptakan prediksi yang tidak valid, karena; tanaman padi memiliki ambang respon fisiologis terhadap air; curah hujan terlalu rendah dapat menyebabkan water stress; dan curah hujan berlebih dapat menyebabkan banjir dan penurunan produksi. Model matematis linier tidak didesain untuk menangkap efek ekstrem ini sehingga variasi curah hujan hanya:

$$\Delta H = 2497.67 - 2468 = 29.67\ mm$$

Variasi kecil ini mengindikasikan bahwa sistem iklim lokal tidak mengalami anomali besar, sehingga integrasi pada rentang sempit sangat tepat.

Curah hujan historis dianggap sebagai window climate. Dalam klimatologi pertanian, dua tahun data dapat digunakan untuk menetapkan batas integrasi jika; (1) tidak ada tren iklim jangka panjang yang terdeteksi; dan (2) variabel iklim tidak memiliki fluktuasi ekstrem. Kondisi Deli Serdang sesuai dua syarat ini, sehingga rentang historis valid dijadikan domain. Curah hujan memiliki pengaruh positif tetapi lebih kecil dibanding produktivitas. Namun, meski pengaruhnya

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

moderat, H tetap mempengaruhi sistem produksi karena terkait proses fisiologi tanaman, seperti; (1) pembentukan malai; (2) pertumbuhan vegetatif awal; (3) ketersediaan air tanah. Oleh sebab itu, domain H tetap harus mencerminkan nilai yang realistis. Domain harus merepresentasikan seluruh rentang nilai P dan H yang mungkin terjadi secara agronomis. Metode ini disebut bounded historical interval, yaitu integrasi hanya dilakukan pada rentang nilai yang benar-benar terjadi dalam sejarah, untuk menghindari prediksi yang melebihi batas agronomis. Pemilihan domain ini memastikan bahwa nilai produksi yang diintegralkan sesuai dengan kondisi realistis tahun 2025 tanpa memperluas rentang variabel secara spekulatif.

$$Area(R2025) = (6{,}244 - 5{,}966) \times (2.497{,}67 - 2.468{,}00) = 0{,}278 \times 29{,}67 \approx 8{,}2478$$

Prediksi Produksi Rata-rata (TPr2025) dihitung menggunakan Integral Lipat Dua. Integral lipat dua digunakan untuk menghitung nilai total produksi yang diestimasi:

$$TPr2025 = \frac{Area}{(R2025)} \iint_{R2025} F(P,H)\, dA$$

Integral disusun di atas domain yang telah ditetapkan:

$$\iint_{R2025} F(P,H)dA = \int_{2468{,}00}^{2497{,}67} [\int_{5{,}966}^{6{,}244} (234.819{,}18 + 1.008{,}78P + 1.008{,}78P + 29H)dP]\, dH$$

Integral lipat dua dilakukan dalam dua tahap, diawali dengan memilih P terlebih dahulu karena; (1) F(P,H) linier terhadap P → integrasi lebih sederhana; dan (2) integral dalam diselesaikan dengan menganggap H sebagai konstanta sehingga

$$\int_{5{,}966}^{6{,}244} (234.819{,}18 + 1.008{,}78P + 29H)dP = [234.819{,}18P + 21.008{,}78P2 + 29HP]_{5{,}966}^{6{,}244}$$

$$[234.819{,}18P + 504{,}39P^2]_{5{,}966}^{6{,}244} = 1.485.391{,}52 - 1.417.998{,}69 = \mathbf{67.392{,}83}$$

Kemudian mengevaaluasi suku dengan H (variabel

$$[29HP]_{5{,}966}^{6{,}244} = 29H(6{,}244 - 5{,}966) = \mathbf{8{,}062H} \approx 67.392{,}83 + 8{,}062H$$

Hasil integral dalam kemudian diintegrasikan terhadap H Integral luar mengakumulasi seluruh kontribusi P untuk setiap nilai H dalam domain.

$$\int_{2468{,}00}^{2497{,}67} (67.392{,}83 + 8{,}062H)dH = [67.392{,}83H + 28{,}062H2]_{2468{,}67}^{2497{,}67} = 2.463.586{,}60$$

Double integral menghasilkan volume fungsi terhadap area. Untuk mengubahnya menjadi nilai rata-rata produksi:

$$\iint_{R2025} F(P,H)\ dA \approx 2.463.586{,}60$$

Karena tujuan penelitian adalah prediksi rata-rata, bukan total volume fungsional. Nilai prediksi rata-rata total produksi tahun 2025 adalah:

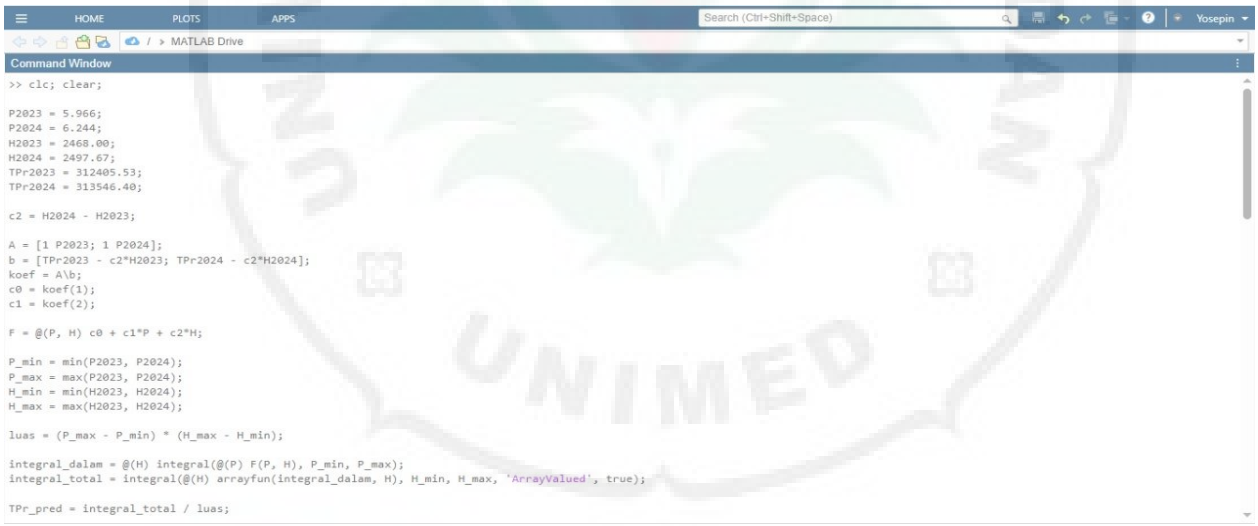
$$TPr2025 = \frac{2.463.586{,}60}{Area(R2025)} = \frac{2.463.586{,}60}{8{,}2478} = 313.526{,}90 \text{ ton}$$

Hasil prediksi TPr2025 sebesar 313.526,90 Ton menunjukkan stabilitas mutlak dari produksi 2024. Prediksi ini menyiratkan bahwa produksi hanya mengalami penurunan minor sebesar 19,50 Ton (≈0,006%) dari produksi aktual 2024 (313.546,40 Ton). Relevansi Empiris: Prediksi ini diperkuat oleh fakta bahwa nilainya sangat akurat dan konsisten dengan produksi aktual tahun 2024, membuktikan bahwa model yang digunakan berhasil mereplikasi kondisi keseimbangan produksi di Deli Serdang.

Setelah melakukan analisis teori dan penentuan variabel yang berpengaruh terhadap hasil panen, langkah selanjutnya adalah melakukan implementasi perhitungan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Program ini dibuat untuk menerapkan metode integral lipat dua dalam menghitung estimasi hasil panen berdasarkan dua variabel utama, yaitu produktivitas tanaman dan curah hujan. Melalui program ini, seluruh proses mulai dari penentuan koefisien model, perhitungan integral, hingga prediksi hasil panen dapat dilakukan secara otomatis. Data input dapat diubah sesuai kondisi nyata, dan hasil prediksi akan menyesuaikan tanpa perlu mengubah struktur program secara keseluruhan. Berikut adalah kode program yang digunakan dalam penelitian ini dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 1.

```
clc; clear;
P2023 = 5.966;
P2024 = 6.244;
H2023 = 2468.00;
H2024 = 2497.67;
TPr2023 = 312405.53;
TPr2024 = 313546.40;
```

```
c2 = H2024 - H2023;
A = [1 P2023; 1 P2024];
b = [TPr2023 - c2*H2023; TPr2024 - c2*H2024];
koef = A\b;
c0 = koef(1);
c1 = koef(2);
F = @(P, H) c0 + c1*P + c2*H;
P_min = min(P2023, P2024);
P_max = max(P2023, P2024);
H_min = min(H2023, H2024);
H_max = max(H2023, H2024);
luas = (P_max - P_min) * (H_max - H_min);
integral_dalam = @(H) integral(@(P) F(P, H), P_min, P_max);
integral_total = integral(@(H) arrayfun(integral_dalam, H), H_min, H_max, 'ArrayValued', true);
TPr_pred = integral_total / luas;
fprintf('=== HASIL PREDIKSI PANEN PADI ===\n');
fprintf('Koefisien Model:\n');
fprintf('c0 = %.2f\n', c0);
fprintf('c1 = %.2f\n', c1);
fprintf('c2 = %.2f\n', c2);
fprintf('\nDomain Integrasi:\n');
fprintf('Produktivitas: %.3f - %.3f\n', P_min, P_max);
fprintf('Curah Hujan: %.2f - %.2f\n', H_min, H_max);
fprintf('Luas Domain: %.4f\n', luas);
fprintf('\nHasil Prediksi:\n');
fprintf('Total Produksi 2025: %.2f Ton\n', TPr_pred);
fprintf('Perubahan dari 2024: %.2f Ton\n', TPr_pred - TPr2024);
fprintf('Persentase Perubahan: %.6f%%\n', (TPr_pred - TPr2024) / TPr2024 * 100);
```



Gambar 1. Hasil Implementasi MATLAB untuk memprediksi Panen Padi.

Hasil ini menunjukkan hubungan antara produktivitas dan curah hujan terhadap total hasil panen. Semakin tinggi produktivitas dan curah hujan, maka estimasi total produksi padi juga meningkat secara signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa penerapan integral lipat dua dengan metode linier untuk memprediksi produksi panen padi pada tahun 2025 dengan koefisien yang ditetapkan berdasarkan anomali data (yaitu pengurangan rata-rata curah hujan di tahun 2024 dengan rata-rata curah hujan pada tahun 2023 dari tiga stasiun BMKG yang berada di sekitar Deli Serdang) telah berhasil memberikan estimasi produksi total panen padi pada tahun 2025 yaitu sebesar 313.526,90 Ton

Prediksi ini menyiratkan bahwa produksi padi Deli Serdang diproyeksikan akan sangat stabil pada tahun 2025, hampir identik dengan produksi aktual tahun 2024 (313.546,40 Ton). Hasil ini didukung oleh validasi empiris yang kuat, karena model yang digunakan terbukti menghasilkan error paling kecil (19,50 Ton) saat diuji terhadap data aktual 2024. Oleh karena itu, model ini menunjukkan bahwa sistem pertanian cenderung berada pada titik keseimbangan produksi. Model ini menunjukkan bahwa jika Curah Hujan dan Produktivitas dapat dijaga dalam rentang yang diasumsikan, potensi produksi tertinggi akan terwujud. Meskipun model linier sederhana ini berhasil dalam skenario optimis ini, prediksi untuk

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

tahun-tahun selanjutnya (2026 dan seterusnya) tidak dapat dibuat tanpa data proyeksi iklim resmi untuk menjaga integritas ilmiah domain integrasi.

Penelitian serupa di masa depan dapat disempurnakan dengan menambahkan variabel penting seperti kondisi tanah, irigasi, pupuk, pestisida, suhu, dan kelembaban agar prediksi lebih akurat. Penggunaan data yang lebih panjang, sekitar 5–10 tahun, juga diperlukan untuk menangkap pola musiman dan anomali iklim dengan lebih baik. Nilai koefisien yang masih berdasarkan asumsi sebaiknya ditentukan menggunakan metode statistik seperti regresi berganda agar lebih objektif. Selain itu, model perlu divalidasi dengan membandingkan hasil prediksi tahun 2025 dan 2026 dengan data aktual, serta diuji silang dengan metode lain seperti time-series atau machine learning. Dari sisi penerapan, pengembangan GUI berbasis MATLAB dan integrasi data real-time akan membuat model lebih mudah digunakan dan lebih dinamis. Terakhir, hasil penelitian perlu disosialisasikan kepada dinas pertanian, penyuluh, dan kelompok tani agar dapat dimanfaatkan dalam perencanaan tanam dan kebijakan ketahanan pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga jurnal ini dapat diselesikan dengan baik. Selain itu, kami juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pengampu mata kuliah kalkulus peubah banyak yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

Angel, A., Dasrizal, D., & Juita, E. (2025). Analisis Pengaruh Curah Hujan terhadap Hasil Pertanian Padi di Nagari Balimbing Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanah Datar. Indonesia Research Journal on Education, 5(1), 273–281.

Anderson, N.T., Walsh, K.B., & Wulfsohn, D. (2021). Technologies for Forecasting Tree Fruit Load and Harvest Timing—From Ground, Sky and Time. Agronomy, 11(7), 1409.

Maizunati, N. A. (2018). Peran Produktivitas Dalam Peningkatan Kesejahteraan Petani Padi Di Indonesia. Jurnal Riset Agribisnis dan Peternakan, 3(2), 11–21.

Mendes, E., Galdino, F., & Portela, R. de C. Q. (2022). Predicting the impacts of palm heart and fruit harvesting using Integral Projection Models. Frontiers in Forests and Global Change, 5:932454.

Pardede, B. H. R., Kusfa, B. D., Surbakti, G. B., Fitria, R. I., & Saragih, V. Y. (2025). Integral Lipat Dua dalam Pengukuran Curah Hujan untuk Memprediksi Banjir di Kota Depok. Jurnal Pendidikan Kreativitas Pembelajaran, 7(2), 151–157.

Syawaludin, M., & Alfiyani, N. (2025). Analisis Perbandingan Luas Panen Padi dan Produktivitas Padi terhadap Pertumbuhan Produksi Padi di Pulau Kalimantan Periode 2021-2024. Jurnal Ganca Swara, 19(1), 102–107.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan