

Optimasi Lahan Padi dan Jagung di Jawa Timur dengan Linear Programming

Optimization of Rice and Corn Land in East Java Using Linear Programming

Moch Fatur Angga Pratama¹, Muhamad Abdul Jumali^{2*}

^{1,2} Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Indonesia

E-mail: abduljumali@unipasby.ac.id

Diterima 23 November, 2026; Disetujui 10 Februari, 2026; Dipublikasikan 31 Maret, 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan alokasi optimal luas lahan tanam untuk komoditas padi (X_1) dan jagung (X_2) guna memaksimalkan keuntungan pada sektor pertanian di Provinsi Jawa Timur. Sektor pertanian di wilayah ini dihadapkan pada keterbatasan sumber daya utama, terutama lahan, pupuk, dan tenaga kerja, sehingga diperlukan strategi pengelolaan yang efisien dan berbasis analisis kuantitatif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Linear Programming* dengan pendekatan metode grafik, yang disusun berdasarkan model matematis menggunakan data simulasi yang merepresentasikan kondisi pertanian regional. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi alokasi lahan optimal diperoleh pada 60 hektar untuk padi dan 40 hektar untuk jagung, yang menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp1.300.000.000,00. Analisis kendala menunjukkan bahwa kendala lahan dan kendala pupuk merupakan kendala mengikat (*binding constraints*) pada titik optimal, sedangkan kendala tenaga kerja tidak bersifat mengikat. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan keuntungan tidak dapat dicapai melalui penambahan tenaga kerja, melainkan melalui optimalisasi atau penambahan kapasitas lahan dan pupuk. Penelitian ini memberikan dasar analitis yang jelas bagi pengambil keputusan dalam merancang kebijakan alokasi lahan yang lebih efisien dan berorientasi pada peningkatan produktivitas serta pemanfaatan sumber daya pertanian secara optimal.

Kata kunci: Jagung; *Linear Programming*; Optimasi; Padi; Tenaga Kerja

Abstract

This study aims to determine the optimal allocation of planting areas for rice (X_1) and corn (X_2) in order to maximize agricultural profit in East Java Province. The agricultural sector in this region faces significant limitations in key resources, particularly land, fertilizer, and labor, which necessitate efficient and quantitatively grounded management strategies. This study employs a *Linear Programming* approach using the graphical method, based on a mathematical model developed from simulated data representing regional agricultural conditions. The results indicate that the optimal land allocation consists of 60 hectares for rice and 40 hectares for corn, generating a maximum profit of IDR 1,300,000,000. The constraint analysis reveals that land and fertilizer constraints act as binding constraints at the optimal solution, while the labor constraint is non-binding. This finding implies that further profit improvements cannot be achieved by increasing labor input, but rather by expanding or optimizing land use and fertilizer availability. Overall, this study provides a clear analytical framework to support decision-makers in formulating more efficient land allocation policies and improving agricultural productivity through optimal resource utilization.

Keywords: Corn; *Linear Programming*; Optimization; Rice; Labor

1. Pendahuluan

Sektor pertanian hingga saat ini masih memegang peranan strategis dalam menopang ketahanan pangan dan stabilitas sosial ekonomi Indonesia (Pawlak & Kołodziejczak, 2020). Keberlanjutan sektor pertanian domestik semakin menjadi perhatian utama akibat tekanan global yang meliputi perubahan iklim, ketidakpastian pasokan pangan dunia, serta dinamika harga komoditas internasional. Peran sektor pertanian tidak hanya terbatas pada penyediaan bahan pangan, tetapi juga sebagai sumber penghidupan bagi jutaan rumah tangga petani dan penyerap tenaga kerja dalam jumlah besar (Gürçam & Sökmen, 2022). Upaya peningkatan kinerja sektor pertanian harus diarahkan tidak hanya pada peningkatan produksi, tetapi juga pada efisiensi pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu wilayah yang memiliki peran sentral dalam sistem pangan nasional. Provinsi Jawa Timur secara konsisten menjadi salah satu produsen utama komoditas padi dan jagung, yang merupakan dua komoditas strategis dalam struktur konsumsi pangan dan industri pengolahan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2025), Jawa Timur memberikan kontribusi signifikan terhadap produksi padi dan jagung nasional dalam beberapa tahun terakhir, meskipun laju peningkatan produksi menunjukkan kecenderungan fluktuatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa potensi produksi yang besar belum sepenuhnya diiringi oleh pengelolaan sumber daya yang optimal.

Sektor pertanian Jawa Timur dihadapkan pada berbagai tantangan struktural yang semakin kompleks. Alih fungsi lahan pertanian ke sektor non-pertanian terus berlangsung seiring dengan pertumbuhan kawasan industri dan permukiman (Qiraati et al., 2025; Rofiq et al., 2025; Zhang et al., 2023). Selain itu, kenaikan harga *input* produksi, khususnya pupuk dan biaya tenaga kerja, turut menekan margin keuntungan petani (A Kristina, 2024; Dahal et al., 2024; Morão, 2025; Suh & Moss, 2021). Keterbatasan distribusi pupuk bersubsidi serta ketergantungan pada *input* eksternal semakin memperkuat tekanan terhadap efisiensi usaha tani. Dalam kondisi tersebut, pendekatan konvensional dalam pengambilan keputusan alokasi lahan dan *input* produksi menjadi semakin tidak memadai. Permasalahan mendasar yang muncul adalah keterbatasan sumber daya (*scarcity of resources*), yang mencakup keterbatasan lahan, pupuk, dan tenaga kerja, sementara tuntutan untuk meningkatkan produksi dan keuntungan terus meningkat (Fabiani et al., 2020; Singh et al., 2023; Verona et al., 2021). Pada tingkat operasional, petani dan pengelola usaha tani sering kali dihadapkan pada dilema dalam menentukan komposisi tanaman yang paling menguntungkan di bawah keterbatasan sumber daya tersebut. Keputusan yang diambil secara intuitif atau berdasarkan kebiasaan berisiko menghasilkan alokasi sumber daya yang tidak optimal, sehingga potensi keuntungan yang seharusnya dapat dicapai menjadi tidak terealisasi.

Perkembangan penelitian di bidang optimasi pertanian dalam enam tahun terakhir menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap penggunaan pendekatan kuantitatif untuk mendukung pengambilan keputusan. Pendekatan *operations research*, khususnya *Linear Programming* (LP), telah banyak digunakan untuk memodelkan permasalahan alokasi sumber daya terbatas dalam berbagai sektor pertanian. Studi yang dilakukan Bhatia (2020), menunjukkan bahwa penerapan LP pada sistem usahatani terintegrasi mampu meningkatkan pendapatan petani melalui pengalokasian *input* produksi yang lebih efisien. Studi tersebut menegaskan bahwa pendekatan matematis memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih objektif dibandingkan pendekatan berbasis intuisi semata. Penelitian lain oleh Das et al. (2015) membuktikan bahwa LP efektif digunakan dalam menentukan pola tanam optimal pada daerah irigasi dengan keterbatasan sumber daya air. Hasil penelitian tersebut menekankan pentingnya pemahaman terhadap kendala yang bersifat mengikat (*binding constraints*) dalam sistem produksi pertanian. Penelitian Li et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan LP mampu menghasilkan kombinasi produksi yang memberikan keuntungan lebih tinggi dibandingkan pola tanam yang ditentukan secara konvensional. Temuan ini memperkuat argumen bahwa optimasi berbasis model matematis memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan profitabilitas usaha tani.

Meskipun demikian, kajian terhadap penelitian terdahulu menunjukkan adanya sejumlah keterbatasan yang masih menyisakan ruang pengembangan. Pertama, sebagian besar penelitian optimasi pertanian dilakukan pada skala lokal atau wilayah terbatas, sehingga hasilnya belum tentu relevan untuk wilayah dengan skala produksi besar dan heterogen seperti Jawa Timur. Kedua, banyak penelitian yang

berfokus pada hasil numerik optimasi tanpa disertai interpretasi ekonomi yang memadai, khususnya terkait implikasi kendala yang mengikat terhadap strategi pengelolaan sumber daya. Ketiga, pendekatan optimasi yang digunakan dalam beberapa penelitian cenderung kompleks dan sulit dipahami oleh praktisi pertanian maupun pengambil kebijakan non-teknis. Berakibat model yang dihasilkan kurang berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan (*decision support tool*) yang aplikatif. Padahal, salah satu tujuan utama pengembangan model optimasi adalah menyediakan kerangka analitis yang dapat digunakan secara praktis dalam perencanaan dan pengelolaan usaha tani.

Berdasarkan pemetaan tersebut, dapat diidentifikasi adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang jelas. Hingga saat ini, masih terbatas penelitian yang secara eksplisit mengkaji alokasi optimal lahan padi dan jagung di Jawa Timur dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya utama (lahan, pupuk, dan tenaga kerja) dalam satu kerangka analisis yang terintegrasi. Pembahasan mengenai implikasi ekonomis dari kendala yang mengikat melalui konsep *Shadow price* masih relatif jarang diangkat secara sistematis dalam bidang pertanian regional Indonesia. Penelitian ini hadir untuk mengisi delta antara penelitian terdahulu dan kebutuhan pengambilan keputusan saat ini. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan metode *Linear Programming* dengan pendekatan grafik yang relatif sederhana namun informatif, sehingga mudah dipahami dan direplikasi. Pendekatan ini dipilih untuk menjembatani kesenjangan antara kompleksitas model matematis dan kebutuhan praktis pengelolaan usaha tani. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih menekankan kompleksitas komputasi, penelitian ini menekankan kejelasan formulasi, transparansi asumsi, serta interpretasi ekonomi dari hasil optimasi. Nilai kebaruan penelitian ini tidak terletak pada pengembangan metode baru, melainkan pada integrasi antara analisis optimasi, identifikasi kendala mengikat, dan interpretasi manajerial dalam sektor pertanian Jawa Timur. Keterkaitan hasil optimasi dengan implikasi ekonomi dan manajerial, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih substantif terhadap pengambilan keputusan di sektor pertanian. Penggunaan data simulasi yang rasional memungkinkan penelitian ini berfungsi sebagai model konseptual yang dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan data empiris pada penelitian selanjutnya.

Perencanaan pertanian regional, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai sumber daya mana yang seharusnya diprioritaskan untuk meningkatkan keuntungan. Informasi mengenai kendala yang bersifat mengikat dan tidak mengikat dapat menjadi dasar dalam menentukan arah kebijakan, baik dalam bentuk penambahan kapasitas sumber daya maupun peningkatan efisiensi pemanfaatannya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki relevansi akademik, tetapi juga nilai praktis bagi pengelola usaha tani dan pembuat kebijakan. Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut: bagaimana menentukan alokasi optimal luas lahan padi dan jagung di Jawa Timur untuk memaksimalkan keuntungan dengan mempertimbangkan keterbatasan lahan, pupuk, dan tenaga kerja? Permasalahan ini kemudian dijabarkan ke dalam pertanyaan penelitian: (1) bagaimana formulasi model *Linear Programming* yang merepresentasikan sistem alokasi lahan padi dan jagung di Jawa Timur; (2) kombinasi alokasi lahan seperti apa yang menghasilkan keuntungan maksimum; dan (3) kendala apa saja yang bersifat mengikat serta bagaimana implikasi ekonominya terhadap pengambilan keputusan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi alokasi lahan padi dan jagung yang optimal menggunakan metode *Linear Programming*, mengidentifikasi sumber daya yang menjadi kendala utama dalam sistem produksi, serta memberikan interpretasi manajerial atas hasil optimasi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya pertanian yang lebih efisien dan berorientasi pada peningkatan keuntungan.

Kerangka pengambilan keputusan ekonomi, alokasi sumber daya merupakan inti dari permasalahan optimasi. Setiap sistem produksi, termasuk sistem pertanian, selalu beroperasi di bawah kondisi keterbatasan, sehingga pilihan yang diambil pada satu aspek secara langsung memengaruhi peluang pada aspek lainnya. Maka, perencanaan alokasi lahan tidak dapat dipahami semata sebagai persoalan teknis penanaman, melainkan sebagai keputusan strategis yang menentukan tingkat efisiensi, risiko, dan keberlanjutan usaha tani secara keseluruhan. Pendekatan analitis yang mampu mengaitkan tujuan ekonomi dengan kendala sumber daya menjadi sangat relevan untuk memastikan bahwa keputusan yang diambil bersifat rasional dan berbasis bukti.

Pertanian padi dan jagung di Jawa Timur memiliki karakteristik yang unik karena kedua komoditas tersebut sering kali bersaing dalam pemanfaatan sumber daya yang sama, terutama lahan dan

pupuk. Kondisi ini menuntut adanya mekanisme pengambilan keputusan yang mampu menyeimbangkan kepentingan ekonomi jangka pendek dengan keberlanjutan produksi jangka panjang. Tanpa kerangka analitis yang jelas, keputusan alokasi lahan berpotensi bias terhadap kebiasaan historis atau preferensi subjektif, sehingga mengabaikan peluang peningkatan keuntungan yang sebenarnya tersedia. Pola pengambilan keputusan semacam ini dapat mengakibatkan inefisiensi sistemik yang sulit dikoreksi.

Selain aspek ekonomi, alokasi lahan juga memiliki implikasi sosial dan kelembagaan. Keputusan yang tidak optimal dapat meningkatkan kerentanan petani terhadap fluktuasi harga dan ketidakpastian produksi, serta memperlemah posisi tawar mereka dalam rantai nilai pertanian. Model alokasi lahan yang optimal tidak hanya berfungsi sebagai alat perhitungan matematis, tetapi juga sebagai instrumen untuk memahami konsekuensi ekonomi dan sosial dari setiap keputusan yang diambil. Pendekatan optimasi menyediakan bahasa bersama yang menghubungkan aspek teknis, ekonomi, dan manajerial dalam satu kerangka yang terpadu.

Keberadaan model optimasi yang transparan dan mudah dipahami menjadi semakin penting. Model yang terlalu kompleks sering kali sulit diadopsi oleh praktisi lapangan dan pembuat kebijakan, sehingga manfaatnya terbatas pada ranah akademik. Model yang terlalu sederhana berisiko mengabaikan dinamika penting dalam sistem produksi. Diperlukan keseimbangan antara ketelitian analitis dan keterbacaan model, agar hasil analisis dapat digunakan secara efektif sebagai dasar pengambilan keputusan. Pendekatan grafik dalam *Linear Programming* menawarkan keunggulan dalam hal visualisasi hubungan antara fungsi tujuan dan kendala, sehingga memudahkan pemahaman terhadap struktur permasalahan yang dihadapi.

Pendekatan tersebut juga memungkinkan identifikasi yang lebih jelas terhadap peran masing-masing sumber daya dalam sistem produksi. Dengan mengetahui sumber daya mana yang benar-benar membatasi pencapaian keuntungan maksimum, pengelola usaha tani dapat memfokuskan upaya peningkatan kapasitas pada aspek yang paling berdampak. Sumber daya yang tidak bersifat mengikat dapat dikelola secara lebih fleksibel tanpa menimbulkan risiko penurunan kinerja ekonomi. Informasi semacam ini sangat penting dalam keterbatasan anggaran dan sumber daya, di mana setiap intervensi harus diprioritaskan secara selektif.

Pemahaman terhadap struktur kendala dalam sistem produksi membuka peluang untuk analisis skenario. Dengan memodifikasi parameter tertentu seperti ketersediaan pupuk atau luas lahan, model optimasi dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak potensial dari berbagai kebijakan atau perubahan kondisi eksternal. Pendekatan ini memungkinkan perencanaan yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika lingkungan ekonomi dan alam. Kemampuan untuk melakukan analisis skenario menjadi keunggulan strategis dalam menghadapi ketidakpastian yang semakin meningkat di sektor pertanian.

Penelitian ini juga berkontribusi pada penguatan pemahaman mengenai penerapan optimasi matematis dalam lingkup pertanian regional. Dengan menempatkan hasil optimasi dalam kerangka interpretasi ekonomi dan manajerial, penelitian ini melampaui sekadar penyajian solusi numerik. Pendekatan ini menegaskan bahwa nilai utama dari model optimasi terletak pada kemampuannya untuk menjelaskan logika di balik solusi yang dihasilkan, bukan hanya pada nilai maksimum yang dicapai. Dengan demikian, model berfungsi sebagai alat pembelajaran yang membantu pemangku kepentingan memahami struktur permasalahan dan implikasi dari berbagai pilihan kebijakan.

Penelitian ini juga memiliki implikasi metodologis yaitu penggunaan data simulasi yang rasional memungkinkan eksplorasi hubungan antarvariabel secara sistematis tanpa dibatasi oleh ketersediaan data empiris yang sering kali tidak lengkap atau tidak konsisten. Pendekatan ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan analisis berbasis data lapangan, melainkan sebagai langkah awal dalam membangun kerangka konseptual yang kuat. Kerangka tersebut selanjutnya dapat diuji dan disempurnakan melalui penelitian lanjutan dengan menggunakan data empiris yang lebih rinci.

Hasil penelitian ini merupakan bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas perencanaan berbasis analisis. Dengan menyediakan alat bantu pengambilan keputusan yang terstruktur dan transparan, penelitian ini berkontribusi pada penguatan kapasitas perencanaan di tingkat regional. Keputusan yang diambil berdasarkan analisis optimasi diharapkan dapat mengurangi risiko inefisiensi dan meningkatkan daya tahan sistem pertanian terhadap tekanan eksternal. Peningkatan efisiensi alokasi sumber daya diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan petani dan stabilitas sistem

pangan. Penelitian ini tidak hanya relevan dalam lingkup akademik, tetapi juga memiliki nilai strategis bagi pengelolaan pertanian di Jawa Timur. Integrasi antara analisis optimasi, interpretasi ekonomi, dan perspektif manajerial memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan yang lebih rasional dan berorientasi pada keberlanjutan. Menghadapi tantangan keterbatasan sumber daya dan ketidakpastian lingkungan, pendekatan semacam ini menjadi semakin penting untuk memastikan bahwa sektor pertanian tetap mampu memenuhi perannya sebagai penopang ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan penelitian terkait penentuan alokasi optimal luas lahan padi dan jagung di Jawa Timur dalam kondisi keterbatasan sumber daya. Fokus utama metode adalah memastikan bahwa seluruh prosedur yang dilakukan bersifat transparan, dapat diverifikasi, dan memungkinkan replikasi oleh peneliti lain dengan kondisi serupa (Hernando & Jumali, 2025). Metode disusun secara deskriptif-naratif dengan penekanan pada prosedur operasional, bukan pada klasifikasi metodologis yang bersifat teknis. Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan matematis. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian adalah menentukan solusi optimal yang bersifat tunggal, yaitu kombinasi alokasi lahan yang memaksimalkan keuntungan di bawah sejumlah kendala sumber daya. Unit analisis penelitian adalah sistem alokasi lahan pertanian untuk dua komoditas utama, yaitu padi dan jagung, pada skala regional Jawa Timur. Penelitian tidak berfokus pada individu petani, melainkan pada sistem produksi yang direpresentasikan melalui model matematis.

Data yang digunakan terdiri atas data sekunder dan data asumsi terkontrol. Data sekunder digunakan untuk memberikan studi empiris terhadap kondisi pertanian di Jawa Timur, khususnya terkait peran komoditas padi dan jagung, serta keterbatasan sumber daya yang umum dihadapi. Data tersebut diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik Jawa Timur, termasuk statistik produksi dan sumber daya pertanian terbaru. Data kuantitatif yang digunakan dalam pemodelan berupa koefisien keuntungan, kebutuhan pupuk, dan kebutuhan tenaga kerja per hektar ditetapkan melalui asumsi rasional yang merepresentasikan skala operasional pertanian seluas 100 hektar. Penggunaan data simulasi ini dimaksudkan untuk membangun model konseptual yang bersifat ilustratif namun logis dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan data empiris. Prosedur penelitian diawali dengan penentuan variabel keputusan, yaitu luas lahan padi dan luas lahan jagung yang dinyatakan masing-masing sebagai X_1 dan X_2 . Rumus fungsi tujuan berupa maksimasi keuntungan total dari kedua komoditas berdasarkan keuntungan per hektar. Fungsi tujuan ini dinyatakan dalam bentuk persamaan linear sebagai berikut:

$$Z = 15.000.000X_1 + 10.000.000X_2 \dots\dots\dots(1)$$

Model kemudian dibatasi oleh sejumlah kendala sumber daya yang merepresentasikan kondisi nyata sistem produksi. Kendala tersebut meliputi keterbatasan total luas lahan, ketersediaan pupuk, dan kapasitas tenaga kerja. Penerapan kendala non-negatif untuk memastikan bahwa nilai variabel keputusan tidak bernilai negatif. Seluruh kendala diformulasikan dalam bentuk persamaan atau pertidaksamaan linear dengan variabel. Penyelesaian dilakukan menggunakan metode grafik. Metode ini dipilih karena jumlah variabel keputusan hanya dua, sehingga memungkinkan visualisasi daerah kelayakan (*feasible region*) secara jelas pada bidang Kartesius. Prosedur penyelesaian meliputi empat langkah utama. Pertama, setiap kendala diubah dari bentuk pertidaksamaan menjadi persamaan untuk membentuk garis batas. Kedua, seluruh garis kendala digambarkan pada bidang koordinat untuk menentukan daerah kelayakan. Ketiga, seluruh titik ekstrem pada daerah kelayakan diidentifikasi sebagai kandidat solusi. Keempat, nilai fungsi tujuan dihitung pada setiap titik ekstrem untuk menentukan solusi yang menghasilkan keuntungan maksimum.

Teknik analisis data dilakukan secara deterministik. Nilai optimal ditentukan berdasarkan perbandingan nilai fungsi tujuan pada seluruh titik ekstrem yang berada dalam daerah kelayakan. Analisis kendala mengikat (*binding constraints*) dengan mengidentifikasi kendala yang aktif pada titik solusi optimal. Analisis ini digunakan untuk memahami sumber daya mana yang benar-benar membatasi

sistem produksi. Interpretasi konsep *Shadow price* dilakukan secara konseptual untuk menjelaskan implikasi ekonomi dari kendala yang mengikat, meskipun nilai numeriknya tidak dihitung secara eksplisit dalam metode grafik. Seluruh ilustrasi berupa tabel dan gambar disajikan rata tengah (*center*), diberi nomor urut, dan dirujuk secara eksplisit. Persamaan matematika ditulis menggunakan font *Cambria Math* dengan penomoran berurutan di sisi kanan. Keterangan notasi dan satuan untuk setiap variabel matematis disajikan secara terpisah pada bagian daftar notasi sebelum daftar pustaka, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami model yang digunakan. Penelitian ini memastikan bahwa setiap tahapan dapat diikuti kembali oleh peneliti lain untuk memperoleh hasil yang sebanding, selama asumsi dan parameter yang digunakan tetap sama.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Titik Potong dan Penentuan Daerah Kelayakan

Penyelesaian model Program Linear dengan Metode Grafik memerlukan penentuan titik-titik potong setiap fungsi kendala untuk membentuk poligon daerah kelayakan (*feasible region*). Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

- A. Kendala Lahan (Persamaan 2): $x_1 + x_2 = 100$(2)
 Jika $x_1 = 0$, Maka $x_2 = 100$ Titik Potong (0,100)
 Jika $x_2 = 0$, Maka $x_1 = 100$ Titik Potong (100,0)
- B. Kendala Pupuk (Persamaan 3): $80x_1 + 60x_2 = 8.400$(3)
 Jika $x_1 = 0$, Maka $60x_2 = 8.400 \rightarrow x_2 = 140$. Titik Potong (140)
 Jika $x_2 = 0$, Maka $80x_1 = 8.400 \rightarrow x_1 = 105$. Titik Potong (105)
- C. Kendala Tenaga Kerja (Persamaan 4): $40x_1 + 50x_2 = 7000$(4)
 Jika $x_1 = 0$, Maka $x_2 = 140$
 Jika $x_2 = 0$, Maka $x_1 = 175$

Penentuan Titik Optimal (Titik C)

Titik optimal yang menghasilkan nilai fungsi tujuan $Z_{maksimum}$, yaitu Titik C, diperoleh dari perpotongan dua garis kendala yang paling membatasi, yaitu Kendala Lahan dan Kendala Pupuk. Perpotongan kedua kendala diselesaikan dengan metode eliminasi/substitusi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 &= 100 \\80x_1 + 60x_2 &= 8.400\end{aligned}$$

Substitusikan:

$$x_2 = 100 - x_1$$

Masukkan ke persamaan pupuk

$$\begin{aligned}80x_1 + 60(100 - x_1) &= 8.400 \\80x_1 + 6000 - 60x_1 &= 8.400 \\20x_1 &= 2400 \\x_1 &= 60 \\x_2 &= 100 - 60 = 40\end{aligned}$$

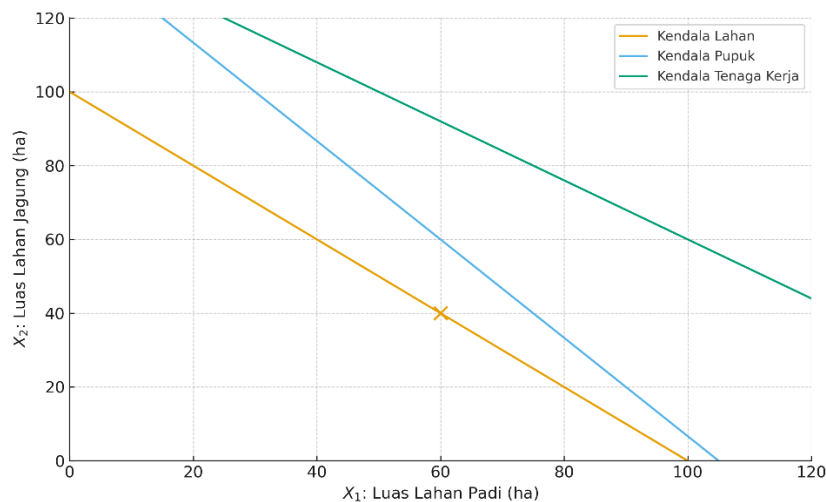
Melalui penyelesaian simultan antara Kendala Lahan dan Kendala Pupuk, diperoleh kombinasi keputusan sebesar $X_1 = 60$ dan $X_2 = 40$, yang secara matematis terbukti memberikan nilai fungsi tujuan maksimum dan karenanya ditetapkan sebagai solusi optimal.

3.2 Penyelesaian Model Linear Programming

Penyelesaian model *Linear Programming* (LP) untuk mengoptimalkan alokasi lahan Padi (X_1) dan Jagung (X_2) dilakukan dengan mengidentifikasi titik-titik ekstrem pada daerah kelayakan (*feasible region*) yang dibentuk oleh seluruh kendala sumber daya. Identifikasi daerah kelayakan diawali dengan menggambarkan ketiga fungsi kendala Kendala Lahan, Kendala Pupuk, dan Kendala Tenaga Kerja pada bidang Kartesius (Rathi et al., 2024).

Daerah kelayakan diperoleh dari irisan ketiga kendala tersebut, namun berdasarkan hasil plot grafik, batas dominan yang membentuk kontur daerah kelayakan adalah Kendala Lahan dan Kendala Pupuk, sementara Kendala Tenaga Kerja berada di luar daerah perpotongan kedua kendala tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa Kendala Tenaga Kerja memiliki kapasitas yang lebih longgar sehingga tidak menjadi pembatas aktif dalam model.

Titik ekstrem yang menentukan solusi optimal terletak pada perpotongan antara Kendala Lahan dan Kendala Pupuk, yang menghasilkan kombinasi alokasi lahan sebesar 60 hektar untuk Padi dan 40 hektar untuk Jagung. Visualisasi daerah kelayakan dan posisi titik optimal disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Daerah Kelayakan (*Feasible Region*) Model Linear Programming

Setelah identifikasi visual daerah kelayakan, seluruh titik ekstrem (sudut-sudut pembatas) yang valid disubstitusikan ke dalam fungsi tujuan maksimasi $z = 15.000.000x_1 + 10.000.000x_2$. Hasil pengujian optimalitas disajikan secara komprehensif pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Optimalitas Nilai Fungsi Tujuan pada Titik Ekstrem

Titik	Koordinat (X_1, X_2)	Nilai $Z = 15 \text{ jt} \cdot X_1 + 10 \text{ jt} \cdot X_2$	Keterangan
A	(0,0)	0	—
B	(0,100)	Rp1.000.000.000	feasible
C	(100,0)	Rp1.500.000.000	tidak feasible (pupuk tidak cukup)
D	(60,40)	Rp1.300.000.000	OPTIMAL

Titik D = (60,40) memberikan nilai fungsi tujuan maksimum yang masih berada dalam wilayah *feasible*.

3.3 Pembahasan hasil

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi alokasi lahan sebesar 60 hektar untuk Padi dan 40 hektar untuk Jagung merupakan strategi optimal untuk memaksimalkan keuntungan berdasarkan koefisien teknologi dan kapasitas sumber daya yang digunakan dalam model. Keuntungan Padi yang lebih tinggi per hektar (Rp 15 juta/ha) mendorong alokasi lahan yang lebih besar pada komoditas tersebut, namun keterbatasan pupuk membatasi perluasan Padi sehingga sebagian lahan dialokasikan untuk Jagung. Strategi optimal tidak bersifat eksklusif pada satu komoditas, melainkan merupakan kombinasi yang mempertimbangkan keseimbangan kebutuhan sumber daya.

Analisis terhadap kendala mengikat (*Binding Constraint*) menjadi kunci dalam memahami struktur solusi ini. Pada titik optimal (60,40), baik kendala lahan maupun kendala pupuk habis terpakai sepenuhnya ($slack = 0$), menunjukkan bahwa kedua sumber daya tersebut menjadi pembatas aktif (*binding*) dalam sistem produksi. Kendala Tenaga Kerja masih menyisakan kapasitas sebesar 2.600 jam, sehingga tidak mengikat dan tidak mempengaruhi batas atas keuntungan.

Implikasi manajerial dari temuan ini menegaskan bahwa lahan dan pupuk merupakan faktor pembatas utama (*bottleneck*) dalam sistem produksi pada skenario simulasi ini. Artinya, peningkatan keuntungan di masa mendatang tidak dapat dicapai melalui penambahan tenaga kerja, tetapi harus diarahkan pada upaya penambahan atau optimalisasi lahan, serta peningkatan efisiensi penggunaan pupuk. Pengelolaan kedua sumber daya tersebut menjadi fokus strategis yang lebih penting dibandingkan alokasi tenaga kerja, yang kapasitasnya masih berada di atas kebutuhan optimal.

3.4 Analisis Kendala Mengikat dan Tidak Mengikat

- Kendala lahan $(60,40) = 100$ $Slack = 0 \rightarrow$ Mengikat
 - Kendala Pupuk $80(60) + 60(40) = 4.800 + 2.400 = 8.400$ $Slack = 0 \rightarrow$ Mengikat
 - Kendala Tenaga Kerja $40(60) + 50(40) = 2.400 + 2.000 = 4.400$,
 $Slack = 7.000 - 4.400 = 2.600 \rightarrow$ Tidak mengikat
- Lahan dan pupuk habis terpakai, sehingga keduanya adalah *binding constraints* dan menjadi faktor pembatas produksi.
 - Tenaga kerja tersisa banyak (2.600 jam) sehingga tidak menjadi pembatas; menambah tenaga kerja tidak akan meningkatkan keuntungan.
 - Ketersediaan pupuk, yang terbatas, menentukan komposisi optimal antara Padi dan Jagung

3.5 Analisis Shadow Price

Karena dua kendala bersifat *binding*, maka *Shadow price* untuk:

- Lahan $\rightarrow$ Bernilai positif $\rightarrow$ penambahan 1 ha meningkatkan keuntungan.
- Pupuk $\rightarrow$ Bernilai positif $\rightarrow$ setiap penambahan 1 kg pupuk meningkatkan keuntungan total.

Sebaliknya:

- Tenaga Kerja $\rightarrow$ *Shadow price* = 0
 (menambah tenaga kerja tidak meningkatkan keuntungan karena sumber daya ini tidak habis terpakai)

Solusi optimal (60 ha Padi dan 40 ha Jagung) menunjukkan bahwa:

- Padi lebih menguntungkan per hektar, sehingga dialokasikan lebih besar.
 - Jagung tetap diberi porsi 40% karena kebutuhan pupuk Padi lebih tinggi, sehingga pupuk menjadi pembatas paling aktif.
 - Pola alokasi mengikuti prinsip *trade-off* antara keuntungan lahan dan kebutuhan pupuk.
 - Temuan ini mendukung kebijakan diversifikasi pangan yang tidak memusatkan produksi pada satu komoditas saja.
- Ketersediaan tenaga kerja di sektor pertanian Jawa Timur secara umum masih mencukupi, terlihat dari *slack* tenaga kerja yang besar.

3.6 Analisis Nilai Harga Ganda (Shadow price Lahan)

Selain analisis *slack*, interpretasi lanjutan yang sangat penting dalam *Program Linear* adalah analisis nilai Harga Ganda (*Dual Price* atau *Shadow Price*). *Shadow price* merupakan nilai marjinal yang menunjukkan besarnya peningkatan keuntungan yang dapat diperoleh apabila kapasitas suatu sumber daya yang bersifat mengikat (*binding*) ditambah satu unit, dengan asumsi sumber daya lain tetap konstan (Bikle & Christakos, 2020). Meskipun metode grafik tidak menghitung *Shadow price* secara numerik, konsep ini tetap memberikan pemahaman manajerial yang sangat relevan.

1. Implikasi Ekonomi Lahan Sebagai Kendala Mengikat

Karena hasil analisis *slack* menunjukkan bahwa kendala lahan merupakan kendala mengikat ($slack = 0$), maka *shadow price* untuk lahan bernilai positif. Artinya, setiap penambahan 1 hektar lahan

akan berpotensi meningkatkan nilai fungsi tujuan (keuntungan). Nilai positif ini menggambarkan *opportunity cost* akibat keterbatasan lahan dan memberikan gambaran seberapa besar tambahan keuntungan yang dapat diperoleh jika kapasitas lahan ditambah. Nilai harga ganda Lahan ini berfungsi sebagai batas atas yang wajar bagi pengelola dalam melakukan investasi penambahan lahan

Apabila melalui pendekatan metode simpleks diperoleh *Shadow price* lahan sebesar misalnya Rp X juta per hektar, maka nilai tersebut menjadi batas maksimal biaya yang masih layak dikeluarkan oleh pengelola untuk menambah atau menyewa lahan baru. Lahan tidak hanya dipandang sebagai batasan fisik, tetapi sebagai variabel ekonomi yang dapat dievaluasi dari sisi manfaat marjinalnya.

2. Implikasi Ekonomi Pupuk sebagai Kendala Mengikat

Kendala Pupuk juga merupakan kendala mengikat (*slack* = 0) pada titik optimal. Artinya, kapasitas pupuk habis terpakai dan merupakan faktor penting dalam pembentukan solusi optimal 60–40. *Shadow price* pupuk juga bernilai positif, menunjukkan bahwa setiap tambahan satuan pupuk dapat meningkatkan keuntungan total.

3.6. Relevansi Temuan dengan Realitas Sektor Pertanian Jawa Timur
Nilai *Shadow price* pupuk memberikan informasi penting bagi pengambil keputusan, yaitu batas maksimum biaya tambahan yang masih layak dialokasikan untuk pengadaan pupuk tambahan. Jika harga ganda pupuk (misalnya Rp Y per kg) lebih tinggi daripada biaya pembelian pupuk, maka pengadaan tambahan pupuk merupakan keputusan yang ekonomis dan dapat mendorong peningkatan keuntungan.

Makna Manajerial *Shadow price* dalam Model

Keberadaan dua kendala mengikat lahan dan pupuk menunjukkan bahwa penambahan lahan atau penambahan pupuk akan memberikan *return* ekonomi positif bagi pengelola usaha tani, karena keduanya merupakan sumber daya yang membatasi capaian keuntungan maksimal. Tenaga kerja tidak mengikat, *Shadow price* tenaga kerja = 0, yang berarti menambah tenaga kerja tidak memberikan peningkatan keuntungan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis *Linear Programming* yang diterapkan dalam studi simulasi ini, penerapan pendekatan *Linear Programming* merupakan alat analisis kuantitatif yang efektif dalam menentukan alokasi optimal sumber daya pertanian di bawah kondisi keterbatasan. Berdasarkan hasil pemodelan, kombinasi alokasi lahan sebesar 60 hektar untuk komoditas padi dan 40 hektar untuk komoditas jagung terbukti menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp 1.300.000.000 pada skenario simulasi yang digunakan. Solusi optimal tersebut mencerminkan keseimbangan antara tingkat keuntungan per hektar dan kebutuhan sumber daya produksi, khususnya lahan dan pupuk. Hasil analisis kendala menunjukkan bahwa lahan dan pupuk berperan sebagai kendala mengikat (*binding constraints*), sehingga secara langsung membatasi peningkatan keuntungan yang dapat dicapai. Sebaliknya, tenaga kerja memiliki kapasitas berlebih dan tidak memengaruhi posisi solusi optimal, yang mengindikasikan bahwa penambahan tenaga kerja tidak memberikan dampak ekonomis terhadap peningkatan keuntungan. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan kinerja ekonomi sektor pertanian tidak selalu bergantung pada penambahan seluruh faktor produksi, melainkan pada identifikasi dan pengelolaan sumber daya yang benar-benar menjadi pembatas sistem. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan dasar kuantitatif yang jelas bagi pengambilan keputusan dalam perencanaan alokasi lahan pertanian, serta menunjukkan bahwa pendekatan optimasi matematis dapat berfungsi sebagai instrumen strategis untuk meningkatkan efisiensi dan profitabilitas sektor pertanian regional.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar pengelolaan usaha tani lebih memprioritaskan peningkatan kapasitas lahan dan ketersediaan pupuk, karena kedua sumber daya tersebut terbukti menjadi kendala mengikat yang secara langsung membatasi keuntungan optimal. Upaya peningkatan kapasitas dapat dilakukan melalui pengembangan lahan, pemanfaatan teknologi intensifikasi, atau perbaikan efisiensi pemupukan agar produktivitas setiap hektar dapat ditingkatkan. Selain itu, pengambilan keputusan terkait alokasi produksi sebaiknya dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif seperti *Linear Programming* untuk memastikan bahwa setiap kombinasi alokasi sumber daya menghasilkan keuntungan maksimum. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model diperluas

dengan memasukkan variabel ketidakpastian seperti fluktuasi harga, perubahan biaya *input*, maupun variabilitas produktivitas, sehingga hasil analisis dapat lebih mencerminkan kondisi nyata dan mendukung perencanaan jangka panjang yang lebih adaptif.

Referensi

- A Kristina, M. A. J. (2024). Be Careful!: Justification of work safety culture for elderly siwalan farmers. *BIO Web of Conferences*.
- Bhatia, M. (2020). *Linear Programming Approach- Application in Agriculture*.
- Bikle, D., & Christakos, S. (2020). New aspects of vitamin D metabolism and action — addressing the skin as source and target. *Nature Reviews Endocrinology*, 16(4), 234–252. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0312-5>
- BPS, B. P. S. (2025). *Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur 2024 (Angka Tetap)*. <https://jatim.bps.go.id/id/pressrelease/2025/03/03/1482/luas-panen-dan-produksi-padi-di-provinsi-jawa-timur-2024--angka-tetap-.html>
- Dahal, B., Kimmerer, C., & Hailu, G. (2024). Chapter 8 - Value added to agricultural commodities (R. Y. Yada, R. Van Acker, M. Scanlon, & D. B. T.-F. F. S. Gray (eds.); pp. 89–107). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15690-8.00010-2>
- Das, B., Singh, A., Panda, S. N., & Yasuda, H. (2015). Optimal land and water resources allocation policies for sustainable irrigated agriculture. *Land Use Policy*, 42, 527–537. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.012>
- Fabiani, V. A., Indah, F., Sari, P., & Asriza, R. O. (2020). *PENINGKATAN KUALITAS PUPUK KOMPOS DARI LIMBAH RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN STIMULATOR EM4 PADA KELOMPOK SWADAYA*. 4(November), 504–508.
- Gürçam, I. M., & Sökmen, Ö. (2022). The Role of Agricultural Sector in Food Security and Poverty Alleviation in Indonesia and Turkey. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 40(11 SE-Original Research Article), 430–436. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2022/v40i111728>
- Hernando, R. D., & Jumali, M. A. (2025). ANALISIS PENJADWALAN PROYEK PEMINDAHAN PENATAAN SELECTIVE RACKING DI GUDANG LOGISTIK MENGGUNAKAN CPM-PERT. *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (BLOGCHAIN)*, 5(2 SE-Articles), 44–50. <https://doi.org/10.55122/blogchain.v5i2.1848>
- Li, T., Chen, W., Liu, F., Yao, H., Huo, Q., Zhang, W., Yin, P., Feng, D., Yuan, J., Wang, X., & Kong, F. (2023). Benefits through Innovative Cropping Patterns in the Hilly Regions of Southwest China: An Integrated Assessment of Emergy and Economic Returns. In *Agronomy* (Vol. 13, Issue 10, p. 2640). <https://doi.org/10.3390/agronomy13102640>
- Morão, H. (2025). The economic consequences of fertilizer supply shocks. *Food Policy*, 133, 102835. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2025.102835>
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the Problem of Sustainable Food Production. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 13, p. 5488). <https://doi.org/10.3390/su12135488>
- Qiraati, M., Rafdi, M., & Sunarti, I. (2025). Impact of Agricultural Land Changes to Industrial Area in Sumberjaya District, Majalengka. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 20, 116–128. <https://doi.org/10.29313/jpwk.v20i2.4785>
- Rathi, P., Gupta, S., & Srivastav, D. S. (2024). *Linear Programming Approach: Optimization of Profit and Land Resource*.
- Rofiq, A., Syafaat, R., & Afandhi, A. (2025). *Enhancing Sustainable Agricultural Land Protection Through Community Engagement : A Case Study of Malang Regency , Indonesia*. 36(December), 211–223. <https://doi.org/10.21776/ub.habitat.2025.036.3.17>
- Singh, B. J., Chakraborty, A., & Sehgal, R. (2023). A systematic review of industrial wastewater management: Evaluating challenges and enablers. *Journal of Environmental Management*, 348, 119230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119230>
- Suh, D. H., & Moss, C. B. (2021). Examining the Input and Output Linkages in Agricultural Production

- Systems. In *Agriculture* (Vol. 11, Issue 1, p. 54). <https://doi.org/10.3390/agriculture11010054>
- Verona, L., Diana, N. E., & Djajadi, D. (2021). Analisis Tanggapan Petani terhadap Introduksi Varietas Unggul Baru Tembakau Madura. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat Dan Minyak Industri*, 1, 26–35. <https://doi.org/10.21082/btsm.v13n1.2021.%p>
- Zhang, Z., Ghazali, S., Miceikienė, A., Zejak, D., Choobchian, S., Pietrzykowski, M., & Azadi, H. (2023). Socio-economic impacts of agricultural land conversion: A meta-analysis. *Land Use Policy*, 132, 106831. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106831>