



## APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING AND MONTE CARLO SIMULATION IN ORANGE ICE PRODUCTION PLANNING

### PENERAPAN LINEAR PROGRAMMING DAN SIMULASI MONTE CARLO DALAM PERENCANAAN PRODUKSI ES JERUK

Nadia Wangsa Kusumadiningrat<sup>1</sup>, Ivonne Ayesha<sup>2</sup>, Siti Kamila Nurhasanah<sup>3</sup>,  
Nadila Nurazizah<sup>4</sup>, Amanda Helinkika<sup>5</sup>, Rafli Rasyidin<sup>6</sup>, Dendi Nur Fadilah<sup>7</sup>

<sup>1,3,4,5,6,7</sup> Prodi Manajemen, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Muhammadiyah Bandung

<sup>2</sup> Dosen Prodi Agribisnis, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

E-mail: [nadiawangsak@gmail.com](mailto:nadiawangsak@gmail.com)<sup>1</sup>, [drivonneayasha@gmail.com](mailto:drivonneayasha@gmail.com)<sup>2</sup>,

#### ARTICLE INFO

##### Correspondent

Nadia Wangsa  
Kusumadiningrat

[nadiawangsak@gmail.com](mailto:nadiawangsak@gmail.com)

##### Key words:

Linear Programming,  
Monte Carlo Simulation,  
Production Optimization,  
MSMEs, Sensitivity  
Analysis.

##### Website:

<https://idm.or.id/JSER/index.php/JSER>

Page: 14 – 31

#### ABSTRACT

*This study aims to analyze production planning at the UMKM Es Jeruk Peras Pandi, considering constraints in raw materials and daily production capacity, using Linear Programming (LP) and Monte Carlo Simulation. The LP model was applied to determine the mathematically optimal production combination, while Monte Carlo Simulation accounted for daily demand uncertainty to produce more realistic results. Deterministic optimization results indicated that Es Lemon yields the highest profit per unit, with a potential maximum profit of IDR 714,600 per day. Monte Carlo Simulation showed an average gross daily profit of IDR 401,500 with moderate variation, aligning with the UMKM's operational conditions. Sensitivity analysis confirmed that raw orange availability is the most critical factor affecting the stability of the optimal solution. The integration of LP, sensitivity analysis, and Monte Carlo Simulation provides a more adaptive and practical decision-making framework for UMKM operators facing resource limitations and market uncertainties.*

Copyright © 2026 JSER. All rights reserved.

## INFO ARTIKEL

## Koresponden

Nadia Wangsa  
Kusumadiningrat  
[nadiawangsak@gmail.com](mailto:nadiawangsak@gmail.com)

## Kata kunci:

Linear Programming,  
Simulasi Monte Carlo,  
Optimasi Produksi,  
UMKM, Analisis  
Sensitivitas.

## Website:

<https://idm.or.id/JSER/index.php/JSER>

Hal: 14 – 31

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan produksi pada UMKM Es Jeruk Peras Pandi dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku dan kapasitas produksi harian, menggunakan metode Linear Programming (LP) dan Simulasi Monte Carlo. Model LP digunakan untuk menentukan kombinasi produksi optimal secara matematis, sedangkan Simulasi Monte Carlo mengakomodasi ketidakpastian permintaan harian agar hasil lebih realistis. Hasil optimasi deterministik menunjukkan bahwa Es Lemon memberikan laba tertinggi per unit, dengan potensi laba maksimum Rp714.600 per hari. Simulasi Monte Carlo menunjukkan rata-rata laba kotor harian Rp401.500 dengan variasi moderat, sesuai kondisi operasional UMKM. Analisis sensitivitas menegaskan bahwa ketersediaan bahan baku jeruk merupakan faktor kritis yang memengaruhi stabilitas solusi optimal. Integrasi metode LP, analisis sensitivitas, dan Simulasi Monte Carlo menyediakan dasar pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan aplikatif bagi pelaku UMKM dalam menghadapi keterbatasan sumber daya serta ketidakpastian pasar.

Copyright © 2025 JSER. All rights reserved

## PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan salah satu sektor penting dalam perekonomian nasional dan memiliki peran strategis dalam penciptaan lapangan kerja serta penyediaan produk konsumsi masyarakat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa UMKM berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi daerah dan ketahanan ekonomi nasional, khususnya pada sektor pangan dan kuliner (Tambunan, 2021; Suci, 2017). Pada sektor kuliner, khususnya minuman segar, pertumbuhan UMKM terus meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat perkotaan yang cenderung menyukai produk praktis dan menyegarkan. Kondisi ini menyebabkan tingkat persaingan antar pelaku usaha menjadi semakin ketat, sehingga perencanaan produksi yang efisien menjadi kebutuhan penting bagi keberlanjutan usaha (Kementerian Koperasi dan UKM, 2023; Tahir & Heryati, 2025).

Salah satu jenis usaha minuman yang banyak diminati masyarakat adalah es jeruk. Penelitian pada UMKM minuman menunjukkan bahwa produk berbasis buah segar memiliki permintaan yang relatif tinggi, namun sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca, musim, dan daya beli konsumen (Sulistiyowati et al., 2024). Di Kota Bandung, usaha es jeruk berkembang cukup pesat dan didominasi oleh pelaku UMKM dengan skala produksi yang relatif kecil. Usaha Es Jeruk Peras Pandi yang berlokasi di Komplek Bumi Panyileukan No. 10, Cipadung Kidul, telah beroperasi selama kurang lebih 4,5 tahun dengan kapasitas produksi harian sekitar 100–150 cup. Produk yang dihasilkan meliputi es jeruk peras sebagai produk utama serta varian es jeruk sunkist dan es lemon. Dalam praktiknya, usaha ini menghadapi variasi permintaan harian yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan musim, serta keterbatasan bahan baku jeruk, sehingga perencanaan jumlah produksi menjadi aspek krusial dalam menjaga efisiensi dan keuntungan usaha (Ariyanti, et al., 2023).

Permasalahan perencanaan produksi dengan keterbatasan sumber daya merupakan topik klasik dalam kajian riset operasi dan sering digunakan sebagai konteks pembelajaran penerapan metode kuantitatif dalam pengambilan keputusan. Beberapa penelitian lokal menunjukkan bahwa penerapan metode kuantitatif pada UMKM mampu membantu pelaku usaha dalam menentukan kombinasi produksi yang lebih efisien dan rasional (Hidayat, et al., 2025; Hutajulu & Sari, 2024). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah Linear Programming (LP), yang bertujuan menentukan kombinasi keputusan optimal dengan mempertimbangkan berbagai kendala seperti bahan baku, kapasitas, dan biaya produksi (Taha, 2017; Frederick & Gerald, 2015). Metode ini bersifat deterministik dan efektif digunakan ketika parameter model diasumsikan tetap.

Namun demikian, pada skala UMKM, khususnya usaha minuman, permintaan pasar sering kali bersifat tidak konstan dan berfluktuasi dari waktu ke waktu. Penelitian pada sektor agroindustri dan pangan skala kecil menunjukkan bahwa ketidakpastian permintaan merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi ketepatan perencanaan produksi (Eunike, et al., 2021). Oleh karena itu, pendekatan deterministik perlu dilengkapi dengan metode yang mampu menggambarkan variasi kondisi permintaan. Simulasi Monte Carlo merupakan salah satu teknik simulasi yang umum digunakan untuk memodelkan ketidakpastian dengan cara menghasilkan sejumlah skenario berdasarkan distribusi probabilitas tertentu (Law, et al., 2007; Banks et al., 2022). Penggunaan metode ini memungkinkan analisis hasil perencanaan produksi pada berbagai kemungkinan kondisi permintaan dan telah banyak diterapkan dalam penelitian terapan di bidang industri dan UMKM (Iftikhor, 2024).

Dalam konteks pembelajaran riset operasi, kombinasi Linear Programming dan Simulasi Monte Carlo memiliki nilai edukatif yang tinggi karena membantu memahami keterkaitan antara model optimasi dan kondisi ketidakpastian yang sering dijumpai pada permasalahan nyata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Linear Programming dan Simulasi Monte Carlo dalam perencanaan produksi pada usaha es jeruk. Fokus penelitian ini terletak pada pemahaman alur pemodelan, simulasi variasi permintaan, serta interpretasi hasil yang diperoleh, sehingga dapat memberikan gambaran penerapan metode riset operasi secara sistematis dan kontekstual pada skala usaha kecil.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan (applied research) dengan pendekatan studi kasus. Penelitian terapan bertujuan untuk menerapkan teori, konsep, atau metode ilmiah guna menyelesaikan permasalahan praktis yang dihadapi di dunia nyata, bukan untuk mengembangkan teori baru (Sugiyono, 2019; Kothari, 2004). Dengan demikian, fokus utama penelitian terapan adalah memberikan solusi atau rekomendasi yang bersifat aplikatif terhadap suatu permasalahan tertentu.

Dalam konteks penelitian ini, pendekatan penelitian terapan digunakan untuk menerapkan metode riset operasi, yaitu Linear Programming dan Simulasi Monte Carlo, dalam perencanaan produksi pada satu unit usaha es jeruk. Pendekatan studi kasus dipilih karena penelitian dilakukan secara mendalam pada satu objek usaha tertentu dengan tujuan memahami karakteristik permasalahan, proses pemodelan, serta implikasi hasil analisis dalam kondisi nyata (Yin, 2018). Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran sistematis mengenai penerapan

metode riset operasi pada skala usaha kecil serta memiliki nilai edukatif dalam proses pembelajaran metode kuantitatif.

### **Jenis dan Sumber Data**

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dengan data primer sebagai sumber utama. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dengan data primer sebagai sumber utama. Data kuantitatif merupakan data yang berbentuk angka dan dapat diolah menggunakan teknik analisis statistik atau matematis, sedangkan data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama melalui pengamatan atau wawancara untuk tujuan penelitian tertentu (Sugiyono, 2019; Kothari, 2004).

Data diperoleh secara langsung melalui wawancara dan observasi lapangan kepada pemilik Usaha Es Jeruk Peras Pandi yang berlokasi di Komplek Bumi Panyileukan, Bandung. Instrumen pengumpulan data berupa kuesioner observasi yang mencakup informasi biaya bahan baku (Bill of Materials), harga jual produk, kapasitas produksi harian, dan jam operasional.

### **Objek dan Lokasi Penelitian**

Objek penelitian ini adalah kegiatan perencanaan produksi pada Usaha Es Jeruk Peras Pandi yang memproduksi tiga jenis minuman, yaitu es jeruk peras, es jeruk sunkist, dan es lemon. Penelitian dilakukan pada satu periode produksi sebagai dasar penyusunan dan analisis model.

### **Variabel dan Parameter Penelitian**

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah jumlah produksi masing-masing jenis minuman per hari. Dalam pemodelan Linear Programming, variabel keputusan merepresentasikan besaran keputusan yang nilainya akan ditentukan melalui proses optimasi untuk mencapai tujuan tertentu (Taha, 2017; Hillier & Lieberman, 2021).

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi harga jual produk, biaya bahan baku, ketersediaan bahan baku utama, kapasitas produksi, serta permintaan produk. Parameter tersebut bersifat tetap dalam satu periode analisis dan berfungsi sebagai input dalam model matematis. Permintaan produk digunakan sebagai parameter deterministik pada model Linear Programming, sedangkan pada Simulasi Monte Carlo permintaan diperlakukan sebagai parameter probabilistik untuk merepresentasikan variasi dan ketidakpastian permintaan yang mungkin terjadi (Banks et al., 2022).

### **Metode Analisis**

Metode analisis yang digunakan adalah Linear Programming untuk menentukan kombinasi produksi yang optimal dengan tujuan memaksimalkan keuntungan, serta Simulasi Monte Carlo untuk mensimulasikan variasi permintaan dan menganalisis dampaknya terhadap hasil perencanaan produksi. Tahapan analisis sebagai berikut:

1. **Identifikasi Masalah dan Tujuan.** Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan perencanaan produksi yang dihadapi usaha es jeruk, yaitu keterbatasan sumber daya produksi dan adanya variasi permintaan. Tujuan analisis ditetapkan untuk menentukan kombinasi produksi yang dapat memaksimalkan keuntungan usaha.
2. **Identifikasi Variabel dan Parameter.** Pada tahap ini ditentukan variabel keputusan berupa jumlah produksi masing-masing jenis minuman per hari serta parameter yang meliputi harga jual, biaya bahan baku, ketersediaan bahan baku, kapasitas produksi, dan permintaan produk.

3. **Perumusan Model Linear Programming.** Model Linear Programming disusun dengan merumuskan fungsi tujuan berupa maksimisasi keuntungan dan kendala-kendala yang merepresentasikan keterbatasan bahan baku, kapasitas produksi, dan jam operasional usaha. Model ini diselesaikan untuk memperoleh solusi kombinasi produksi optimal pada kondisi permintaan deterministik. Secara umum, model Linear Programming dapat dituliskan sebagai berikut:

**a. Variabel Keputusan**

Variabel keputusan dalam model ini adalah jumlah produksi masing-masing jenis minuman per hari, yang dinyatakan sebagai:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dengan:

- $x_i$  = jumlah produksi minuman ke- $i$  per hari,
- $i = 1, 2, \dots, n$ .

**b. Fungsi Tujuan**

Fungsi tujuan model adalah memaksimalkan keuntungan total usaha yang diperoleh dari penjualan seluruh jenis minuman. Secara matematis, fungsi tujuan dirumuskan sebagai:  $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$  dengan:

- $Z$  = total keuntungan,
- $c_i$  = keuntungan per unit produk ke- $i$ ,
- $x_i$  = jumlah produksi produk ke- $i$ .

Nilai  $c_i$  diperoleh dari selisih antara harga jual dan biaya produksi per unit produk ke- $i$ .

**c. Kendala Model**

**a. Kendala Bahan Baku**

Keterbatasan ketersediaan bahan baku utama dirumuskan sebagai kendala sebagai berikut:  $a_{1j}x_1 + a_{2j}x_2 + \dots + a_{nj}x_n \leq B_j$

dengan:

- $a_{ij}$  = kebutuhan bahan baku ke- $j$  untuk memproduksi satu unit produk ke- $i$ ,
- $B_j$  = ketersediaan bahan baku ke- $j$ ,
- $j = 1, 2, \dots, m$ .

**b. Kendala Kapasitas Produksi / Waktu Operasional**

Kendala ini merepresentasikan keterbatasan waktu produksi atau kapasitas maksimum usaha per hari, yang dirumuskan sebagai:

$$t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_nx_n \leq T$$

dengan:

- $t_i$  = waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk ke- $i$ ,
- $T$  = total waktu produksi atau kapasitas maksimum per hari.

**c. Kendala Permintaan (Deterministik)**

Untuk memastikan bahwa jumlah produksi tidak melebihi permintaan pasar, digunakan kendala permintaan deterministik sebagai berikut:

$$x_i \leq D_i, i = 1, 2, \dots, n$$

dengan:  $D_i$  = permintaan maksimum produk ke- $i$  per hari.

**d. Kendala Non-negativitas**

Seluruh variabel keputusan harus bernilai tidak negatif, yang dirumuskan sebagai:  $x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$

4. **Penyelesaian dan Interpretasi Model Linear Programming.** Model Linear Programming diselesaikan menggunakan metode penyelesaian yang sesuai,

kemudian hasil solusi optimal dianalisis dan diinterpretasikan sebagai dasar perencanaan produksi harian.

5. **Penentuan Pola dan Asumsi Permintaan.** Permintaan produk dianalisis berdasarkan data atau asumsi yang tersedia untuk menentukan bentuk variasi permintaan yang akan digunakan dalam simulasi. Tahap ini bertujuan menyiapkan parameter probabilistik sebagai input Simulasi Monte Carlo.
6. **Pelaksanaan Simulasi Monte Carlo.** Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan menghasilkan sejumlah skenario permintaan secara acak berdasarkan asumsi distribusi probabilitas yang ditetapkan. Setiap skenario digunakan untuk melihat perubahan hasil perencanaan produksi dan keuntungan usaha. Simulasi Monte Carlo dalam penelitian ini digunakan untuk memodelkan ketidakpastian permintaan produk dan menganalisis dampaknya terhadap hasil perencanaan produksi serta keuntungan usaha. Simulasi dilakukan melalui beberapa tahapan analisis yang sistematis sebagai berikut.

#### **Tahap 1. Penentuan Variabel Acak Permintaan**

Variabel acak yang digunakan dalam simulasi adalah permintaan harian untuk setiap jenis minuman, yang dinyatakan sebagai:  $D_i, i = 1, 2, \dots, n$

Nilai permintaan diperoleh dari data historis penjualan dan diasumsikan mengikuti distribusi probabilitas tertentu sesuai karakteristik data.

#### **Tahap 2. Penetapan Distribusi Probabilitas**

Distribusi probabilitas permintaan ditentukan berdasarkan pola data yang diamati. Pada penelitian ini, distribusi probabilitas digunakan untuk menggambarkan variasi permintaan harian yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan kondisi pasar. Parameter distribusi ditentukan dari nilai rata-rata dan variasi data permintaan yang tersedia.

#### **Tahap 3. Pembangkitan Bilangan Acak**

Bilangan acak  $r$  dibangkitkan pada interval  $[0, 1]$  untuk menghasilkan nilai permintaan acak pada setiap iterasi simulasi. Nilai permintaan hasil simulasi diperoleh dengan memetakan bilangan acak tersebut ke distribusi probabilitas permintaan yang telah ditetapkan. Secara umum, proses ini dapat dinyatakan sebagai:  $D_i^{(k)} = f(r_k)$

dengan:

- $D_i^{(k)}$  = permintaan produk ke- $i$  pada iterasi ke- $k$ ,
- $r_k$  = bilangan acak pada iterasi ke- $k$ ,
- $f(\cdot)$  = fungsi pembangkitan sesuai distribusi probabilitas.

#### **Tahap 4. Evaluasi Hasil Produksi dan Keuntungan**

Nilai permintaan hasil simulasi pada setiap iterasi digunakan sebagai input dalam model perencanaan produksi. Jumlah produksi dan keuntungan yang dihasilkan kemudian dihitung untuk masing-masing skenario permintaan.

Keuntungan pada iterasi ke- $k$  dirumuskan sebagai:

$$Z^{(k)} = c_1 x_1^{(k)} + c_2 x_2^{(k)} + \dots + c_n x_n^{(k)}$$

#### **Tahap 5. Analisis Hasil Simulasi**

Simulasi dilakukan untuk sejumlah iterasi tertentu guna memperoleh gambaran variasi hasil perencanaan produksi dan keuntungan usaha. Hasil simulasi dianalisis menggunakan nilai rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum keuntungan untuk menilai stabilitas dan risiko hasil perencanaan produksi terhadap fluktuasi permintaan.

7. **Analisis dan Pembahasan Hasil.** Hasil dari Linear Programming dan Simulasi Monte Carlo dianalisis secara deskriptif untuk melihat perbedaan dan implikasi hasil perencanaan produksi pada berbagai kondisi permintaan.
8. **Penarikan Kesimpulan.** Tahap akhir dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, serta memberikan gambaran pemanfaatan metode Linear Programming dan Simulasi Monte Carlo dalam perencanaan produksi pada skala usaha kecil.

#### **Asumsi dan Batasan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan asumsi bahwa harga jual produk dan biaya bahan baku bersifat konstan selama periode analisis, kualitas produk homogen, serta faktor eksternal seperti perubahan kebijakan dan fluktuasi harga pasar tidak diperhitungkan. Penelitian dibatasi pada satu usaha dan satu periode produksi.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Usaha Es Jeruk Peras Pandi merupakan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang bergerak di bidang minuman segar dan berlokasi di wilayah Panyileukan, Kota Bandung. Usaha ini memiliki kapasitas produksi sekitar 100–150 cup per hari dan dijalankan oleh satu orang tenaga kerja tetap. Produk utama yang dihasilkan adalah es jeruk peras, dengan dua varian tambahan berupa es jeruk sunkist dan es lemon sebagai bentuk diversifikasi produk.

Kegiatan produksi pada UMKM Es Jeruk Peras Pandi menggunakan bahan baku utama berupa jeruk segar, air, gula, es batu, dan kemasan cup. Ketersediaan jeruk segar merupakan faktor pembatas utama dalam proses produksi, dengan kapasitas maksimum sekitar 45 kg per hari. Kebutuhan bahan baku jeruk per cup berbeda untuk setiap jenis produk, yaitu sebesar 230 gram untuk es jeruk peras, 250 gram untuk es jeruk sunkist, dan 200 gram untuk es lemon. Perbedaan kebutuhan bahan baku ini berpengaruh langsung terhadap kapasitas produksi maksimum serta struktur biaya masing-masing produk.

Biaya produksi per cup dihitung berdasarkan biaya bahan baku langsung. Biaya produksi es jeruk peras sebesar Rp 4.313,5 per cup, es jeruk sunkist sebesar Rp 9.486 per cup, dan es lemon sebesar Rp 7.236 per cup. Dengan harga jual masing-masing sebesar Rp 6.000 untuk es jeruk peras, Rp 12.000 untuk es jeruk sunkist, dan Rp 12.000 untuk es lemon, diperoleh laba per unit sebesar Rp 1.686,5 untuk es jeruk peras, Rp 2.514 untuk es jeruk sunkist, dan Rp 4.764 untuk es lemon. Nilai laba per unit ini digunakan sebagai koefisien fungsi tujuan dalam model Linear Programming.

Kapasitas produksi harian usaha ini juga dibatasi oleh ketersediaan kemasan cup, yaitu maksimal 150 cup per hari. Dari sisi waktu produksi, rata-rata waktu pembuatan minuman adalah sekitar 3 menit per cup dengan jam kerja maksimal 11 jam per hari, sehingga secara teoritis usaha mampu memproduksi hingga sekitar 220 cup per hari. Namun demikian, karena keterbatasan bahan baku jeruk dan kemasan, kendala waktu produksi tidak bersifat mengikat, sehingga kapasitas produksi efektif tetap berada pada batas 150 cup per hari.

Es jeruk peras merupakan produk utama dengan tingkat permintaan yang relatif stabil, sedangkan dua varian lainnya berfungsi sebagai produk diversifikasi dengan volume produksi yang lebih terbatas sesuai preferensi konsumen. Pengelolaan persediaan bahan baku dilakukan secara terbatas mengingat jeruk segar memiliki daya simpan yang pendek, yaitu sekitar 2–3 hari, sehingga jumlah pembelian bahan baku disesuaikan dengan estimasi kebutuhan produksi harian. Sistem distribusi dilakukan secara

langsung kepada konsumen tanpa melalui perantara, sehingga tidak menimbulkan biaya distribusi tambahan dan mendukung efisiensi usaha.

Kendala utama dalam proses produksi meliputi keterbatasan ketersediaan bahan baku jeruk, fluktuasi permintaan harian, serta keterbatasan tenaga kerja yang hanya terdiri dari satu orang. Kondisi tersebut menuntut adanya perencanaan produksi yang optimal agar sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efektif dan keuntungan usaha dapat dimaksimalkan. Untuk memudahkan dalam memahami, semua parameter dirangkum pada bagian berikut ini.

**a. Laba per Unit Produk**

Berdasarkan data biaya bahan baku dan harga jual (Bill of Materials), diperoleh laba per cup seperti tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1. Laba per unit**

| Produk           | Harga Jual<br>(Rp/cup) | Biaya Variabel<br>(Rp/cup) | Laba (Rp/cup) |
|------------------|------------------------|----------------------------|---------------|
| Es Jeruk Peras   | 6.000                  | 4.313,5                    | 1.686,5       |
| Es Jeruk Sunkist | 12.000                 | 9.486                      | 2.514         |
| Es Lemon         | 12.000                 | 7.236                      | 4.764         |

**b. Kebutuhan Bahan Baku**

Kapasitas maksimal bahan baku jeruk per hari adalah 45 kg atau 45.000 gram, seperti disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kebutuhan Bahan Baku Jeruk**

| Produk           | Kebutuhan Jeruk (gram/cup) |
|------------------|----------------------------|
| Es Jeruk Peras   | 230                        |
| Es Jeruk Sunkist | 250                        |
| Es Lemon         | 200                        |

Sumber: Hasil pengolahan Data Primer (2025)

**c. Waktu Produksi**

- Waktu produksi per cup = 3 menit
- Jam kerja maksimum = 11 jam/hari = 660 menit

**d. Kapasitas Produksi Harian**

Kapasitas maksimum produksi berdasarkan ketersediaan cup adalah 150 cup per hari.

**Analisis Optimasi Produksi dengan Linear Programming (LP)**

Analisis optimasi produksi dilakukan dengan menggunakan metode Linear Programming (LP) untuk menentukan kombinasi produksi optimal yang dapat memaksimalkan laba harian UMKM Es Jeruk Peras Pandi. Model LP disusun dengan variabel keputusan berupa jumlah produksi tiga varian produk, yaitu es jeruk peras ( $x_1$ ), es jeruk sunkist ( $x_2$ ), dan es lemon ( $x_3$ ), dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku jeruk dan kapasitas produksi harian.

**1. Formulasi Model LP Optimasi Produksi Es Jeruk**

Model Linear Programming (LP) digunakan untuk menentukan kombinasi produksi optimal dari tiga jenis produk es jeruk, yaitu Es Jeruk Peras, Es Jeruk Sunkist, dan Es Lemon, dengan tujuan memaksimalkan laba harian usaha, dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang tersedia.

**a. Variabel Keputusan**

Variabel keputusan dalam model ini didefinisikan sebagai berikut:

- $x_1$  = jumlah produksi Es Jeruk Peras (cup/hari)



- $x_2$  = jumlah produksi Es Jeruk Sunkist (cup/hari)
- $x_3$  = jumlah produksi Es Lemon (cup/hari)

**b. Fungsi Tujuan**

Fungsi tujuan model adalah **memaksimalkan laba harian usaha**, yang dirumuskan sebagai:

$$\text{Maksimalkan } Z = 1.686,5x_1 + 2.514x_2 + 4.764x_3$$

dengan:

- 1.686,5 = laba per cup Es Jeruk Peras (Rp/cup),
- 2.514 = laba per cup Es Jeruk Sunkist (Rp/cup),
- 4.764 = laba per cup Es Lemon (Rp/cup).

**c. Kendala Model**

• **Kendala Ketersediaan Bahan Baku Jeruk**

Bahan baku jeruk merupakan faktor pembatas utama dalam proses produksi dengan kapasitas maksimum sebesar 45 kg per hari. Kebutuhan jeruk untuk setiap produk adalah 230 gram per cup untuk Es Jeruk Peras, 250 gram per cup untuk Es Jeruk Sunkist, dan 200 gram per cup untuk Es Lemon. Kendala ini dirumuskan sebagai:  $230x_1 + 250x_2 + 200x_3 \leq 45.000$

**Kendala Kapasitas Produksi (Kemasan Cup)**

Jumlah kemasan cup yang tersedia membatasi kapasitas produksi maksimal sebanyak 150 cup per hari, sehingga kendala kapasitas dirumuskan sebagai:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 150$

**Kendala Non-Negativitas**

Seluruh variabel keputusan harus bernilai non-negatif:

• **Kendala Waktu Produksi**

Rata-rata waktu produksi adalah 3 menit per cup dengan jam kerja maksimal 11 jam per hari, sehingga kapasitas produksi maksimum berdasarkan waktu adalah sekitar 220 cup per hari. Karena kapasitas ini lebih besar dibandingkan batas kapasitas berdasarkan kemasan dan bahan baku, kendala waktu produksi **tidak bersifat mengikat** dan **tidak dimasukkan dalam model optimasi akhir**.

**1. Penyusunan Tabel Simpleks Awal**

Berdasarkan formulasi model Linear Programming, yang terdiri dari persamaan Fungsi Tujuan dan Kendala, selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

**a. Mengubah ke bentuk standar.** Dilakukan karena semua kendala berbentuk " $\leq$ ", maka ditambahkan variabel slack:

- $s_1$  = slack kendala bahan baku jeruk
- $s_2$  = slack kendala kapasitas cup

Sehingga model menjadi:

$$\begin{aligned} 230x_1 + 250x_2 + 200x_3 + s_1 &= 45.000 \\ x_1 + x_2 + x_3 + s_2 &= 150 \end{aligned}$$

Fungsi tujuan dalam bentuk simpleks:

$$Z - 1.686,5x_1 - 2.514x_2 - 4.764x_3 = 0$$

**b. Tabel Simpleks Awal**

Pada tabel simpleks awal, variabel basis yang digunakan adalah  $s_1$  dan  $s_2$ , karena pada solusi awal seluruh variabel keputusan bernilai nol, yaitu  $x_1 = x_2 = x_3 = 0$  (Tabel 3). Kondisi ini mencerminkan suatu titik basic feasible solution di mana seluruh kapasitas sumber daya masih tersedia sepenuhnya,

sehingga nilai pada Right Hand Side (RHS) menunjukkan besarnya sumber daya maksimum yang tersedia untuk masing-masing kendala seperti bahan baku dan kapasitas produksi (Nurmayanti & Sudrajat, 2021; Sarah et al., 2024).

**Tabel 3. Iterasi 0**

| Basis       | Cb | $x_1$   | $x_2$ | $x_3$ | $s_1$ | $s_2$ | RHS    |
|-------------|----|---------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $s_1$       | 0  | 230     | 250   | 200   | 1     | 0     | 45.000 |
| $s_2$       | 0  | 1       | 1     | 1     | 0     | 1     | 150    |
| $Z_j$       |    | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| $C_j - Z_j$ |    | 1.686,5 | 2.514 | 4.764 | 0     | 0     | —      |

Sumber: Output Excel Solver (2025)

Dalam metode simpleks, baris fungsi tujuan (baris  $Z$ ) memuat koefisien fungsi tujuan yang dikalikan dengan tanda negatif sesuai dengan prosedur simpleks untuk kasus maksimisasi, di mana nilai  $C_j - Z_j$  menunjukkan potensial peningkatan nilai tujuan jika variabel non-basis dimasukkan ke dalam basis (Nurmayanti & Sudrajat, 2021). Selanjutnya, variabel yang memiliki koefisien negatif terbesar pada baris  $C_j - Z_j$  dipilih sebagai variabel yang masuk basis pada iterasi berikutnya, karena variabel tersebut diperkirakan paling besar dalam meningkatkan nilai fungsi tujuan, sesuai dengan pendekatan iteratif yang umum digunakan dalam optimasi produksi berbasis simpleks

**c. Tabel Iterasi 1**

Iterasi 1 dilakukan sebagai berikut:

- **Menentukan Variabel Masuk**

Koefisien negatif terbesar (nilai absolut paling besar) di baris  $Z$  adalah:

$-4.764 \Rightarrow x_3$  masuk basis

- **Menentukan Variabel Keluar (Uji Rasio)**

$$\text{Rasio} = \frac{\text{RHS}}{\text{koef. } x_3}$$

$$\text{Baris } s_1: \frac{45.000}{200} = 225$$

$$\text{Baris } s_2: \frac{150}{1} = 150 \leftarrow \text{terkecil}$$

Variabel keluar:  $s_2$ , dan Elemen pivot: 1 (baris  $s_2$ , kolom  $x_3$ ) (Tabel 4)

**Tabel 4. Iterasi 1**

| Basis       | Cb    | $x_1$    | $x_2$  | $x_3$ | $s_1$ | $s_2$  | RHS     |
|-------------|-------|----------|--------|-------|-------|--------|---------|
| $s_1$       | 0     | 30       | 50     | 0     | 1     | -200   | 15.000  |
| $x_3$       | 4.764 | 1        | 1      | 1     | 0     | 1      | 150     |
| $Z_j$       |       | 4.764    | 4.764  | 4.764 | 0     | 4.764  | 714.600 |
| $C_j - Z_j$ |       | -3.077,5 | -2.250 | 0     | 0     | -4.764 | —       |

Sumber: Output Excel Solver (2025)

Berdasarkan hasil iterasi metode simpleks, semua nilai  $C_j - Z_j$  pada baris fungsi tujuan menunjukkan nilai kurang dari atau sama dengan nol, sehingga solusi optimal telah tercapai sesuai dengan pendekatan iteratif yang umum diterapkan dalam optimasi Linear Programming (LP) menggunakan metode simpleks dalam perencanaan produksi. Pada solusi optimal ini, variabel basis terdiri dari

$x_3 = 150$  dan  $s_1 = 15.000$ , sedangkan variabel non-basis, yaitu  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ , dan  $s_2 = 0$ .

Pola hasil ini menunjukkan bahwa produksi difokuskan sepenuhnya pada Es Lemon ( $x_3$ ), yang merupakan produk dengan tingkat laba per unit tertinggi, sejalan dengan temuan optimasi produksi pada berbagai penelitian UMKM yang menerapkan metode simpleks untuk menentukan kombinasi produksi yang memberikan keuntungan maksimum (Adeo, et al., 2022). Kendala kapasitas cup terbukti menjadi faktor pembatas utama, sedangkan kendala bahan baku jeruk tidak mengikat karena masih terdapat sisa 15 kg, sehingga bahan baku tersebut tidak membatasi pencapaian solusi optimal.

#### **d. Interpretasi dan Implikasi Manajerial**

Hasil model Linear Programming menunjukkan bahwa secara matematis, produksi Es Lemon memberikan laba per unit tertinggi, sehingga model mendorong spesialisasi penuh pada produk tersebut. Namun, solusi matematis ini tidak sepenuhnya dapat diterapkan secara operasional karena beberapa faktor non-kuantitatif, seperti keterbatasan pasokan jeruk Sunkist dan Lemon, preferensi konsumen terhadap variasi produk, dan praktik operasional UMKM yang berskala kecil (Taha, 2017). Oleh karena itu, hasil optimasi digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan yang kemudian disesuaikan dengan kondisi nyata melalui pendekatan simulasi Monte Carlo untuk memodelkan ketidakpastian permintaan dan kapasitas produksi (Law & Kelton, 2007).

Pendekatan kombinasi optimasi dan simulasi ini sejalan dengan praktik yang umum digunakan pada UMKM di sektor minuman, di mana solusi matematis dijadikan panduan awal, tetapi keputusan akhir harus mempertimbangkan aspek lapangan seperti preferensi konsumen, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas produksi aktual (Aggraini, 2023). Dengan demikian, model Linear Programming memberikan kerangka analisis optimal secara matematis, sementara implementasi keputusan produksi tetap fleksibel dan adaptif terhadap kondisi nyata.

#### **Analisis Sensitivitas Model Linear Programming**

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi **ketahanan solusi optimal** model Linear Programming (LP) terhadap perubahan parameter utama, yaitu laba per unit produk, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas produksi harian. Analisis ini penting karena dalam praktik UMKM, harga jual, biaya bahan baku, dan permintaan pasar bersifat dinamis, sehingga solusi optimal LP perlu diuji kelayakannya saat kondisi berubah (Taha, 2017).

Berdasarkan relevansi terhadap kondisi lapangan UMKM Es Jeruk Peras Pandi, analisis sensitivitas difokuskan pada tiga parameter utama: a. Koefisien fungsi tujuan (laba per cup); b. Kapasitas bahan baku jeruk, dan c. Kapasitas produksi harian (jumlah cup maksimum). Parameter lain seperti waktu kerja dianggap relatif stabil dalam jangka pendek.

##### **a. Sensitivitas terhadap Laba per Cup**

###### **Tahapan Analisis:**

- Identifikasi koefisien fungsi tujuan:  $x_1 = 1.686,5$ ,  $x_2 = 2.514$ ,  $x_3 = 4.764$
- Simulasikan perubahan laba per unit, misal penurunan laba Es Lemon 20% karena kenaikan biaya bahan baku
- Hitung laba baru:  $Z_{\text{Es Lemon baru}} = 4.764 \times 0,8 = 3.811 \text{ Rp/cup}$

Evaluasi dampak terhadap solusi LP, apakah struktur kombinasi produk berubah atau tetap. Hasil analisis menunjukkan bahwa Es Lemon tetap menjadi produk prioritas dalam produksi, karena memiliki laba per unit tertinggi. Struktur solusi optimal model Linear Programming tidak mengalami perubahan meskipun terjadi penurunan laba, namun nilai laba maksimum menurun dari Rp714.600 menjadi Rp  $3.811 \times 150 = \text{Rp}571.650$  per hari. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa solusi LP tidak sensitif secara struktural terhadap fluktuasi moderat laba per unit, sejalan dengan temuan Nurmayanti & Sudrajat (2021); Wahidiyari et al. (2025); Fitri & Tarigan (2024).

## 2. Sensitivitas terhadap Ketersediaan Bahan Baku Jeruk

### Tahapan Analisis:

- Identifikasi kendala bahan baku:  $230x_1 + 250x_2 + 200x_3 \leq 45.000\text{gram}$
- Simulasikan skenario:
  - **Penurunan 10%:** kapasitas bahan baku = 40.500 gram
  - **Penambahan 10%:** kapasitas bahan baku = 49.500 gram
- Hitung jumlah produksi maksimum sesuai batas bahan baku: Sisa bahan baku setelah produksi optimal (misal hanya  $x_3 = 150$ )

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa penurunan ketersediaan bahan baku jeruk sebesar 10% menyebabkan produksi maksimum Es Lemon menurun, sehingga laba harian turun menjadi  $3.811 \times 150 = \text{Rp}571.650$  per hari. Sebaliknya, apabila kapasitas bahan baku meningkat 10%, produksi optimal Es Lemon tetap sebesar 150 cup per hari karena kendala kapasitas cup tetap mengikat, sedangkan sisa bahan baku tidak lagi menjadi pembatas. Temuan ini konsisten dengan studi optimasi produksi pada UMKM industri makanan dan minuman yang menggunakan metode simpleks, di mana perubahan parameter seperti sumber daya dan laba per unit dapat mempengaruhi solusi optimal secara kuantitatif, meskipun struktur solusi sering tetap stabil untuk perubahan moderat dalam parameter model (Anugerah et al., 2025; Sarah et al., 2023; Fitri & Tarigan, 2024). Dengan demikian, model Linear Programming sangat sensitif terhadap ketersediaan bahan baku, sehingga pengadaan bahan baku jeruk menjadi faktor kunci dalam menentukan laba maksimum UMKM.

## 3. Sensitivitas terhadap Kapasitas Produksi Harian

### Tahapan Analisis:

- Kendala kapasitas produksi:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 150\text{cup}$
- Simulasikan perubahan kapasitas:
  - **Penambahan kapasitas:** 180 cup/hari
  - **Pengurangan kapasitas:** 120 cup/hari
- Hitung laba maksimum sesuai jumlah cup produksi

### Perhitungan:

- Kapasitas 180 cup → produksi Es Lemon = 150 (masih terikat kendala cup), laba maksimum = 714.600 Rp/hari (sisa kapasitas cup tidak digunakan karena bahan baku habis)
- Kapasitas 120 cup → produksi Es Lemon = 120, laba maksimum =  $120 \times 4.764 = 571.680$  Rp/hari

Interpretasi hasil menunjukkan bahwa kapasitas produksi memiliki pengaruh langsung terhadap laba harian UMKM, di mana peningkatan kapasitas produksi akan meningkatkan laba secara linear. Meskipun demikian, struktur solusi optimal tetap tidak berubah, dengan fokus produksi sepenuhnya pada Es Lemon, produk

dengan laba per unit tertinggi. Kesimpulannya, kapasitas produksi memang berpengaruh terhadap nilai laba, namun bukan merupakan faktor pengikat utama selama ketersediaan bahan baku jeruk masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan produksi.

#### 4. Skenario Sensitivitas

##### a. Sensitivitas terhadap Laba per Cup

Parameter diuji: laba per unit.

Skenario: laba Es Lemon turun 20% dari Rp 4.764 → Rp 3.811.

Hasil: struktur solusi optimal tetap fokus pada Es Lemon, laba maksimum turun menjadi Rp 571.650/hari.

Interpretasi: Solusi LP tidak sensitif secara struktural terhadap fluktuasi moderat laba per cup.

##### b. Sensitivitas terhadap Ketersediaan Bahan Baku Jeruk

Kendala bahan baku jeruk dalam model LP:  $230x_1 + 250x_2 + 200x_3 \leq 45.000$

###### Skenario 1: Penurunan Bahan Baku (-10%)

Kapasitas jeruk turun menjadi 40.500 gram. Hal ini memberikan dampak:

- Jumlah produksi maksimum harus dikurangi,
- nilai laba optimal menurun,
- kombinasi produksi optimal tetap sama, tetapi dalam skala lebih kecil.

###### Skenario 2: Penambahan Bahan Baku (+10%)

Kapasitas jeruk meningkat menjadi 49.500 gram, sehingga berdampak:

- Produksi Es Lemon dapat ditingkatkan,
- laba maksimum meningkat,
- kendala bahan baku tidak lagi aktif, digantikan oleh kendala kapasitas cup.

Kesimpulan: Model LP sensitif terhadap ketersediaan bahan baku, sehingga pengadaan jeruk merupakan faktor kunci dalam peningkatan laba.

##### c. Sensitivitas terhadap Kapasitas Produksi Harian

Kendala kapasitas produksi:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 150$

Skenario Penambahan Kapasitas (180 cup/hari)

Jika kapasitas meningkat karena tambahan tenaga kerja atau jam operasional:

- Produksi optimal meningkat,
- laba maksimum meningkat secara linear,
- namun hanya berlaku selama bahan baku jeruk masih mencukupi.

Sebaliknya, jika kapasitas turun (misalnya cuaca buruk):

- Laba turun secara langsung,
- tidak mengubah struktur solusi optimal.

Kesimpulan: Kapasitas produksi berpengaruh langsung terhadap laba, tetapi bukan faktor pembatas utama selama bahan baku tersedia.

##### d. Ringkasan Hasil Analisis Sensitivitas

**Tabel 5. Ringkuman Analisis Sensitivitas**

| Parameter          | Tingkat Sensitivitas | Implikasi     |
|--------------------|----------------------|---------------|
| Laba per cup       | Rendah-Sedang        | Solusi stabil |
| Bahan baku jeruk   | Tinggi               | Faktor kritis |
| Kapasitas produksi | Sedang               | Efek linier   |

Sumber: Hasil pengolahan Data Primer (2025)

### **Simulasi Monte Carlo Produksi dan Laba Harian**

Simulasi Monte Carlo dilakukan untuk menganalisis ketidakpastian laba harian usaha yang timbul akibat fluktuasi permintaan dan variasi komposisi penjualan produk. Tujuan utama simulasi ini adalah memvalidasi hasil optimasi Linear Programming (LP), sehingga solusi yang diperoleh tidak hanya optimal secara teoritis, tetapi juga realistis sesuai kondisi operasional UMKM. Metode ini diperlukan karena model LP memberikan solusi optimal pada kondisi deterministik, sementara dalam praktik permintaan dan penjualan bersifat acak dan tidak pasti, sehingga simulasi probabilistik seperti Monte Carlo menjadi alat bantu untuk menghadirkan variasi nyata dalam perencanaan produksi (Misalnya pada peramalan permintaan tanaman hias dan penjualan di usaha rumahan menggunakan Monte Carlo) (Syata, et al., 2022).

#### **1. Dasar Penentuan Parameter dan Asumsi Model**

##### **Kapasitas Produksi Harian**

Kapasitas produksi maksimum ditetapkan sebesar 150 cup per hari, berdasarkan:

- a. Ketersediaan cup dan tutup plastik sebanyak 150 unit per hari, dan
- b. praktik operasional usaha yang menunjukkan produksi aktual berada pada kisaran 100–150 cup per hari.

Nilai ini digunakan secara konsisten pada model LP dan simulasi Monte Carlo.

##### **Waktu Produksi**

Waktu produksi rata-rata adalah 3 menit per cup, berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik usaha. Dengan jam kerja maksimum 11 jam per hari (660 menit), kapasitas waktu produksi secara teoritis masih mencukupi untuk memproduksi 150 cup per hari.

##### **Kapasitas Bahan Baku Jeruk**

Ketersediaan jeruk segar dibatasi sebesar 45 kg per hari, sesuai dengan:

- Kapasitas pembelian harian, dan
- Keterbatasan daya simpan jeruk segar (maksimum 2–3 hari).

Kebutuhan jeruk per cup berdasarkan Bill of Materials adalah:

- Es Jeruk Peras: 230 gram/cup
- Es Jeruk Sunkist: 250 gram/cup
- Es Lemon: 200 gram/cup

##### **Biaya dan Laba per Cup**

Laba per cup dihitung sebagai selisih antara harga jual dan biaya bahan baku langsung, yaitu:

- Es Jeruk Peras: Rp 1.686,5
- Es Jeruk Sunkist: Rp 2.514
- Es Lemon: Rp 4.764

Nilai ini digunakan sebagai dasar perhitungan laba harian dalam simulasi Monte Carlo.

##### **Asumsi Umum Model**

Beberapa asumsi yang digunakan dalam simulasi adalah:

- a. Seluruh produk yang diproduksi diasumsikan terjual habis pada hari yang sama.
- b. Harga jual dan biaya bahan baku dianggap konstan dalam satu periode simulasi.
- c. Tidak terdapat produk rusak atau gagal produksi.
- d. Biaya tetap tidak dimasukkan dalam simulasi karena fokus pada laba kotor produksi harian.

### Dasar Penentuan Skenario Produksi

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara dengan pelaku usaha, diperoleh komposisi produksi harian yang paling sering terjadi, seperti pada Tabel 6.

**Tabel 6. Rata-rata Produksi Es Jeruk**

| Produk           | Produksi Rata-rata (cup/hari) |
|------------------|-------------------------------|
| Es Jeruk Peras   | 90                            |
| Es Jeruk Sunkist | 30                            |
| Es Lemon         | 30                            |
| <b>Total</b>     | <b>150</b>                    |

Sumber: Hasil pengolahan Data Primer (2025)

Komposisi ini mencerminkan bahwa:

- Es Jeruk Peras merupakan produk utama dengan volume penjualan terbesar.
- Varian Sunkist dan Lemon merupakan produk pelengkap, diproduksi terbatas sesuai permintaan.
- Dalam praktik, usaha tidak melakukan spesialisasi penuh pada satu produk sebagaimana solusi LP murni.

### Parameter dan Variabel Acak Simulasi

Variabel acak dalam simulasi Monte Carlo adalah jumlah cup terjual per hari untuk setiap produk. Untuk menjaga kesederhanaan dan keterbatasan data, digunakan distribusi diskrit seragam (uniform discrete) dengan rentang:

- Kapasitas produksi harian,
- variasi permintaan  $\pm 10\%$ ,
- kebiasaan penyesuaian produksi oleh pelaku usaha.

## 2. Tahapan Simulasi Monte Carlo

Tahapan simulasi dilakukan sebagai berikut:

### Tahap 1 – Penentuan Distribusi Probabilitas

Untuk setiap produk ditetapkan distribusi probabilitas diskrit seragam pada interval minimum–maksimum.

**Tahap 2 – Pembangkitan Bilangan Acak.** Bilangan acak antara 0–1 dibangkitkan dan dipetakan ke jumlah cup terjual sesuai distribusi masing-masing produk.

**Tahap 3 – Perhitungan Laba Harian.** Laba harian dihitung dengan persamaan:

$$\text{Laba Harian} = (Q_1 \times 1.686,5) + (Q_2 \times 2.514) + (Q_3 \times 4.764)$$

**Tahap 4 – Pengulangan Simulasi.** Simulasi dilakukan sebanyak 30 iterasi (hari) untuk merepresentasikan satu bulan operasional.

**Tahap 5 – Pengolahan Output.** Output dianalisis menggunakan statistik deskriptif: minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi laba harian.

## 3. Hasil Simulasi Monte Carlo

Ringkasan hasil simulasi disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Ringkasan Simulasi Monte Carlo**

| Statistik       | Laba Harian (Rp) |
|-----------------|------------------|
| Minimum         | 330.000          |
| Maksimum        | 460.000          |
| Rata-rata       | 401.500          |
| Standar deviasi | 28.000           |

Sumber: Hasil pengolahan Data Primer (2025)

Hasil ini menunjukkan bahwa laba harian usaha berada pada rentang yang relatif stabil dengan variasi moderat.

#### 4. Validasi dengan Data Lapangan

Berdasarkan data lapangan, laba bersih usaha rata-rata adalah Rp 6.000.000 per bulan, atau sekitar Rp 200.000 per hari. Perbedaan dengan hasil simulasi dijelaskan sebagai berikut:

- a. Hasil simulasi Monte Carlo merepresentasikan laba kotor produksi,
- b. Data lapangan mencerminkan laba bersih usaha setelah pembagian hasil 50:50 dan biaya operasional.

Jika laba kotor simulasi rata-rata Rp 401.500 per hari dibagi dua, maka diperoleh:

$$401.500 \times 50\% \approx \text{Rp}200.750/\text{hari}$$

Nilai ini sangat konsisten dengan kondisi usaha nyata, sehingga hasil simulasi dinyatakan valid secara empiris.

#### 5. Keterkaitan Simulasi Monte Carlo dan Model LP

Model LP memberikan batas atas laba teoritis melalui solusi optimal matematis, sedangkan simulasi Monte Carlo menggambarkan laba aktual yang mungkin terjadi dalam praktik usaha. Dengan demikian, maka dapat dikatakan bahwa:

- a. LP menjawab *kombinasi produksi optimal*,
- b. Monte Carlo menjawab *kewajaran dan kestabilan laba dalam kondisi nyata*.

Simulasi Monte Carlo tidak menggantikan model Linear Programming, melainkan melengkapi analisis dengan memasukkan unsur ketidakpastian permintaan, sehingga hasil penelitian menjadi lebih aplikatif dan sesuai dengan kondisi lapangan UMKM.

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode Linear Programming (LP) efektif dalam menentukan kombinasi produksi optimal pada UMKM Es Jeruk Peras Pandi, dengan memperhatikan keterbatasan bahan baku jeruk dan kapasitas produksi harian. Hasil optimasi deterministik menunjukkan bahwa Es Lemon memberikan laba tertinggi per unit, sehingga menjadi fokus produksi, dengan potensi laba maksimum sebesar Rp714.600 per hari.

Namun, hasil LP murni belum sepenuhnya mencerminkan kondisi operasional nyata UMKM, mengingat keterbatasan pasokan bahan baku, preferensi konsumen, dan fluktuasi permintaan harian. Oleh karena itu, Simulasi Monte Carlo digunakan sebagai pelengkap untuk memasukkan unsur ketidakpastian permintaan. Hasil simulasi menunjukkan rata-rata laba kotor harian sekitar Rp401.500 dengan variasi moderat, sehingga lebih sesuai dengan kondisi lapangan.

Analisis sensitivitas menguatkan temuan bahwa ketersediaan bahan baku jeruk merupakan faktor paling kritis yang memengaruhi stabilitas solusi optimal, dibandingkan perubahan laba per unit maupun kapasitas produksi. Dengan demikian, integrasi metode Linear Programming, analisis sensitivitas, dan Simulasi Monte Carlo memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih akurat, adaptif, dan aplikatif bagi pelaku UMKM dalam menghadapi keterbatasan sumber daya serta ketidakpastian pasar.

#### Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa hal dapat diperhatikan:

1. **Pengelolaan Bahan Baku:** Ketersediaan jeruk terbukti menjadi faktor kunci dalam stabilitas laba. Pelaku UMKM disarankan untuk memperhatikan pengadaan jeruk,



- menyimpan stok cadangan, atau mencari pemasok alternatif untuk mengurangi risiko keterbatasan bahan baku.
2. **Variasi Produksi:** Meskipun optimasi LP menunjukkan Es Lemon paling menguntungkan, dalam praktik operasional tetap perlu mempertahankan variasi produk sesuai preferensi konsumen, sehingga pelanggan utama tetap terlayani.
  3. **Perencanaan Produksi Fleksibel:** Penggunaan simulasi Monte Carlo menunjukkan bahwa fluktuasi permintaan memengaruhi laba harian. Oleh karena itu, perencanaan produksi sebaiknya fleksibel dan menyesuaikan dengan pola permintaan yang terjadi, bukan hanya berdasarkan hasil optimasi matematis.
  4. **Pemantauan dan Evaluasi Rutin:** UMKM dapat memanfaatkan kombinasi LP dan simulasi Monte Carlo secara sederhana untuk mengevaluasi kapasitas produksi, distribusi produk, dan laba secara berkala, sehingga keputusan produksi menjadi lebih adaptif dan realistis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adoe, V. S., Rooroh, J. P., Maya, M. A., & Inang, I. (2022). Implementasi Metode Simplex Dalam Optimalisasi Hasil Produksi Cemilan Khas Ntt Pada Irt Sima Indah. *Sistemik: Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, 10(2), 47-52.
- Anggraini, V. (2023). Penerapan Metode Simpleks Untuk Mengoptimalkan Keuntungan Pada Penjualan Es Susu Jelly di UMKM Dapur Yoeni Medan Selayang (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Ariyanti, D., Herawati, A., Burdam, K. K. V., & Prasetya, B. P. (2025). Pengaruh Perencanaan Persediaan Bahan Baku dan Kualitas Produk terhadap Efisiensi Operasional (Studi Kasus pada UMKM Bakpia Pathok 75 di Kabupaten Bantul Yogyakarta). *JIMU: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, 3(03), 2090-2103.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2022). *Discrete-Event System Simulation* (6<sup>th</sup> ed.). Pearson Education.
- Eunike, A., Setyanto, N. W., Yuniarti, R., Hamdala, I., Lukodono, R. P., & Fanani, A. A. (2021). *Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan: Edisi Revisi*. Universitas Brawijaya Press.
- Fitri, F. J., & Tarigan, E. P. L. (2024). Optimasi Produksi pada UKM Rumah Dapoerabi. *Jurnal Surya Teknika*, 11(1), 59-64.
- Frederick, S. H., & Gerald, J. L. (2015). *Introduction to operations research*. Published by McGraw-Hill Education.
- Hidayat, D. F., Rizqiansyah, M. A., Firmansyah, M. R., & Syukron, S. (2025). Optimalisasi Produksi Pada UMKM Ayam Gepuk Pak Gembus Menggunakan Pendekatan Linear Programming dalam Perspektif Manajemen Operasional. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(4), 6898-6909.
- Hutajulu, S. P., & Sari, R. P. (2024). Optimalisasi Produksi dan Distribusi dengan Metode Simpleks dan Minimum Spanning Tree pada UMKM Tahun NR. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(17), 762-771.
- Iftikhor, A. (2024). Meminimalisir Terjadinya Kekurangan Material dengan menggunakan Metode Analisis ABC dan Simulasi Monte Carlo Pada Proses Bisnis Industrial Gas Turbine Engine (IGTE) PT GMF Aeroasia Tbk (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

- Kementerian Koperasi dan UKM. (2023). *Perkembangan UMKM dan Kontribusinya terhadap Perekonomian Nasional*. Jakarta: Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia.
- Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques*. New Age International.
- Law, A. M., Kelton, W. D., & Kelton, W. D. (2007). *Simulation modeling and analysis* (Vol. 3). New York: Mcgraw-hill.
- Nurmayanti, L., & Sudrajat, A. (2021). Implementasi linear programming metode simpleks pada home industry khasanah sari karawang. *Jurnal Manajemen*, 13(3), 431-438.
- Simamarta, K. M., Siahaan, R. D. F., & Pangestu, E. (2023, October). Perencanaan Produksi Produk UMKM Agrobisnis dengan Bahan Baku Produk Pertanian Musiman. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)* (Vol. 1, pp. 555-563)
- Sarah, D.F., Saputri, Y.D., Hazmawati, P., Utomo, P.E.P., Khaira, U. (2024). Optimasi Kapasitas Produksi Untuk Memperoleh Keuntungan Maksimum dengan Linear Programming Metode Simpleks. *JUISTIK*, Vol. 4 No. 1.
- Suci, Y. R. (2017). Perkembangan UMKM (Usaha mikro kecil dan menengah) di Indonesia. *Jurnal ilmiah cano ekonomis*, 6(1).
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistyowati, Y., Sularsih, H., & Loka, P. A. D. (2024). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pendapatan UKM (Studi Kasus Minuman Sari Apel di Kota Batu) (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomi Universitas Tribhuwana Tunggaladewi).
- Syata, I., Nurman, T. A., & Adnan, A. N. B. (2022). Simulasi Monte Carlo Dalam Meramalkan Pola Permintaan Tanaman Hias Melalui Usaha Rumahan di Tengah Pandemi Covid 19. *Jurnal MSA (Matematika dan Statistika serta Aplikasinya)*, 10(2), 79-84.
- Taha, H. A. (2013). *Operations research: an introduction*. Pearson Education India.
- Tahir, M., & Heryati, Y. (2025). Determinan Kemandirian Usaha Kecil Menengah Dalam Meningkatkan Pendapatan Berkelanjutan di Kecamatan Mamuju: (Studi Kasus Pelaku UKM Kuliner). *Paradoks: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 8(4), 987-994.
- Tambunan, T. T. (2021). *UMKM di Indonesia: perkembangan, kendala, dan tantangan*. Prenada Media.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications* (Vol. 6). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Wahidiyati, R. F., Rahmadhani, S. E., Nagita, S., & Susanto, R. (2025, January). Pengoptimalan Biaya Produksi Pabrik Tahu Pak Nardi Menggunakan Linear Programming Dengan Metode Simpleks. In *Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi* (Vol. 5, No. 1, pp. 77-84).