Journal of Social and Economics Research
Volume 8, Issue 1, June 2026
P-ISSN: 2715-6117 E-ISSN: 2715-6966
Open Access at: https://idm.or.id/JSER/index.php/JSER

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING AND PERT/CPM IN OPTIMIZING BEVERAGE PRODUCTION AT DUNIA STRAWBERRY MSME

PENERAPAN LINEAR PROGRAMMING DAN PERT/CPM DALAM OPTIMALISASI PRODUKSI MINUMAN PADA UMKM DUNIA STRAWBERRY

Hanifa Aulia[1], Ivonne Ayesha[2], Pina Nuraeni[3], Karmelia Rafensky P.[4], Azmi Aufal M.[5], Wanda Arunia[6], Fahdah Athifah[7], Aldi Misbahul M.[8]

[1,3,4,5,6,7,8] Prodi Manajemen, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Muhammadiyah Bandung
[2] Dosen Prodi Agribisnis, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung
E-mail: nadiawangsak@gmail.com[1], drivonneayesha@gmail.com[2] ,

ARTICLE INFO

Correspondent

Hanifa Aulia
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: 32 – 48

ABSTRACT

This study aims to (1) determine the optimal production combination at Dunia Strawberry MSME using the Linear Programming method, (2) analyze the stability of the solution through sensitivity analysis, and (3) evaluate the feasibility of the production schedule using the PERT/CPM method. Data were collected through direct observation, interviews with the business owner, and time measurement of production activities. The Linear Programming model was formulated with the objective function of profit maximization and solved using the Simplex method. The results indicate that the optimal production combination is 60 units of large cups per day with a maximum profit of IDR 1,320,000. Sensitivity analysis reveals that capacity constraint is the main binding factor with a shadow price of IDR 22,000, while the working time constraint is non-binding. Scenario simulations with capacity increases to 70 and 80 cups demonstrate a linear profit growth without changes in the optimal solution structure. The PERT/CPM analysis identifies nine production activities arranged in a single critical path with a total completion time of 16.19 minutes and zero slack time, indicating that time control for each activity is crucial. This study confirms that the integration of Linear Programming and PERT/CPM provides a more rational basis for determining production quantity and operational scheduling in beverage MSMEs. The findings are expected to serve as a practical reference for MSME practitioners in improving efficiency and business profitability.

Copyright © 2026 JSER. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Hanifa Aulia
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: 32 – 48

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan kombinasi produksi optimal pada UMKM Dunia Strawberry menggunakan metode Linear Programming, (2) menganalisis stabilitas solusi melalui analisis sensitivitas, serta (3) mengevaluasi kelayakan jadwal proses produksi menggunakan metode PERT/CPM. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan pemilik usaha, dan pencatatan waktu aktivitas produksi. Model Linear Programming disusun dengan fungsi tujuan memaksimalkan keuntungan dan diselesaikan menggunakan metode Simpleks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimal adalah 60 unit cup besar per hari dengan keuntungan maksimum sebesar Rp1.320.000. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kendala kapasitas merupakan faktor pembatas utama dengan nilai shadow price sebesar Rp22.000, sedangkan kendala waktu kerja bersifat tidak aktif. Simulasi skenario peningkatan kapasitas hingga 70 dan 80 cup memperlihatkan potensi kenaikan laba secara linear tanpa perubahan struktur solusi. Hasil analisis PERT/CPM mengidentifikasi sembilan aktivitas produksi yang tersusun dalam satu jalur kritis dengan total waktu penyelesaian 16,19 menit dan slack time nol, sehingga pengendalian waktu pada setiap aktivitas menjadi krusial. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi Linear Programming dan PERT/CPM mampu memberikan dasar keputusan yang lebih rasional dalam penentuan jumlah produksi sekaligus penjadwalan operasional pada UMKM minuman. Temuan ini diharapkan dapat menjadi rujukan praktis bagi pelaku UMKM dalam meningkatkan efisiensi dan profitabilitas usaha..

Copyright © 2025 JSER. All rights reserved

PENDAHULUAN

Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) merupakan salah satu penggerak utama perekonomian, terutama di sektor pangan dan minuman. Menurut Kementerian Koperasi dan UKM (2022), UMKM berkontribusi besar terhadap penyerapan tenaga kerja dan pertumbuhan ekonomi nasional. Namun demikian, sektor ini juga memiliki karakteristik keterbatasan sumber daya, baik dari sisi waktu, tenaga kerja, maupun kapasitas produksi, sehingga memerlukan pengelolaan operasi yang efisien.

Dalam kajian manajemen operasi, perencanaan produksi yang baik berperan penting dalam menentukan tingkat efisiensi dan keuntungan usaha. Heizer dan Render (2017) menyatakan bahwa keputusan produksi yang tidak didasarkan pada analisis kuantitatif cenderung menyebabkan pemborosan sumber daya dan ketidakseimbangan antara kapasitas produksi dan permintaan pasar. Oleh karena itu, metode optimasi seperti Linear Programming banyak digunakan untuk membantu pengambilan keputusan produksi secara rasional dan terukur (Taha, 2011).

Dunia Strawberry merupakan salah satu UMKM minuman berbasis buah yang memiliki permintaan harian relatif stabil. Meskipun demikian, aktivitas produksinya tetap

dihadapkan pada keterbatasan waktu dan kapasitas kerja. Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian Natali et al. (2024) yang menyebutkan bahwa UMKM pangan skala kecil sering mengalami kendala dalam menentukan kombinasi produksi yang optimal akibat keterbatasan sumber daya.

Selain penentuan jumlah produksi, pengelolaan waktu setiap tahapan proses produksi juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi operasional. Metode PERT dan CPM merupakan alat bantu manajemen proyek yang digunakan untuk menganalisis alur kerja dan mengidentifikasi aktivitas kritis yang mempengaruhi total waktu penyelesaian proses (Kerzner, 2019). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PERT/CPM mampu membantu usaha kecil dalam meminimalkan keterlambatan dan meningkatkan pengendalian waktu produksi.

Berdasarkan pemikiran tersebut, penelitian ini menerapkan metode Linear Programming untuk menentukan kombinasi produksi yang optimal serta metode PERT/CPM untuk menganalisis alur dan waktu proses produksi pada usaha Dunia Strawberry. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi pelaku UMKM dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan kualitas pengambilan keputusan operasional, serta memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan kajian manajemen operasi pada usaha minuman skala kecil.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis Penelitian termasuk kuantitatif. Penelitian kuantitatif berlandaskan pada falsafah positivisme, digunakan untuk penelitian pada populasi dan sampel tertentu. Penelitian kuantitatif digunakan untuk meyakinkan sebuah fakta atau membuat prediksi sebuah teori (Sugiyono, 2018). Pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis. Data dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan pendekatan Linear Programming dan metode PERT/CPM.

Jenis dan sumber data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan pemilik usaha Dunia Strawberry terkait proses produksi, waktu kerja, dan kapasitas produksi. Data sekunder diperoleh dari buku teks, jurnal ilmiah, dan publikasi resmi yang relevan dengan topik manajemen operasi, Linear Programming, serta PERT/CPM.

Objek dan Lokasi penelitian

Objek penelitian ini adalah proses produksi minuman pada usaha Dunia Strawberry. Penelitian dilaksanakan di lokasi usaha Dunia Strawberry yang beroperasi di Kota Bandung. Pemilihan objek dan lokasi penelitian didasarkan pada ketersediaan data serta kesesuaian karakteristik usaha dengan metode analisis yang digunakan.

Metode Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis Linear Programming (LP) dan PERT/CPM, yang relevan dalam manajemen operasi untuk optimasi produksi dan pengelolaan waktu proses produksi. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Linear Programming**
   Linear Programming adalah metode optimasi matematis untuk menentukan **solusi terbaik (optimal)** dari suatu masalah dengan **fungsi tujuan linear**, di bawah

serangkaian kendala linear (Taha, 2011). LP digunakan untuk membantu pengambilan keputusan produksi secara rasional dan efisien.

a. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dapat dirumuskan secara umum sebagai berikut:

$$\text{Maksimum (atau Minimum) } Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \cdots + c_nX_n$$

Keterangan:

Z = nilai fungsi tujuan (misal keuntungan atau biaya)

X_i = variabel keputusan i

c_i = koefisien kontribusi variabel keputusan terhadap fungsi tujuan

b. Fungsi Kendala

Kendala dalam LP berbentuk persamaan atau pertidaksamaan linear:

- Kendala sumber daya 1: $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n \leq b_1$
- Kendala sumber daya 2: $a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2n}X_n \leq b_2$

  ...(untuk kendala tambahan)
- Kendala non-negativitas: $X_i \geq 0$ untuk semua i

Model Linear Programming diselesaikan menggunakan metode Simpleks, karena metode ini merupakan algoritma standar yang efisien untuk menyelesaikan masalah optimasi linear dengan beberapa variabel keputusan dan kendala linear (Taha, 2011). Metode Simpleks memungkinkan peneliti menemukan kombinasi variabel keputusan yang memberikan nilai fungsi tujuan maksimum atau minimum secara sistematis, serta dapat menangani kendala yang kompleks dan variabel non-negatif. Pendekatan ini banyak digunakan dalam penelitian manajemen operasi dan optimasi produksi karena keakuratannya dalam menentukan solusi optimal (Hillier & Lieberman, 2021). Adapun tahapan analisis Linier Programming, sebagai berikut:

a. Membuat bentuk baku (standard form)

Jika dalam model ditemukan persamaan kendala ≤ atau ≥, ubah ke bentuk persamaan dengan menambahkan **variabel slack, surplus, atau artifisial**. Tujuannya agar persamaan siap untuk algoritma Simpleks.

Contoh:

- Kendala ≤ → tambahkan variabel slack S_i
- Kendala ≥ → kurangi variabel surplus $S_i$dan tambahkan variabel artifisial A_i

b. Menyusun tabel Simpleks awal (Initial Simplex Table)

Masukkan **fungsi tujuan** dan semua kendala dalam bentuk tabel. Selanjutnya tentukan **variabel basis** awal (biasanya variabel slack atau artifisial).

c. Menentukan variabel masuk (entering variable)

Pilih variabel dengan **koefisien negatif terbesar** di baris fungsi tujuan (untuk masalah maksimisasi). Variabel ini akan dimasukkan ke basis pada iterasi berikutnya.

d. Menentukan variabel keluar (leaving variable)

Hitung rasio $\frac{\text{nilai RHS kendala}}{\text{koefisien variabel masuk}}$untuk setiap kendala positif.

Variabel dengan rasio terkecil **keluar dari basis**.

e. Iterasi Simpleks

Lakukan pivoting untuk memperbarui tabel. Ulangi langkah menentukan variabel masuk dan keluar sampai **tidak ada koefisien negatif di fungsi tujuan** (untuk maksimisasi).

f. Menentukan solusi optimal

Setelah iterasi terakhir, baca **nilai variabel keputusan** dan **nilai fungsi tujuan maksimal/minimal** dari tabel Simpleks terakhir.

2. **Analisis sensitivitas (Sensitivity Analysis)**
   Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji sejauh mana solusi optimal yang diperoleh melalui metode Simpleks tetap bertahan apabila terjadi perubahan pada parameter model. Menurut Taha (2011), solusi Linear Programming tidak bersifat mutlak, melainkan sangat bergantung pada nilai koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan kendala. Oleh karena itu, analisis sensitivitas diperlukan agar rekomendasi produksi yang dihasilkan tidak hanya optimal secara matematis, tetapi juga adaptif terhadap dinamika kondisi riil usaha.

   Hillier (2005) menjelaskan bahwa analisis sensitivitas berfungsi menjawab dua pertanyaan utama: (1) seberapa besar perubahan koefisien keuntungan yang masih mempertahankan struktur solusi optimal, dan (2) kendala mana yang paling menentukan (binding constraint) terhadap perubahan keuntungan. Dalam konteks UMKM, informasi ini penting karena harga jual, biaya bahan baku, maupun kapasitas produksi sering mengalami fluktuasi (Pangabean et al., 2024).

   Pendekatan ini sejalan dengan pendapat Winston (2004) yang menyatakan bahwa sensitivitas terhadap koefisien tujuan dan RHS kendala merupakan inti evaluasi pasca-optimasi dalam Linear Programming. Setelah solusi optimal diperoleh melalui LP, dilakukan analisis sensitivitas untuk mengevaluasi dampak perubahan parameter terhadap solusi optimal**.** Analisis ini sangat penting untuk memahami **batas fleksibilitas keputusan produksi**, misalnya jika:

   - Koefisien fungsi tujuan (keuntungan per unit) berubah
   - Kapasitas sumber daya berubah
   - Ketersediaan waktu atau bahan baku berubah

   Dengan analisis sensitivitas, manajer dapat:
   - Menentukan **parameter kritis** yang paling mempengaruhi keuntungan atau efektivitas produksi
   - Menyusun strategi adaptif bila terjadi perubahan kondisi produksi
   - Mengantisipasi risiko pemborosan sumber daya atau penurunan keuntungan

   Secara umum, analisis sensitivitas LP dapat dilakukan dengan memeriksa **range of optimality** untuk koefisien fungsi tujuan dan **range of feasibility** untuk kendala (Taha, 2011). Pada penelitian ini, analisis sensitivitas difokuskan pada tiga aspek utama:
   1. Perubahan koefisien fungsi tujuan (keuntungan per unit X_1 dan X_2) atau cj
   2. Perubahan nilai ruas kanan kendala kapasitas produksi, b_i
   3. Nilai bayangan kendala (shadow price).

3. **Analisis Jaringan Kerja dengan PERT/CPM**
   Metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method) digunakan untuk menganalisis waktu dan urutan aktivitas produksi. PERT/CPM memungkinkan identifikasi **jalur kritis**, yaitu rangkaian aktivitas yang menentukan total durasi produksi, serta menghitung **slack time** yang menunjukkan waktu kelonggaran tiap aktivitas (Kerzner, 2019). Tahapan analisis PERT/CPM:

   a. **Identifikasi Aktivitas Produksi:**
      Seluruh tahapan produksi dicatat, mulai dari penyortiran bahan hingga pengemasan minuman.
   b. **Perhitungan Waktu Harapan (Expected Time):**
      Setiap aktivitas dianalisis menggunakan rumus PERT:

$$T_E = \frac{T_O + 4T_M + T_P}{6}$$

Keterangan:
T_M = waktu optimis
T_M = waktu realistis (most likely)
T_P = waktu pesimis

c. **Identifikasi Jalur Kritikal dan Slack Time**
   - Tentukan hubungan ketergantungan antaraktivitas
   - Hitung **Early Start (ES)**, **Early Finish (EF)**, **Late Start (LS)**, dan **Late Finish (LF)** untuk setiap aktivitas
   - Hitung **Slack**: Slack $= LS - ES = LF - EF$
     Aktivitas dengan slack = 0 berada pada **jalur kritis**
   - Jalur kritis menentukan durasi total proses produksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Hasil dan Pembahasan disusun mengikuti tahapan analisis yang telah dijelaskan pada bagian metode. Penyajian dilakukan secara sistematis, dimulai dengan identifikasi permasalahan dan tujuan penelitian, dilanjutkan dengan analisis optimasi produksi menggunakan Linear Programming, serta diakhiri dengan analisis jaringan kerja melalui metode PERT/CPM. Penyusunan seperti ini bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian serta menunjukkan keterkaitan yang jelas antara temuan dan metode yang digunakan.

Deskripsi Umum Usaha Minuman

1. **Lokasi Usaha**
   Usaha yang menjadi objek penelitian adalah **Dunia Strawberry**, sebuah UMKM minuman berbasis buah yang berlokasi di Jl. Raya Cipadung No.503, Cipadung Wetan, Kecamatan Panyileukan, Kota Bandung, Jawa Barat. Usaha ini dimiliki oleh Muhammad Zulfi dan mempekerjakan **dua orang pekerja**. Aktivitas produksi dilaksanakan **dua shift per hari**, masing-masing enam jam, selama tujuh hari dalam seminggu. Kapasitas produksi harian berkisar antara 40–60 cup per hari.

2. **Deskripsi Usaha dan Karakteristik Produk**
   Dunia Strawberri merupakan usaha kuliner minuman yang memproduksi berbagai varian minuman berbasis buah dalam bentuk cup. Usaha ini beroperasi dengan kapasitas produksi maksimum 60 cup per hari, didukung oleh dua tenaga kerja yang bekerja masing-masing selama 6 jam per hari, sehingga total waktu kerja harian mencapai 12 jam (720 menit). Produk yang ditawarkan terdiri dari dua jenis ukuran, yaitu cup kecil dan cup besar, dengan waktu produksi per unit berbeda: 5 menit untuk cup kecil dan 6 menit untuk cup besar.

   Dari sisi ekonomi, setiap cup kecil dijual dengan harga Rp 20.000, memiliki biaya produksi Rp 3.000, dan memberikan keuntungan sebesar Rp 17.000 per unit. Sementara itu, cup besar dijual dengan harga Rp 25.000, biaya produksi Rp 3.000, sehingga memberikan keuntungan Rp 22.000 per unit. Informasi ini penting untuk perencanaan produksi dan alokasi sumber daya, serta menjadi dasar dalam menentukan strategi optimasi produksi dan pengendalian persediaan agar laba usaha dapat dimaksimalkan.

Model Pemrograman Linier (LP)

Model Linear Programming ini dirumuskan untuk memaksimalkan total laba harian dari kombinasi produksi dua jenis minuman di Dunia Strawberri, yaitu cup kecil dan cup besar. Variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala operasional adalah sebagai berikut:

1. **Variabel Keputusan**
   X_1 = jumlah produksi cup kecil (pcs/hari)
   X_2 = jumlah produksi cup besar (pcs/hari)
2. **Fungsi Tujuan (Maximisasi Laba):** Maksimum $Z = 17.000X_1 + 22.000X_2$
3. **Kendala:**
   c. Kapasitas produksi harian: $X_1 + X_2 \leq 60$
   d. Total waktu kerja tenaga kerja (menit/hari): $5X_1 + 6X_2 \leq 720$
   e. Non-negativitas: $X_1, X_2 \geq 0$
4. **Bentuk Baku untuk Metode Simpleks:**

$$Z = 17.000X_1 + 22.000X_2 = 0$$
$$X1 + X2 + S_1 = 60$$
$$5X1 + 6X2 + S_2 = 720$$

S_1 dan S_2 adalah **variabel slack** yang merepresentasikan kapasitas produksi dan waktu kerja yang tidak terpakai. Bentuk baku ini siap digunakan dalam **iterasi metode Simpleks** untuk menentukan kombinasi produksi optimal yang memaksimalkan laba harian.

Analisis Optimasi Produksi dengan Metode Simpleks

Metode Linear Programming telah banyak digunakan untuk mengoptimalkan keputusan produksi dan alokasi sumber daya pada usaha mikro dan kecil (Fikri et al., 2021). Pendekatan ini bekerja dengan memformulasikan fungsi tujuan dan kendala linear sehingga solusi optimal dapat diperoleh melalui prosedur iteratif seperti metode Simpleks (Taha, 2017). Dalam konteks usaha kuliner, khususnya Dunia Strawberri, pendekatan LP membantu menentukan kombinasi produksi cup kecil dan cup besar yang menghasilkan laba maksimum dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas dan waktu kerja tenaga kerja (Assauri, 2018; Heizer et al., 2020).

Berdasarkan Model Linear Programming yang telah dirumuskan sebelumnya, langkah berikutnya adalah menyusun tabel Simpleks awal. Tabel ini menjadi dasar untuk melakukan iterasi dalam menentukan kombinasi produksi yang optimal. Model terdiri atas fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan serta dua kendala utama, yaitu kendala jumlah produksi maksimum dan kendala ketersediaan waktu kerja. Untuk dapat diselesaikan dengan metode Simpleks, model terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk baku dengan menambahkan variabel slack pada setiap kendala. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis ini sebagai berikut:

1. **Data Produksi dan Keuntungan**
   Tabel 1 menyajikan informasi mengenai harga jual, biaya produksi, serta keuntungan yang diperoleh dari masing-masing jenis produk. Data ini menjadi dasar dalam pembentukan fungsi tujuan, karena koefisien keuntungan per unit akan menentukan variabel mana yang lebih diprioritaskan dalam proses optimasi.

Tabel 1. Data Produksi dan Keuntungan

Jenis Produksi	Harga Jual (Rp)	Biaya Produksi (Rp)	Keuntungan (Rp)
Cup Kecil (X_1)	20.000	3.000	17.000
Cup Besar (X_2)	25.000	3.000	22.000

Sumber: Hasil observasi dan wawancara peneliti (2025)

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa produk cup besar (X_2) memberikan keuntungan sebesar Rp22.000 per unit, lebih tinggi dibandingkan cup kecil (X_1) yang hanya sebesar Rp17.000 per unit. Perbedaan tingkat keuntungan ini mengindikasikan

bahwa secara ekonomi produksi cup besar lebih menguntungkan. Namun, keputusan produksi tidak hanya ditentukan oleh besarnya keuntungan, melainkan juga harus mempertimbangkan keterbatasan kapasitas dan waktu produksi yang dimiliki usaha.

2. Kendala Produksi

Tabel 2 menggambarkan batasan sumber daya yang dihadapi dalam proses produksi, yaitu kapasitas jumlah produksi harian dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap jenis cup. Kendala ini menjadi elemen penting dalam model, karena solusi optimal harus berada dalam batas kemampuan riil usaha.

Tebel 2. Kendala Kapasistas dan Waktu Produksi

Jenis Kendala	Cup Kecil	Cup Besar	Kapasitas Maksimum
Jumlah produksi	1	1	60 cup
Waktu produksi	5 menit	6 menit	720 menit

Sumber: Hasil observasi dan wawancara peneliti (2025)

Tabel 2 menunjukkan bahwa usaha memiliki kapasitas maksimum 60 cup per hari tanpa membedakan ukuran produk. Dari sisi waktu, pembuatan satu cup kecil memerlukan 5 menit, sedangkan cup besar memerlukan 6 menit. Dengan total waktu kerja 720 menit per hari, kombinasi produksi harus disesuaikan agar tidak melebihi batas tersebut. Informasi ini kemudian diformulasikan menjadi kendala matematis pada model Linear Programming.

3. Tabel Simpleks Awal

Setelah fungsi tujuan dan kendala dirumuskan, langkah selanjutnya adalah menyusun tabel Simpleks awal. Pada tahap ini variabel slack S_1 dan S_2 ditambahkan untuk mengubah bentuk pertidaksamaan menjadi persamaan, sehingga model dapat diproses dengan algoritma Simpleks.

Tebel 3. Tabel Simpleks Awal (Iterasi 0)

Basis	X_1	X_2	S_1	S_2	NK
S_1	1	1	1	0	60
S_2	5	6	0	1	720
Z	-17.000	-22.000	0	0	0

Sumber: Hasil pengolahan data dengan Excel Solver (2025)

Keterangan:

- S_1 dan S_2 adalah variabel slack untuk kapasitas dan waktu
- NK = Right-Hand Side (batas kendala)
- Koefisien negatif terbesar di baris Z → –22.000 pada X_2
- X_2 = entering variable

Tabel Simpleks awal menunjukkan bahwa variabel basis pertama adalah S_1 dan S_2, yang merepresentasikan sisa kapasitas produksi dan sisa waktu kerja. Pada baris fungsi tujuan masih terdapat koefisien negatif, yaitu –17.000 pada X_1 dan –22.000 pada X_2. Sesuai aturan Simpleks untuk kasus maksimasi, variabel dengan koefisien negatif terbesar secara absolut dipilih sebagai entering variable. Oleh karena itu, X_2 dipilih untuk masuk ke dalam basis karena memiliki kontribusi peningkatan keuntungan paling besar.

4. Uji Rasio (Menentukan Leaving Variable)

Untuk menentukan variabel mana yang harus keluar dari basis, dilakukan uji rasio antara nilai kanan (NK) dengan koefisien pada kolom X_2. Hasil perhitungan

menunjukkan rasio baris pertama sebesar 60/1 = 60 dan rasio baris kedua sebesar 720/6 = 120. Berdasarkan prinsip rasio terkecil, baris pertama terpilih sebagai leaving variable, sehingga variabel S_1 digantikan oleh X_2. Elemen pivot yang digunakan adalah angka 1 pada perpotongan baris pertama dan kolom X_2.

Rasio baris 1 = 60/1 = 60
Rasio baris 2 = 720/6 = 120
Rasio baris 2 = 720/6 = 120

Rasio terkecil = 60 → baris S1 keluar
Pivot element = 1 (baris 1 kolom X_2)

5. **Iterasi 1 – Pivot**
Pada tahap ini, baris pivot (S1) diubah menjadi baris X_2, sehingga diperoleh hasil seperti diperlihatkan pada Tabel 4. Setelah elemen pivot ditentukan, dilakukan operasi baris elementer untuk mengubah kolom X_2 menjadi vektor identitas. Proses ini bertujuan agar variabel X_2 dapat menjadi variabel basis dengan nilai yang memenuhi seluruh kendala. Operasi eliminasi dilakukan terhadap baris lain termasuk baris fungsi tujuan sehingga seluruh koefisien pada kolom X_2, selain pada baris pivot, bernilai nol.

Tabel 4. Iterasi 1-Pivot

Basis	X1	X2	S1	S2	NK
X2	1	1	1	0	60
S2	5	6	0	1	720
Z	-17.000	-22.000	0	0	0

Sumber: Hasil pengolahan data dengan Excel Solver (2025)

Selanjutnya dilakukan eliminasi agar kolom X_2 hanya bernilai 1 di baris pivot dan 0 di baris lain

6. **Hasil Setelah Operasi Baris**
Setelah dilakukan eliminasi, maka diperoleh hasil seperti disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Operasi Baris Pivot

Basis	X1	X2	S1	S2	NK
X2	0	1	1	-1/6	60
S2	0	0	-5	1	360
Z	0	0	22.000	3.667	1.320.000

Sumber: Hasil pengolahan data dengan Excel Solver (2025)

7. **Iterasi dan Tabel Simpleks Optimal**
Pada baris fungsi tujuan tidak lagi ditemukan koefisien negatif, yang berarti kondisi optimal telah tercapai. Hasil iterasi menghasilkan tabel Simpleks optimal, secara lengkap ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Optimal Simpleks

Basis	X_1	X_2	S_1	S_2	NK
X_2	0	1	1	-1/6	60
S_2	0	0	-5	1	360
Z	0	0	22.000	3.667	1.320.000

Sumber: Hasil pengolahan data dengan Excel Solver (2025)

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel simplek optimal (Tabel 6), diketahui bahwa variabel yang berada dalam basis adalah X_2 dengan nilai 60, sedangkan X_1 bernilai nol. Nilai fungsi tujuan yang diperoleh sebesar Rp1.320.000 per hari. Solusi

tersebut mengindikasikan bahwa untuk mencapai keuntungan maksimum, usaha sebaiknya memproduksi 60 cup besar dan tidak memproduksi cup kecil. Nilai slack S_1 = 0 menunjukkan bahwa kendala kapasitas produksi menjadi kendala yang mengikat (binding constraint), sedangkan S_2 = 360 menandakan masih terdapat sisa waktu produksi 360 menit sehingga kendala waktu tidak mengikat. Informasi ini penting bagi pemilik usaha dalam merencanakan strategi peningkatan kapasitas apabila ingin menambah keuntungan di masa mendatang.

Interpretasi Konseptual dan Ekonomis Solusi Optimal Simpleks

Hasil penyelesaian model Linear Programming menggunakan metode Simpleks menunjukkan bahwa solusi optimal dicapai pada kombinasi produksi X_2 = 60 unit cup besar dan X_1 = 0 unit cup kecil dengan keuntungan maksimum sebesar Rp1.320.000 per hari. Secara konseptual, hasil ini sejalan dengan prinsip dasar Linear Programming yang mengarahkan alokasi sumber daya terbatas pada produk dengan kontribusi keuntungan tertinggi (Taha, 2011). Mekanisme metode Simpleks memilih variabel dengan koefisien fungsi tujuan terbesar untuk masuk ke basis sehingga solusi yang diperoleh merupakan titik ekstrem optimal dalam daerah layak (Winston, 2004).

Dari sudut pandang ekonomi UMKM, keputusan memprioritaskan produksi cup besar bersifat rasional karena memiliki margin keuntungan lebih tinggi, yaitu Rp22.000 per unit dibandingkan Rp17.000 pada cup kecil. Hal ini sesuai dengan temuan Pangabean et al. (2024) yang menyatakan bahwa pada usaha skala kecil, strategi optimal adalah memfokuskan kapasitas pada produk dengan contribution margin terbesar ketika terdapat keterbatasan sumber daya. Lebih lanjut, Diadi dan Astuti (2024) menegaskan bahwa hasil solusi ekstrem pada Linear Programming tidak berarti perusahaan harus menghilangkan produk lain secara permanen, melainkan merupakan rekomendasi matematis berdasarkan struktur biaya dan kendala yang berlaku pada periode analisis.

Tidak aktifnya kendala waktu pada solusi optimal menunjukkan bahwa faktor pembatas utama adalah kapasitas produksi, bukan durasi proses. Kondisi ini serupa dengan hasil penelitian Agustina et al. (2024) pada UMKM minuman di Bandung yang menemukan bahwa keterbatasan volume produksi sering kali lebih dominan dibanding keterbatasan jam kerja. Menurut Dayani et al. (2024), temuan seperti ini secara ekonomis tetap logis karena model Linear Programming bekerja berdasarkan prinsip efisiensi marjinal, yaitu memaksimalkan laba di bawah kendala yang paling mengikat.

Dengan demikian, baik secara konseptual maupun praktis, hasil Simpleks yang merekomendasikan spesialisasi pada produk cup besar dapat diterima dan konsisten dengan studi-studi terdahulu pada konteks UMKM Indonesia. Meskipun demikian, sebagaimana disarankan oleh Pangabean et al. (2024), keputusan ini perlu dilengkapi dengan analisis sensitivitas untuk mengantisipasi perubahan harga, permintaan, atau kapasitas produksi di masa mendatang.

Penerapan Analisis Sensitivitas pada UMKM Dunia Strawberry

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan solusi optimal terhadap kemungkinan perubahan parameter model. Solusi Linear Programming yang diperoleh melalui metode Simpleks bersifat optimal hanya untuk kondisi koefisien dan kendala tertentu. Oleh karena itu, perlu dianalisis apakah rekomendasi produksi X_2 = 60 unit masih relevan apabila terjadi perubahan harga, biaya, maupun kapasitas produksi. Tahapan analisis sebagai berikut:

Tahap 1 – Identifikasi Status Kendala

Langkah pertama adalah mengidentifikasi kendala yang aktif dan tidak aktif berdasarkan tabel optimal Simpleks. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kendala

kapasitas produksi bersifat binding, sedangkan kendala waktu kerja bersifat non-binding. Artinya, faktor yang membatasi keuntungan saat ini adalah jumlah maksimum produksi, bukan ketersediaan waktu kerja. Temuan ini menjadi dasar untuk menentukan fokus analisis sensitivitas, yaitu terutama pada perubahan kapasitas produksi dan koefisien keuntungan. Berdasarkan hasil Simpleks menunjukkan solusi optimal pada:

- X_1 = 0 (cup kecil)
- X_2 = 60 (cup besar)
- Z = Rp1.320.000

Kendala aktif : kapasitas produksi
Kendala tidak aktif : waktu kerja

Berdasarkan kondisi tersebut, analisis sensitivitas difokuskan pada:

1. Perubahan koefisien keuntungan produk,
2. Perubahan kapasitas produksi,
3. Nilai shadow price kendala aktif.

Tahap 2 -Analisis Reduced Cost Variabel Non-Basis

Variabel X_1 tidak masuk basis optimal. Untuk mengetahui apakah X_1 layak diproduksi, digunakan konsep **reduced cost**. Rumus yang digunakan:

$RC_j = c_j - Z_j$

Substitusi

- $c_1 = 17.000$
- $Z_1 = 22.000$(berdasarkan harga bayangan dari tabel optimal)

$$RC_1 = 17.000 - 22.000 = -5.000$$
$$RC_1 = -5.000 < 0$$

Karena reduced cost negatif, maka:

- Produksi cup kecil belum layak secara ekonomis
- Diperlukan kenaikan margin minimal Rp5.000 agar X_1 masuk solusi optimal.

Tahap 3 – Sensitivitas Koefisien Fungsi Tujuan

Perubahan harga jual atau biaya produksi akan mengubah koefisien keuntungan. Solusi saat ini valid selama: $c_2 > c_1$

Simulasi Perhitungan

Jika keuntungan cup besar turun menjadi Rp18.000, di mana: $18.000 \approx 17.000$
selisih hanya Rp1.000
struktur solusi berpotensi berubah menjadi kombinasi campuran.
Interpretasi: Solusi spesialisasi cup besar stabil, namun sensitif terhadap penurunan harga cup besar.

Tahap 4 – Shadow Price Kendala Kapasitas

Pada kasus penelitian ini kendala kapasitas aktif, maka dihitung nilai shadow price dengan rumus:

$$y_i = \frac{\Delta Z}{\Delta b_i}$$

Substitusi dari tabel optimal:
Koefisien slack S1 pada baris Z = 22.000

$$y_1 = 22.000$$

Shadow price kapasitas = Rp22.000, maka setiap tambahan kapasitas 1 cup/hari, maka laba naik Rp22.000

Tahap 5 – Simulasi Perubahan Kapasitas
Dilakukan simulasi jika kapasitas naik dari 60 ke 70 cup. Dengan menggunakan rumus:

$$\Delta Z = y_1 \times \Delta b_1$$

Substitusi: $\Delta Z = 22.000 \times 10 = 220.000$
maka: $Z_{baru} = 1.320.000 + 220.000 = 1.540.000$

Dengan demikian, maka Sangat layak meningkatkan kapasitas produksi, namun bukan menambah jam kerja.

Tahap 6 – Analisis Kendala Waktu
Uji status kendala waktu, dengan perhitungan: $5(0) + 6(60) = 360 < 720$

di mana: kendala waktu **tidak aktif, sehingga** penambahan jam kerja TIDAK menaikkan laba, dan harus fokus kebijakan pada kapasitas output.

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh temuan sebagai berikut:

- RC_1 = –5.000 → cup kecil belum layak
- Shadow price = 22.000 → kapasitas faktor kunci
- Waktu tidak aktif
- Solusi stabil selama $c_2 > c_1$

Hasil analisis sensitivitas pada solusi dasar menunjukkan beberapa informasi penting. Nilai reduced cost untuk variabel X_1 sebesar –5.000 mengindikasikan bahwa produk cup kecil belum layak diproduksi pada kondisi harga dan kendala saat ini. Shadow price kendala kapasitas sebesar 22.000 menunjukkan bahwa setiap penambahan satu unit kapasitas produksi berpotensi meningkatkan keuntungan sebesar Rp22.000. Sementara itu, kendala waktu tidak bersifat mengikat, sehingga perubahan kecil pada parameter waktu belum memengaruhi solusi optimal. Stabilitas solusi juga terjaga selama koefisien keuntungan cup besar tetap lebih tinggi dibandingkan cup kecil ($c_2 > c_1$).

Temuan-temuan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan skenario analisis sensitivitas. Skenario difokuskan pada parameter yang secara teoritis paling berpengaruh terhadap perubahan solusi, yaitu kapasitas produksi dan struktur keuntungan produk. Melalui simulasi beberapa alternatif perubahan, dapat dievaluasi sejauh mana solusi optimal yang diperoleh dari metode Simpleks tetap bertahan atau mengalami pergeseran. Pada Tabel 7, dirangkum 4 skenario berdasarkan sensitivitas.

Tabel 7. Skenario Analisis Sensitivitas

Skenario Kapasitas	Produksi Cup Besar (X_2)	Produksi Cup Kecil (X_1)	Perubahan Kapasitas	Estimasi Laba (Rp)	Keterangan
Kondisi awal	60	0	–	1.320.000	Solusi optimal aktual
Skenario 1	70	0	+10 cup	1.540.000	Struktur solusi tetap
Skenario 2	80	0	+20 cup	1.760.000	Selama $c_2 > c_1$

Sumber: Hasil perhitungan sensitivitas kasus UMKM Dunia Strawberry

Perhitungan laba:

- ΔZ = Shadow Price × ΔKapasitas
- ΔZ = 22.000 × 10 = 220.000
- Z_{70} = 1.320.000 + 220.000 = 1.540.000
- Z_{80} = 1.320.000 + (22.000 × 20) = 1.760.000

Berdasarkan Tabel 7, simulasi perubahan kapasitas produksi menunjukkan bahwa solusi optimal pada kondisi aktual adalah memproduksi 60 cup besar (X_2 = 60) dengan

laba maksimum Rp1.320.000 per hari. Nilai shadow price kendala kapasitas sebesar Rp22.000 mengindikasikan bahwa setiap penambahan kapasitas satu cup berpotensi meningkatkan laba sebesar nilai tersebut selama struktur solusi tidak berubah. Hal ini menegaskan bahwa kapasitas produksi merupakan kendala aktif yang paling menentukan kinerja keuntungan usaha.

Pada skenario peningkatan kapasitas menjadi 70 cup, laba diperkirakan naik menjadi Rp1.540.000 per hari, sedangkan pada kapasitas 80 cup laba berpotensi mencapai Rp1.760.000 per hari. Pada kedua skenario tersebut struktur solusi tetap merekomendasikan produksi hanya pada cup besar, karena nilai reduced cost variabel X_1 bernilai negatif sehingga produk cup kecil belum layak diproduksi. Temuan ini menunjukkan bahwa strategi spesialisasi pada produk dengan margin keuntungan lebih tinggi merupakan pilihan paling rasional dalam kondisi sumber daya terbatas.

Secara teoretis, hasil ini sejalan dengan prinsip Linear Programming yang menyatakan bahwa alokasi optimal akan diarahkan pada aktivitas dengan kontribusi marjinal tertinggi selama koefisien fungsi tujuan relatif konstan (Taha, 2011; Winston, 2004). Konsistensi nilai shadow price pada berbagai skenario juga menegaskan bahwa kebijakan peningkatan keuntungan lebih tepat difokuskan pada perluasan kapasitas output dibandingkan penambahan jam kerja, mengingat kendala waktu bersifat tidak aktif (Hillier, 2005; Afina, 2012). Dengan demikian, analisis sensitivitas tidak hanya mengonfirmasi validitas solusi Simpleks, tetapi juga memberikan dasar keputusan yang adaptif terhadap perubahan kapasitas dan parameter ekonomi usaha (Adtria, 2021).

Analisis Waktu Produksi dengan Metode PERT/CPM

Analisis waktu produksi dilakukan menggunakan metode PERT/CPM untuk mengidentifikasi durasi setiap aktivitas, hubungan ketergantungan antaraktivitas, serta penentuan jalur kritis proses produksi minuman pada UMKM Dunia Strawberry. Metode ini digunakan karena mampu mengakomodasi ketidakpastian waktu melalui tiga estimasi, yaitu waktu optimis (TO), waktu realistis (TM), dan waktu pesimis (TP) (Kerzner, 2019).

1. **Identifikasi Aktivitas Produksi**
   Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik usaha Dunia Strawberry, proses produksi minuman terdiri atas sembilan aktivitas utama yang dilakukan secara berurutan mulai dari persiapan bahan hingga pengemasan produk akhir. Setiap aktivitas memiliki estimasi waktu optimis (TO), waktu realistis (TM), dan waktu pesimis (TP). Estimasi tiga waktu tersebut diperlukan sebagai dasar perhitungan waktu harapan (expected time) pada metode PERT.

Tabel 8. Estimasi Waktu Aktivitas Produksi

Kode	Aktivitas	TO (menit)	TM (menit)	TP (menit)
A	Sortir dan pencucian bahan	3	4	5
B	Proses blender bahan	3	4	5
C	Pencampuran bahan	1	1	2
D	Pengisian ke dalam cup	1	1	2
E	Pemberian topping	1	1	2
F	Penutupan cup	1	1	2
G	Pendinginan	1	1	2
H	Pengecekan kualitas	1	1	2
I	Pengemasan	1	1	2

Sumber: Hasil observasi dan wawancara di UMKM Dunia Strawberry (2025)

2. Perhitungan Waktu Harapan (Expected Time)

Waktu harapan setiap aktivitas dihitung menggunakan rumus PERT:

$$T_E = \frac{T_O + 4T_M + T_P}{6}$$

Hasil perhitungan waktu harapan untuk masing-masing aktivitas disajikan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Waktu Harapan Tiap Aktivitas

Kode	Aktivitas	TE (menit)
A	Sortir dan pencucian bahan	4,00
B	Proses blender bahan	4,00
C	Pencampuran bahan	1,17
D	Pengisian ke dalam cup	1,17
E	Pemberian topping	1,17
F	Penutupan cup	1,17
G	Pendinginan	1,17
H	Pengecekan kualitas	1,17
I	Pengemasan	1,17

Tabel 8 menunjukkan bahwa aktivitas A dan B memiliki durasi relatif lebih lama dibandingkan aktivitas lainnya, sehingga berpotensi menjadi penentu lamanya keseluruhan proses produksi.

3. Hubungan Ketergantungan Aktivitas

Berdasarkan alur proses produksi, seluruh aktivitas dilakukan secara berurutan dan tidak dapat dikerjakan secara paralel. Hubungan ketergantungan antaraktivitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

A → B → C → D → E → F → G → H → I

Struktur jaringan yang bersifat serial ini menyebabkan total waktu penyelesaian proyek merupakan penjumlahan langsung dari seluruh waktu aktivitas.

4. Perhitungan CPM (ES, EF, LS, LF, Slack)

Untuk menentukan jalur kritis, dilakukan perhitungan waktu mulai paling awal (ES), waktu selesai paling awal (EF), waktu mulai paling lambat (LS), waktu selesai paling lambat (LF), serta slack time.

Tabel 7. Perhitungan CPM

Aktivitas	TE	ES	EF	LS	LF	Slack
A	4,00	0	4,00	0	4,00	0
B	4,00	4,00	8,00	4,00	8,00	0
C	1,17	8,00	9,17	8,00	9,17	0
D	1,17	9,17	10,34	9,17	10,34	0
E	1,17	10,34	11,51	10,34	11,51	0
F	1,17	11,51	12,68	11,51	12,68	0
G	1,17	12,68	13,85	12,68	13,85	0
H	1,17	13,85	15,02	13,85	15,02	0
I	1,17	15,02	16,19	15,02	16,19	0

Total waktu penyelesaian proses produksi:

$$4 + 4 + 1{,}17 + 1{,}17 + 1{,}17 + 1{,}17 + 1{,}17 + 1{,}17 + 1{,}17 = 16{,}19 \text{ menit}$$

5. Penentuan Jalur Kritis

Tabel 8. Jalur Kritis Produksi

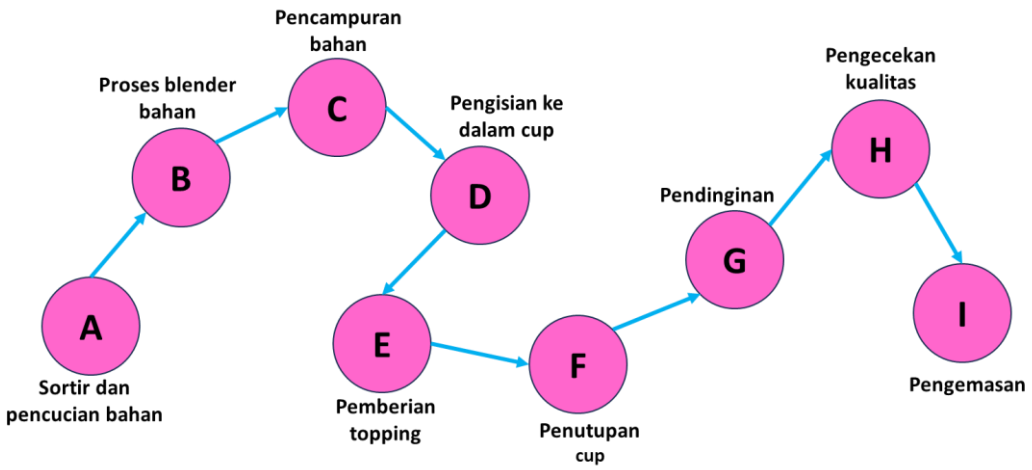
Jalur Aktivitas	Total Waktu (menit)	Keterangan
A–B–C–D–E–F–G–H–I	16,19	Jalur kritis

Berdasarkan hasil perhitungan CPM, seluruh aktivitas berada pada satu jalur kritis yaitu **A–B–C–D–E–F–G–H–I** dengan total waktu penyelesaian **16,19 menit**. Nilai slack time untuk semua aktivitas adalah nol, yang berarti:

- Tidak terdapat kelonggaran waktu pada setiap aktivitas,
- Setiap aktivitas bersifat kritis terhadap durasi total,
- Keterlambatan satu aktivitas akan menunda seluruh proses produksi.

6. Diagram Jaringan CPM/PERT Jalur Serial Produksi Dunia Strawberry

Diagram jaringan menunjukkan bahwa proses produksi minuman Dunia Strawberry memiliki pola **serial murni**, di mana seluruh aktivitas harus dilaksanakan secara berurutan dari A hingga I tanpa adanya pekerjaan paralel. Struktur ini mengakibatkan hanya terdapat **satu jalur kritis**, yaitu A–B–C–D–E–F–G–H–I dengan total durasi 16,19 menit. Konsekuensinya, keterlambatan pada salah satu aktivitas akan secara langsung menunda keseluruhan proses produksi. Pada Gambar 1, diperliharkan diagram CPM/PERT produksi Dunia Strawberry.



Gambar 1. Diagram Jaringan CPM/PERT Jalur Serial Produksi Dunia Strawberry

Kondisi seluruh aktivitas berada pada jalur kritis mengindikasikan bahwa proses produksi memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap keterlambatan waktu. Dalam konsep CPM, aktivitas yang berada pada jalur kritis mempunyai nilai slack time sama dengan nol, sehingga keterlambatan sekecil apa pun akan secara langsung menambah durasi total proyek dengan besaran yang sama (Kerzner, 2019; Heizer & Render, 2017). Oleh karena itu, pengendalian waktu perlu difokuskan terutama pada aktivitas A dan B yang memiliki durasi terpanjang, yaitu masing-masing 4 menit, karena kedua aktivitas tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap total waktu penyelesaian proses.

Hasil analisis PERT/CPM ini juga memperkuat kelayakan solusi Linear Programming yang telah diperoleh sebelumnya. Total waktu proses produksi sebesar 16,19 menit masih berada jauh di bawah batas kapasitas kerja harian sebesar 720 menit, sehingga rencana produksi optimal sebanyak 60 cup besar per hari secara operasional layak untuk dilaksanakan tanpa memerlukan penambahan jam kerja. Secara teoretis, integrasi antara

optimasi kuantitas melalui Linear Programming dan pengendalian waktu melalui PERT/CPM merupakan pendekatan yang saling melengkapi dalam manajemen operasi, karena keputusan jumlah produksi harus didukung oleh kelayakan jadwal proses (Taha, 2011; Hillier & Lieberman, 2005).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan utama sebagai berikut.

1. **Optimalisasi produksi menggunakan Linear Programming dan analisis sensitivitas**
   Penerapan metode Linear Programming menghasilkan kombinasi produksi optimal berupa **60 unit cup besar per hari** dengan keuntungan maksimum sebesar **Rp1.320.000**. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kendala kapasitas merupakan faktor pembatas utama dengan nilai *shadow price* sebesar **Rp22.000**, sedangkan kendala waktu kerja tidak bersifat mengikat. Simulasi peningkatan kapasitas hingga 70 dan 80 cup membuktikan bahwa solusi optimal relatif stabil dan laba berpotensi meningkat secara proporsional tanpa perubahan struktur keputusan. Temuan ini menegaskan bahwa strategi fokus pada produk ber-margin lebih tinggi merupakan pilihan rasional bagi UMKM dengan sumber daya terbatas.
2. **Kelayakan operasional berdasarkan analisis PERT/CPM**
   Analisis PERT/CPM mengidentifikasi sembilan aktivitas produksi yang tersusun dalam **satu jalur kritis (A–I)** dengan total waktu penyelesaian **16,19 menit** dan *slack time* nol. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses produksi sangat sensitif terhadap keterlambatan sehingga diperlukan pengendalian waktu yang ketat, terutama pada aktivitas berdurasi panjang. Total waktu proses masih berada dalam batas kapasitas kerja harian 720 menit, sehingga rencana produksi optimal 60 cup besar **secara operasional layak untuk dilaksanakan tanpa penambahan jam kerja**. Dengan demikian, integrasi Linear Programming dan PERT/CPM terbukti mampu mendukung pengambilan keputusan produksi yang efisien dan terukur pada UMKM Dunia Strawberry.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. **Bagi pemilik usaha**, disarankan untuk memfokuskan produksi pada produk cup besar sesuai hasil optimasi, serta mempertimbangkan investasi untuk peningkatan kapasitas produksi, misalnya melalui penambahan peralatan atau perluasan area kerja, karena kapasitas terbukti menjadi faktor pembatas utama keuntungan.
2. **Dalam pengelolaan operasional**, diperlukan pengendalian waktu yang ketat pada setiap aktivitas produksi. Karena seluruh aktivitas berada pada jalur kritis, pemilik usaha perlu menyusun standar prosedur kerja dan pengawasan agar tidak terjadi keterlambatan yang dapat mengganggu target produksi harian.
3. **Untuk pengembangan usaha ke depan**, model Linear Programming dan PERT/CPM dapat digunakan secara periodik sebagai alat evaluasi apabila terjadi perubahan harga jual, biaya bahan baku, atau pola permintaan pasar sehingga keputusan produksi tetap adaptif.
4. **Bagi penelitian selanjutnya**, disarankan untuk menambahkan variabel lain seperti ketidakpastian permintaan, ketersediaan bahan baku, atau analisis biaya diferensial, serta menggunakan pendekatan integer programming atau goal programming agar model lebih mendekati kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

Afina, R. (2012). Optimalisasi Produk Dengan Aplikasi Shadow Price Sebagai Dasar Perencanaan Kebijakan Produksi Pada Perusahaan Sepatu (Studi Kasus di Perusahaan Sepatu Parwoto, Yogyakarta).

Agustina, R., Nainggolan, R. S., & Panggabean, S. (2024). Meningkatkan UMKM Jus Buah Bu Ida dengan Mengoptimumkan Penjualan Menggunakan Metode Simpleks dalam Linear Programming. Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 3(1), 52-68.

Assauri, S. (2018). Manajemen produksi dan operasi.

Adtria, K. V., Kamid, K., & Rarasati, N. (2021). Analisis Sensitivitas Dalam Optimalisasi Jumlah Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming. Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika, 3(2), 174-182.

Daryani, S., Aritonang, S. S., & Panggabean, S. (2024). Optimasi keuntungan produksi UMKM keripik pisang menggunakan linear programming metode simpleks dan software POM-QM. Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 3(1), 69-88.

Diadi, D. A. R., & Astuti, Y. P. (2024). Goal Programming Optimisasi Biaya Produksi UMKM Mie Wahyu Sepanjang Sidoarjo Menggunakan Goal Programming. MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika, 12(2), 244-254.

Fikri, A. J., Aini, S., Sukandar, R. S., Safiyanah, I., & Listiasari, D. (2021). Optimalisasi keuntungan produksi makanan menggunakan pemrograman linier melalui metode simpleks. Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika, 1(1), 1-16.

Heizer, J., & Render, B. (2017). Operations management (12th ed.). Pearson Education.

Hillier, F. S. (2005). Introduction to operations research. McGrawHill.

Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia. (2022). Perkembangan data usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM).

Kerzner, H. (2022). Innovation project management: Methods, case studies, and tools for managing innovation projects. John Wiley & Sons.

Natali, A. R., Munandar, K., Sanlia, S., Margatha, S., Winata, Y., & Effendy, D. (2024). Memaksimalkan Penjualan Makanan Khas Pontianak Pada UMKM Aciu 889 Menggunakan Metode Linear Programming. Journal of Economic and Business, 1(1), 56-66.

Novia, C., Komaria, L. A., Fitriana, N., Agustin, S. F., Azizah, I., & Fadhilah, R. (2025). Penerapan Linear Programming untuk Optimalisasi Produksi pada UMKM Rumah Makan "Solali". COREAI: Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi, 6(2), 121-130.

Panggabean, S., Hutahaean, Y., & Sitanggang, V. S. (2024). Implementasi linear programming metode simpleks dalam mencari keuntungan maksimum pada UMKM Es Dingin. Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 3(1), 01-13.

Sugiyono. (2018). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. Bandung: Alfabeta

Taha, H. A. (2011). Operations research: An introduction (9th ed.). Pearson

Winston, W. L. (2004). Operations research: applications and algorithm. Thomson Learning, Inc.