



## INTEGRATION OF LINEAR PROGRAMMING AND QUEUEING MODELS (M/M/s) IN THE OPERATIONAL OPTIMIZATION OF NONGKIBAR CAFE, BANDUNG

## INTEGRASI LINEAR PROGRAMMING DAN MODEL ANTRIAN (M/M/s) DALAM OPTIMALISASI OPERASIONAL KEDAI NONGKIBAR, BANDUNG

Ivonne Ayesha<sup>1</sup>, Rhiza Villani<sup>2</sup>, Hoerul Dwi Natya Fauzan<sup>3</sup>, Mugni Nurul Ilmi<sup>4</sup>, Annisa Desfia Nur Fadilah<sup>5</sup>, Anastasya Salsabila Alike Putri<sup>6</sup>, Neng Lisda Sa'adah<sup>7</sup>, M. Fariel Syima<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Dosen Prodi Agribisnis, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

<sup>2,3,4,5,6,7,8</sup> Mahasiswa Prodi Manajemen, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Muhammadiyah Bandung

E-mail: [drivonneayesha@gmail.com](mailto:drivonneayesha@gmail.com)<sup>1</sup>, [rhizaamel102@gmail.com](mailto:rhizaamel102@gmail.com)<sup>2</sup>, [hoeruldwinatyaf99@gmail.com](mailto:hoeruldwinatyaf99@gmail.com)<sup>3</sup>, [mugninurulilmi04@gmail.com](mailto:mugninurulilmi04@gmail.com)<sup>4</sup>, [desfiacandra88@gmail.com](mailto:desfiacandra88@gmail.com)<sup>5</sup>, [nastasya19@gmail.com](mailto:nastasya19@gmail.com)<sup>6</sup>, [nenglisdasa@gmail.com](mailto:nenglisdasa@gmail.com)<sup>7</sup>, [mfarielsyima@gmail.com](mailto:mfarielsyima@gmail.com)<sup>8</sup>

### ARTICLE INFO

#### Correspondent

Ivonne Ayesha

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

#### Key words:

Linear Programming, Sensitivity Analysis, Queuing Model, Production Optimization, Nongkibar Shop, Peak Hours

#### Website:

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

Page: 2153 - 2167

### ABSTRACT

This study aims to optimize the operations of Kedai Kopi Nongkibar Bandung using an operations research approach, focusing on production and service during peak hours. The methods employed include Linear Programming (LP) to determine the optimal production combination of three main menu items (Kopi Lemon, Blue Hawaiian, and Nasi Goreng Yang Zhou) and M/M/s queuing model analysis to evaluate service system performance. Data were collected through direct observation, interviews, and operational documentation, including production time per menu, equipment capacity, workforce allocation, and customer arrival patterns. The LP results indicate an optimal production combination of  $X_1=75$  cups of Kopi Lemon,  $X_2=45$  cups of Blue Hawaiian, and  $X_3=100$  portions of Nasi Goreng Yang Zhou, achieving a maximum daily profit of IDR 4,420,190. Sensitivity analysis reveals that the main constraint is the physical production capacity of each menu, rather than barista working hours. Increasing barista hours without expanding production capacity does not effectively enhance profit. Queuing model analysis shows that the optimal scenario is achieved with four baristas during peak hours, reducing customer waiting time to under two minutes. Implementing barista specialization according to menu complexity effectively minimizes bottlenecks, accelerates service, and improves operational efficiency. These findings provide a quantitative basis for cafe managers to design resource allocation and menu production priorities, highlighting the importance of integrating production capacity planning and workforce management to enhance operational performance and customer satisfaction.

Copyright © 2025 JSER. All rights reserved.

---

INFO ARTIKEL

**Koresponden**

Ivonne Ayesha  
[drivonneayasha@gmail.com](mailto:drivonneayasha@gmail.com)

**Kata kunci:**

Linear Programming,  
Sensitivitas, Model  
Antrian, Optimalisasi  
Produksi, Kedai  
Nongkibar, Jam Sibuk

**Website:**

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

**Hal: 2153 - 2167**

---

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan operasional Kedai Kopi Nongkibar Bandung melalui pendekatan riset operasi, dengan fokus pada produksi dan pelayanan pada periode jam sibuk. Metode yang digunakan meliputi pemodelan Linear Programming (LP) untuk menentukan kombinasi produksi optimal tiga menu utama (Kopi Lemon, Blue Hawaiian, dan Nasi Goreng Yang Zhou) serta analisis model antrean M/M/s untuk mengevaluasi kinerja sistem pelayanan. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi operasional kedai, termasuk waktu produksi per menu, kapasitas mesin, jumlah tenaga kerja, dan pola kedatangan pelanggan. Hasil LP menunjukkan kombinasi produksi optimal  $X_1=75$  gelas Kopi Lemon,  $X_2=45$  gelas Blue Hawaiian, dan  $X_3=100$  porsi Nasi Goreng Yang Zhou, dengan keuntungan maksimum Rp4.420.190 per hari. Analisis sensitivitas mengungkapkan bahwa kendala utama adalah kapasitas produksi fisik tiap menu, bukan waktu kerja barista. Penambahan jam kerja barista tanpa peningkatan kapasitas tidak efektif untuk meningkatkan keuntungan. Analisis model antrean menunjukkan bahwa skenario optimal tercapai dengan 4 barista pada jam sibuk, sehingga waktu tunggu pelanggan dapat ditekan di bawah 2 menit. Strategi spesialisasi barista berdasarkan kompleksitas menu terbukti mampu meminimalkan bottleneck, mempercepat pelayanan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Temuan penelitian memberikan dasar kuantitatif bagi pengelola kedai dalam merancang alokasi sumber daya dan prioritas produksi menu, serta menunjukkan pentingnya integrasi perencanaan kapasitas produksi dan manajemen tenaga kerja dalam meningkatkan kinerja operasional dan kepuasan pelanggan.

Copyright © 2025 JSER. All rights reserved

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri kafe di Indonesia menunjukkan tren peningkatan seiring berkembangnya budaya konsumsi kopi sebagai bagian dari gaya hidup masyarakat urban dan generasi muda (Hardiyanti & Puspa 2021). Kedai kopi tidak lagi berfungsi semata sebagai tempat konsumsi, tetapi telah menjadi ruang sosial (*third place*) yang mendukung aktivitas bekerja dan interaksi informal. Peningkatan jumlah pelaku usaha dalam sektor ini mendorong persaingan yang semakin ketat, sehingga efisiensi operasional menjadi faktor penentu keberlanjutan usaha (Nurhayati-Wolff, 2023).

Pada usaha kafe skala kecil dan menengah, permasalahan operasional umumnya meliputi fluktuasi permintaan, keterbatasan kapasitas produksi, ketidakseimbangan tenaga kerja, serta terjadinya antrean pada jam sibuk. Dalam kondisi keterbatasan sumber daya, pengambilan keputusan berbasis pendekatan kuantitatif menjadi penting untuk memaksimalkan keuntungan tanpa mengorbankan kualitas pelayanan (Heizer, et al., 2020).

Kedai Kopi Nongkibar Bandung menghadapi dinamika operasional serupa. Tiga menu utama, yaitu: Kopi Lemon, Blue Hawaiian, dan Nasi Goreng Yang Zhou, memiliki

karakteristik waktu pelayanan dan kontribusi keuntungan yang berbeda. Pada jam sibuk terjadi peningkatan laju kedatangan pelanggan yang memicu antrian, sedangkan pada jam sepi terjadi waktu menganggur tenaga kerja. Keputusan produksi dan penjadwalan tenaga kerja yang masih bersifat intuitif berpotensi menimbulkan inefisiensi kapasitas dan hilangnya peluang laba.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan pendekatan riset operasi melalui integrasi model Linear Programming (LP) dan model antrian M/M/s. Model LP digunakan untuk menentukan kombinasi produksi yang memaksimalkan laba dengan mempertimbangkan kendala kapasitas produksi dan waktu kerja barista (Hillier & Lieberman, 2015; Taha, 2017). Hasil optimasi produksi selanjutnya digunakan untuk menghitung beban kerja pelayanan sebagai parameter dalam model antrian M/M/s, yang mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan tingkat kedatangan pelanggan ( $\lambda$ ), tingkat pelayanan ( $\mu$ ), dan jumlah barista ( $s$ ) dengan indikator tingkat utilisasi ( $\rho$ ), panjang antrian rata-rata ( $L_q$ ), dan waktu tunggu ( $W_q$ ) (Shortle, et al. 2018).

Integrasi kedua model dilakukan secara berurutan, sehingga keputusan produksi optimal menjadi dasar evaluasi kapasitas pelayanan. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang komprehensif dalam menyeimbangkan efisiensi produksi dan kualitas pelayanan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi produksi optimal, mengidentifikasi kendala sumber daya utama, mengevaluasi kinerja sistem pelayanan, serta merumuskan rekomendasi operasional yang adaptif terhadap fluktuasi permintaan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis riset operasi yang bersifat deskriptif-preskriptif. Pendekatan ini tidak hanya menggambarkan kondisi operasional aktual Kedai Kopi Nongkibar Bandung, tetapi juga merumuskan keputusan optimal melalui pemodelan matematis. Model yang digunakan adalah Linear Programming (LP) untuk optimasi produksi dan model antrian M/M/s untuk evaluasi kinerja pelayanan. Pendekatan preskriptif dalam riset operasi bertujuan menghasilkan rekomendasi keputusan terbaik berdasarkan keterbatasan sumber daya dan tujuan yang terukur secara kuantitatif (Hillier & Lieberman, 2015; Taha, 2017).

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Kedai Kopi Nongkibar Bandung yang berlokasi di Jl. Aceh No. 105, Cihapit, Kecamatan Sumur Bandung, Kota Bandung, Jawa Barat. Pengumpulan data dilakukan pada periode Oktober–November 2025 selama jam operasional kedai, baik pada jam sibuk maupun jam sepi, untuk memperoleh gambaran representatif mengenai pola kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan.

### **Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

Penelitian difokuskan pada aspek produksi dan pelayanan operasional harian. Analisis dibatasi pada tiga menu utama, yaitu Kopi Lemon ( $X_1$ ), Blue Hawaiian ( $X_2$ ), dan Nasi Goreng Yang Zhou ( $X_3$ ), yang dipilih berdasarkan kontribusi penjualan tertinggi. Penelitian tidak mencakup analisis pemasaran maupun keuangan secara menyeluruh, melainkan terbatas pada optimasi operasional melalui pendekatan riset operasi.

### **Jenis dan Sumber Data**

Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan pemilik serta karyawan kedai. Data operasional yang dikumpulkan meliputi:

- Waktu produksi dan waktu pelayanan per menu
- Kapasitas produksi maksimum masing-masing menu
- Waktu kerja barista per hari
- Biaya produksi dan harga jual produk
- Jumlah kedatangan pelanggan per satuan waktu

Data kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan digunakan untuk estimasi parameter tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) dalam model antrean. Untuk mendukung penggunaan model M/M/s, dilakukan pengujian kesesuaian asumsi distribusi Poisson untuk kedatangan dan distribusi eksponensial untuk waktu pelayanan sesuai teori antrean klasik (Shortle et al., 2018; Taha, 2017).

### **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui:

1. **Observasi langsung**, untuk mengukur waktu pelayanan per menu, alur pemesanan, serta penggunaan sumber daya.
2. **Wawancara**, untuk memperoleh informasi terkait kapasitas produksi, jadwal kerja, serta kendala operasional.
3. **Dokumentasi**, berupa data penjualan harian, daftar harga, dan catatan penggunaan bahan baku.
4. **Studi literatur**, untuk memperoleh landasan teoretis mengenai Linear Programming dan teori antrean (Hillier & Lieberman, 2015; Heizer et al., 2020).

### **Definisi Operasional Variabel**

Dalam model Linear Programming:

$X_1, X_2, X_3$  = jumlah produksi per hari (unit/hari)

$C_1, C_2, C_3$  = keuntungan per unit (harga jual - biaya produksi)

Waktu kerja barista = total menit kerja efektif per hari

Kapasitas produksi = batas maksimum produksi masing-masing menu per hari

Dalam model antrean:

$\lambda$  = rata-rata jumlah pelanggan datang per satuan waktu

$\mu$  = rata-rata jumlah pelanggan yang dapat dilayani satu barista per satuan waktu

$s$  = jumlah barista

$\rho$  = tingkat utilisasi sistem

$L_q$  = panjang antrean rata-rata

$W_q$  = waktu tunggu rata-rata dalam antrean

$W_s$  = waktu rata-rata dalam sistem

### **Teknik Analisis Data**

#### **1. Analisis Linear Programming**

Model Linear Programming dirumuskan dengan fungsi tujuan:

$$\text{Max } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3$$

dengan kendala keterbatasan kapasitas produksi dan waktu kerja barista, serta kendala non-negativitas. Model diselesaikan menggunakan metode simpleks dengan bantuan Microsoft Excel Solver untuk memperoleh kombinasi produksi optimal dan mengidentifikasi kendala yang bersifat mengikat.

#### **2. Analisis Model Antrean M/M/s**

Model antrean M/M/s digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pelayanan berdasarkan parameter  $\lambda$ ,  $\mu$ , dan  $s$ . Indikator kinerja dihitung menggunakan rumus

teori antrean klasik:  $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$

serta perhitungan  $L_q$ ,  $W_q$ , dan  $W_s$  sesuai formulasi standar (Gross & Harris, 1998). Nilai  $\mu$  dihitung berdasarkan rata-rata waktu pelayanan tertimbang yang diperoleh dari kombinasi produksi optimal hasil model Linear Programming.

### 3. Integrasi dan Analisis Sensitivitas

Integrasi model dilakukan secara berurutan (sequential integration), di mana hasil optimasi produksi menjadi dasar evaluasi kapasitas pelayanan. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter utama seperti waktu kerja barista, jumlah pelanggan, dan harga jual produk untuk mengevaluasi stabilitas solusi dan implikasi kebijakan operasional.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun rekomendasi operasional berupa kombinasi produksi optimal, jumlah barista yang disarankan, serta strategi pengelolaan kapasitas produksi dan pelayanan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Umum Usaha Kedai Kopi Nongkibar Bandung

Kedai Kopi Nongkibar merupakan usaha kedai kopi yang berlokasi di Jl. Aceh No. 105, Cihapit, Kecamatan Sumur Bandung, Kota Bandung. Usaha ini mulai beroperasi secara komersial pada awal tahun 2024 dan memasuki fase pengembangan operasional yang lebih intensif pada tahun 2025. Kedai mengusung konsep kafe santai dengan target pasar pelajar, mahasiswa, dan pekerja muda.

Jam operasional berlangsung enam hari per minggu, dengan intensitas pelayanan tertinggi terjadi pada periode jam sibuk (peak hours), khususnya sore hingga malam hari. Pada periode ini terjadi peningkatan signifikan jumlah pelanggan, sehingga kapasitas produksi dan kecepatan pelayanan menjadi faktor kunci dalam menjaga kepuasan pelanggan.

Penelitian ini memfokuskan analisis pada tiga menu utama yang memberikan kontribusi pendapatan terbesar, yaitu:

- Kopi Lemon ( $X_1$ )
- Blue Hawaiian ( $X_2$ )
- Nasi Goreng Yang Zhou ( $X_3$ )

Kapasitas produksi maksimum harian masing-masing produk ditentukan berdasarkan kapasitas produksi (bukan permintaan), yaitu:

- $X_1 \leq 75$  unit/hari
- $X_2 \leq 45$  unit/hari
- $X_3 \leq 100$  unit/hari

Dalam periode jam sibuk, tiga barista aktif terlibat langsung dalam proses produksi utama, dengan waktu kerja efektif 7 jam per hari. Total waktu kerja efektif yang tersedia adalah:  $3 \times 7 \times 60 = 1.260$  menit

Karakteristik operasional ini menjadi dasar penyusunan model Linear Programming (LP), khususnya dalam menentukan koefisien waktu produksi per menu (diukur per menu), batas kapasitas produksi, serta kendala waktu barista dalam satuan menit total.

### Analisis Optimasi Produksi Menggunakan Linear Programming

#### 1. Formulasi Model Linier Programming

Analisis optimasi produksi pada Kedai Nongkibar dilakukan menggunakan pendekatan Linear Programming (LP) untuk menentukan kombinasi produksi yang mampu memaksimalkan keuntungan harian pada periode jam sibuk. Pemodelan

difokuskan pada tiga produk utama yang memiliki kontribusi pendapatan terbesar, yaitu Kopi Lemon, Blue Hawaiian, dan Nasi Goreng Yang Zhou.

### **Variabel Keputusan**

Variabel keputusan dalam model ini didefinisikan sebagai berikut:

$X_1$  = jumlah Kopi Lemon yang diproduksi (gelas/hari)

$X_2$  = jumlah Blue Hawaiian yang diproduksi (gelas/hari)

$X_3$  = jumlah Nasi Goreng Yang Zhou yang diproduksi (porsi/hari)

### **Fungsi Tujuan**

Tujuan model adalah memaksimalkan keuntungan kotor harian dari ketiga produk yang dianalisis. Keuntungan per unit masing-masing produk diperoleh dari selisih antara harga jual dan biaya produksi. Fungsi tujuan dirumuskan sebagai:

$$\text{Max } Z = 17.885X_1 + 19.147X_2 + 22.172X_3$$

di mana  $Z$  menyatakan total keuntungan harian yang diperoleh dari kombinasi produksi ketiga produk.

### **Kendala Model**

Kendala utama dalam sistem produksi Kedai Nongkibar adalah keterbatasan waktu kerja barista pada periode jam sibuk serta kapasitas maksimum produksi setiap menu.

#### **a. Kendala Waktu Kerja Barista**

Berdasarkan hasil observasi operasional, waktu pelayanan masing-masing menu adalah:

- Kopi Lemon : 5 menit/unit
- Blue Hawaiian : 8 menit/unit
- Nasi Goreng Yang Zhou : 3 menit/unit

Total waktu kerja efektif barista pada periode jam sibuk adalah: 3 barista  $\times$  7 jam  $\times$  60 menit = **1.260 menit**, sehingga kendala waktu dapat dirumuskan sebagai:

$$5X_1 + 8X_2 + 3X_3 \leq 1.260$$

#### **b. Kendala Kapasitas Produksi**

Kapasitas produksi maksimum masing-masing menu dibatasi oleh ketersediaan peralatan dapur dan kemampuan produksi harian, yaitu:

$$X_1 \leq 75, X_2 \leq 45, X_3 \leq 100$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

### **Transformasi ke Bentuk Standar**

Untuk keperluan penyelesaian menggunakan metode **simpleks**, seluruh kendala diubah ke dalam bentuk persamaan dengan menambahkan variabel slack yang merepresentasikan sisa sumber daya yang tidak terpakai.

Variabel slack yang digunakan adalah:

$S_1$  = slack waktu barista

$S_2$  = slack kapasitas Kopi Lemon

$S_3$  = slack kapasitas Blue Hawaiian

$S_4$  = slack kapasitas Nasi Goreng Yang Zhou

Sehingga model dalam bentuk standar menjadi:

$$5X_1 + 8X_2 + 3X_3 + S_1 = 1.260$$

$$X_1 + S_2 = 75$$

$$X_2 + S_3 = 45$$

$$X_3 + S_4 = 100$$

## 2. Analisis Awal Profitabilitas per Menit

Sebelum dilakukan iterasi metode simpleks, dilakukan analisis deskriptif terhadap kontribusi keuntungan relatif masing-masing produk terhadap penggunaan waktu barista. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai struktur efisiensi pemanfaatan sumber daya utama (waktu) dalam model.

**Tabel 1. Margin Keuntungan per Menit Produksi**

| Produk                        | Margin (Rp) | Waktu (menit) | Margin/menit |
|-------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| X <sub>1</sub> Kopi Lemon     | 17.885      | 5             | 3.577        |
| X <sub>2</sub> Blue Hawaiian  | 19.147      | 8             | 2.393        |
| X <sub>3</sub> Nasi Goreng YZ | 22.172      | 3             | 7.391        |

Sumber: Hasil wawancara dan observasi peneliti (2025)

Berdasarkan Tabel 1, Nasi Goreng Yang Zhou (X<sub>3</sub>) memiliki nilai margin per menit tertinggi, yaitu Rp7.391 per menit. Hal ini menunjukkan bahwa produk tersebut memberikan kontribusi keuntungan paling besar terhadap setiap satuan waktu barista yang digunakan. Secara teoritis, hasil ini mengindikasikan bahwa X<sub>3</sub> memiliki prioritas alokasi sumber daya tertinggi dalam proses optimasi. Temuan ini konsisten dengan hasil iterasi pertama metode simpleks, di mana variabel X<sub>3</sub> terpilih sebagai variabel masuk pada tahap awal.

## 3. Penyelesaian Metode Simpleks

### Iterasi 0 (Tabel Awal)

Tahap pertama dalam metode simpleks adalah menyusun tabel awal berdasarkan bentuk standar model. Pada tabel awal, seluruh variabel keputusan bernilai nol dan variabel slack menjadi basis awal, seperti disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Iterasi 0 (Tabel Awal)**

| VB             | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> | NK   |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| Z              | -17885         | -19147         | -22172         | 0              | 0              | 0              | 0              | 0    |
| S <sub>1</sub> | 5              | 8              | 3              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1260 |
| S <sub>2</sub> | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 75   |
| S <sub>3</sub> | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 45   |
| S <sub>4</sub> | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 100  |

Sumber. Hasil pengolahan data dengan Excel solver (2025)

Pada iterasi awal ini, terdapat koefisien paling negatif pada baris fungsi tujuan yaitu -22.172 (variabel X<sub>3</sub>), sehingga X<sub>3</sub> dipilih sebagai variabel masuk (*entering variable*). Uji rasio menunjukkan bahwa S<sub>4</sub> memiliki rasio terkecil, sehingga menjadi variabel keluar (*leaving variable*):

Uji rasio:

- $600 / 5 = 120$
- $75 / 1 = 75 \leftarrow$  terkecil

Tahap ini menunjukkan bahwa secara matematis, Nasi Goreng Yang Zhou memiliki kontribusi peningkatan keuntungan paling besar terhadap fungsi tujuan.

### Iterasi 2

Pada iterasi kedua, variabel X<sub>2</sub> dipilih sebagai variabel masuk karena memiliki koefisien negatif terbesar berikutnya. Melalui uji rasio, S<sub>3</sub> menjadi variabel keluar. Tabel 3, menyajikan hasil iterasi 2 dengan menggunakan excel solver.

Tabel 3. Iterasi 2

| VB             | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> | NK        |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| Z              | -17885         | 0              | 0              | 0              | 0              | 19147          | 22172          | 3.078.815 |
| S <sub>1</sub> | 5              | 0              | 0              | 1              | 0              | -8             | -3             | 600       |
| S <sub>2</sub> | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 75        |
| X <sub>2</sub> | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 45        |
| X <sub>3</sub> | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 100       |

Sumber. Hasil pengolahan data dengan Excel solver (2025)

Nilai fungsi tujuan meningkat menjadi Rp3.078.815. Meskipun demikian, masih terdapat koefisien negatif pada variabel X<sub>1</sub> sehingga solusi belum optimal. Selanjutnya variabel X<sub>1</sub> menjadi variabel masuk, sedangkan uji rasio sebagai berikut:

- $600 / 5 = 120$
- $75 / 1 = 75 \leftarrow$  terkecil

Tahap ini memperlihatkan bahwa sistem secara bertahap mengalokasikan waktu barista ke produk dengan tingkat keuntungan relatif lebih tinggi, tanpa melanggar kendala kapasitas produksi.

### Iterasi 3 (Solusi Optimum)

Pada iterasi ketiga, X<sub>1</sub> dipilih sebagai variabel masuk dan S<sub>2</sub> keluar dari basis. Setelah proses pivot dilakukan, seluruh koefisien pada baris fungsi tujuan menjadi nol atau positif. Hal ini menandakan bahwa kondisi optimal telah tercapai dan tidak ada lagi peningkatan nilai fungsi tujuan yang dapat diperoleh melalui pergeseran basis. Hasil perhitungan dengan excel solver, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Iterasi 3 (Solusi Optimum)

| VB             | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> | NK        |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| Z              | 0              | 0              | 0              | 0              | 17885          | 19147          | 22172          | 4.420.190 |
| S <sub>1</sub> | 0              | 0              | 0              | 1              | -5             | -8             | -3             | 225       |
| X <sub>1</sub> | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 75        |
| X <sub>2</sub> | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 45        |
| X <sub>3</sub> | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 100       |

Sumber. Hasil pengolahan data dengan Excel solver (2025)

Hasil optimasi menunjukkan bahwa seluruh produk diproduksi pada kapasitas maksimum. Total waktu yang digunakan adalah:

$$X_1 = 75, X_2 = 45, X_3 = 100$$

$$(75 \times 5) + (45 \times 8) + (100 \times 3) = 1.035 \text{ menit}$$

Dengan demikian, nilai keuntungan maksimum:

$$Z_{max} = \text{Rp } 4.420.190/\text{hari}$$

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa kendala waktu kerja barista tidak bersifat mengikat (*non-binding*), sedangkan seluruh kendala kapasitas produksi bersifat mengikat (*binding*). Dengan demikian, bottleneck sistem tidak terletak pada tenaga kerja, melainkan pada kapasitas produksi fisik masing-masing menu.

### Interpretasi Solusi Optimal

Hasil optimasi menunjukkan bahwa seluruh produk diproduksi pada kapasitas maksimum. Total waktu yang digunakan adalah: 1.035" menit, dengan sisa waktu selama 225 menit dari total 1.260 menit yang tersedia. Temuan ini mengindikasikan bahwa kendala waktu kerja barista tidak bersifat mengikat (*non-binding*), sedangkan seluruh kendala kapasitas produksi bersifat mengikat (*binding*). Dengan demikian,

*bottleneck* sistem tidak terletak pada tenaga kerja, melainkan pada kapasitas produksi fisik masing-masing menu.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa kendala waktu kerja barista tidak bersifat mengikat (*non-binding*), sedangkan seluruh kendala kapasitas produksi menu bersifat binding. Dalam literatur teknik industri, kondisi di mana suatu sumber daya tidak menjadi pembatas utama disebut sebagai *non-bottleneck*, sedangkan *bottleneck* terjadi ketika kapasitas suatu proses menahan laju output keseluruhan sistem (Rohma *et al.*, 2025). Dengan demikian, dalam konteks operasional Kedai Nongkibar, *bottleneck* sistem lebih terkait dengan keterbatasan kapasitas produksi fisik menu daripada keterbatasan waktu pelayanan barista.

Model Linear Programming yang diterapkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan keuntungan harian Kedai Kopi Nongkibar tidak dapat dicapai melalui penambahan waktu kerja barista, melainkan melalui peningkatan kapasitas produksi masing-masing menu. Hal ini konsisten dengan prinsip optimasi dalam riset operasi yang menyatakan bahwa solusi optimal harus mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang secara langsung mempengaruhi fungsi tujuan, serta bahwa sumber daya yang bukan merupakan constraint utama tidak memberikan kontribusi terhadap peningkatan objektif (Nurmayanti & Sudrajat, 2021).

Dalam konteks perencanaan kapasitas strategis, peningkatan kapasitas produksi telah diidentifikasi sebagai salah satu faktor kunci dalam memaksimalkan output dan profit dalam sistem manufaktur dan layanan (Martines-Costa, *et al.*, 2014), sedangkan tambahan waktu kerja tanpa peningkatan kapasitas fisik cenderung tidak efektif karena tidak mengatasi *bottleneck* utama pada sistem. Dengan demikian, kombinasi produksi optimum pada batas kapasitas yang ada tetap menjadi strategi terbaik untuk mencapai keuntungan maksimal. Temuan ini memberikan dasar kuantitatif bagi manajemen dalam menentukan prioritas strategi peningkatan kinerja operasional. Selanjutnya, hasil optimasi ini digunakan sebagai input dalam analisis model antrean untuk mengevaluasi implikasi beban produksi terhadap tingkat pelayanan pelanggan pada periode jam sibuk.

### Analisis Sensitivitas

Berdasarkan hasil pemodelan Linear Programming, solusi optimum diperoleh pada kombinasi produksi  $X_1 = 75$  Kopi Lemon,  $X_2 = 45$  Blue Hawaiian, dan  $X_3 = 100$  Nasi Goreng Yang Zhou, dengan nilai keuntungan maksimum sebesar Rp4.420.190 per hari. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh produk diproduksi pada kapasitas maksimum, sedangkan kendala waktu kerja barista tidak mengikat, dengan sisa waktu sebesar 225 menit dari total 1.260 menit yang tersedia. Temuan ini mengindikasikan bahwa *bottleneck* sistem operasional Kedai Kopi Nongkibar terletak pada kapasitas produksi fisik masing-masing menu, bukan pada tenaga kerja. Ringkasan penyelesaian metode simpleks, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan Penyelesaian Metode Simpleks

| Variabel                | Produksi Optimal | Kendala         | Sisa (Slack) |
|-------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| $X_1$ Kopi Lemon        | 75 gelas         | Kapasitas fisik | 0            |
| $X_2$ Blue Hawaiian     | 45 gelas         | Kapasitas fisik | 0            |
| $X_3$ Nasi Goreng YZ    | 100 porsi        | Kapasitas fisik | 0            |
| Waktu Barista ( $S_1$ ) | -                | Non-binding     | 225 menit    |

#### 1. Sensitivitas terhadap Waktu Kerja Barista

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kendala waktu kerja barista bersifat *non-binding* dengan sisa 225 menit, sehingga penambahan atau pengurangan jam kerja

tidak memengaruhi Z maksimum. Shadow price waktu barista bernilai nol, sehingga tambahan jam kerja tidak meningkatkan laba harian tanpa peningkatan kapasitas produksi masing-masing menu (Taha, 2017).

## 2. Sensitivitas terhadap Kapasitas Produksi Masing-masing Menu

Setiap menu sudah berada pada kapasitas maksimum, sehingga setiap penambahan kapasitas akan berdampak langsung pada peningkatan keuntungan harian. *Shadow price* masing-masing kapasitas menu dapat dihitung dari tabel dual (Tabel 6).

**Tabel 6. Shadow Price (Nilai Marginal) Masing-masing Kapasitas Menu**

| Menu                 | Shadow Price (Rp/unit) | Interpretasi  |
|----------------------|------------------------|---|
| $X_1$ Kopi Lemon     | 17.885                 | Setiap tambahan 1 gelas meningkatkan Z sebesar Rp17.885 |
| $X_2$ Blue Hawaiian  | 19.147                 | Setiap tambahan 1 gelas meningkatkan Z sebesar Rp19.147 |
| $X_3$ Nasi Goreng YZ | 22.172                 | Setiap tambahan 1 porsi meningkatkan Z sebesar Rp22.172 |

Prioritas peningkatan kapasitas sebaiknya diberikan pada menu dengan **nilai shadow price tertinggi**, yaitu Nasi Goreng YZ, untuk memaksimalkan keuntungan per unit tambahan kapasitas. Produk ini memiliki margin tertinggi per satuan waktu (Rp7.391/menit). Kapasitas maksimum  $X_3 = 100$  porsi, dengan waktu produksi 3 menit per porsi. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa tambahan unit akan menambah laba Rp22.172 per porsi, dan dengan sisa waktu 225 menit, kapasitas dapat ditambah hingga 75 porsi. Temuan ini menegaskan bahwa Nasi Goreng Yang Zhou adalah kandidat utama untuk ekspansi kapasitas produksi.

Kapasitas maksimum  $X_1 = 75$  gelas. Dengan margin per gelas Rp17.885 dan waktu produksi 5 menit per gelas, setiap unit tambahan langsung meningkatkan laba sebesar Rp17.885, selama waktu barista masih tersedia. Dengan sisa 225 menit, kapasitas  $X_1$  dapat ditambah maksimal **45 gelas** sebelum kendala waktu menjadi binding. Analisis ini menunjukkan bahwa ekspansi kapasitas Kopi Lemon menguntungkan, tetapi tidak seefisien Nasi Goreng Yang Zhou dari perspektif margin per menit.

Kapasitas maksimum  $X_2 = 45$  gelas, dengan margin Rp19.147 dan waktu produksi 8 menit per gelas, setiap unit tambahan akan menambah laba Rp19.147. Namun, dengan efisiensi waktu lebih rendah (margin per menit 2,393), Blue Hawaiian menjadi prioritas ekspansi lebih rendah dibanding  $X_1$  dan  $X_3$ . Berdasarkan sisa waktu 225 menit, kapasitas  $X_2$  dapat ditingkatkan maksimal **28 gelas** sebelum waktu barista menjadi kendala.

Perubahan harga jual berpengaruh pada koefisien fungsi tujuan. Selama urutan **margin per menit** tidak berubah ( $X_3 > X_1 > X_2$ ), kombinasi optimum tetap stabil. Jika margin  $X_2$  meningkat signifikan hingga melampaui  $X_1$ , solusi optimum perlu dihitung ulang. Analisis ini menekankan pentingnya strategi penentuan harga berdasarkan efisiensi margin per unit waktu.

## 3. Analisis Skenario

Dua skenario diuji untuk melihat efek perubahan kapasitas dan jam kerja, seperti disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Skenario**

| Skenario                 | Z Baru (Rp) |
|--------------------------|-------------|
| Kapasitas $X_3 + 20\%$   | 4.863.630   |
| Jam kerja barista +1 jam | 4.420.190   |

Berdasarkan Tabel 7, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **Skenario 1:** Kapasitas dapur  $X_3$  ditambah 20%  $\rightarrow X_3 = 120$   
Tambahan waktu produksi = 60 menit, tambahan laba = Rp443.440  $\rightarrow Z$  baru = Rp4.863.630. Hal ini menunjukkan ekspansi kapasitas menu dengan margin per menit tinggi dapat meningkatkan keuntungan secara signifikan.
- **Skenario 2:** Jam kerja barista ditambah 1 jam (60 menit), karena kendala waktu tidak binding,  $Z$  tetap = Rp4.420.190. Keputusan ini tidak ekonomis.

Hasil analisis sensitivitas ini mengonfirmasi bahwa **kendala utama yang membatasi keuntungan adalah kapasitas produksi fisik tiap menu, bukan waktu kerja barista**. Temuan ini sejalan dengan literatur manajemen operasi yang menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas produksi merupakan faktor kunci yang menentukan kemampuan sebuah sistem untuk mencapai dan mempertahankan tingkat keuntungan optimal, terutama ketika sumber daya waktu tidak menjadi *bottleneck* (Nursanti et al., 2015).

Penelitian lain juga menegaskan bahwa peningkatan kapasitas produksi dapat langsung berdampak pada peningkatan laba sampai batas tertentu, sedangkan penambahan sumber daya non-pembatas (misalnya tenaga kerja tanpa didukung kapasitas fisik) tidak signifikan meningkatkan output atau keuntungan (Hamidah et al., 2025). Oleh karena itu, prioritas ekspansi kapasitas sebaiknya diberikan pada menu dengan efisiensi margin per menit tertinggi, dalam hal ini Nasi Goreng Yang Zhou, untuk memaksimalkan kontribusi terhadap fungsi tujuan. Selanjutnya, temuan ini menunjukkan bahwa **penambahan jam kerja barista tanpa peningkatan kapasitas produksi fisik tidak efektif** untuk meningkatkan laba harian, sehingga strategi operasional harus fokus pada **optimasi kapasitas fisik dan penjadwalan prioritas menu** yang berbasis data.

### Analisis Model Antrian

Analisis model antrian pada Kedai Kopi Nongkibar bertujuan untuk mengevaluasi kecukupan kapasitas pelayanan, khususnya pada periode jam sibuk (peak hours), serta memastikan sistem pelayanan mampu melayani pelanggan secara efisien tanpa menimbulkan waktu tunggu yang berlebihan. Analisis ini melengkapi optimasi produksi yang telah dilakukan menggunakan Linear Programming, dengan meninjau aspek operasional pelayanan secara nyata. Pendekatan yang digunakan adalah model M/M/s dari teori antrean klasik, karena sistem memiliki *multiple server*, kedatangan pelanggan bersifat acak, dan waktu pelayanan variabel antar menu, mendekati distribusi Poisson dan eksponensial (Shortle, et al. 2018). Analisis yang dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Tingkat Kedatangan Pelanggan ( $\lambda$ )

Data kedatangan pelanggan berdasarkan hasil observasi per periode waktu disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kedatangan Pelanggan

| Periode Waktu | Jumlah Pelanggan |
|---------------|------------------|
| Pagi          | 15               |
| Siang         | 25               |
| Sore          | 30               |
| Malam         | 30               |

Sumber: Hasil observasi peneliti (2025)

Jam sore dan malam diidentifikasi sebagai **jam sibuk**. Jika diasumsikan 30 pelanggan datang dalam 2 jam, maka:

$$\lambda = \frac{30 \text{ pelanggan}}{2 \text{ jam}} = 15 \text{ pelanggan/jam}$$

**2. Tingkat Pelayanan per Barista ( $\mu$ )**

Rata-rata waktu pelayanan: 5 menit/pelanggan, sehingga:

$$\mu = \frac{60 \text{ menit}}{5 \text{ menit/pelanggan}} = 12 \text{ pelanggan/jam/barista}$$

**3. Jumlah Barista (s)**

Analisis dilakukan pada skenario jam sibuk dengan **2, 3, dan 4 barista** untuk menilai kinerja sistem.

**4. Analisis Utilisasi Sistem**

Tingkat utilisasi sistem dihitung sebagai:

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu}$$

**Tabel 9. Tingkat Utilisasi Sistem ( $\rho$ )**

| Skenario | Barista (s) | $\rho$ | Status                                 |
|----------|-------------|--------|--|
| 1        | 2           | 0,625  | Stabil, namun antrian potensial tinggi |
| 2        | 3           | 0,417  | Stabil, antrian menurun                |
| 3        | 4           | 0,313  | Stabil, antrian minimal                |

Semua skenario stabil ( $\rho < 1$ ), namun 2 barista memiliki utilisasi tinggi sehingga berpotensi menimbulkan antrian saat terjadi lonjakan pesanan.

**5. Interpretasi Waktu Tunggu Pelanggan**

Waktu tunggu rata-rata dalam antrian ( $W_q$ ) untuk sistem M/M/s bergantung pada  $\lambda$ ,  $\mu$ , dan s:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

di mana  $L_q$  adalah panjang antrean rata-rata.

Berdasarkan observasi, waktu tunggu pelanggan berkisar **1-10 menit**, terutama saat beberapa pesanan kompleks datang bersamaan. Hal ini menunjukkan bahwa **antrian muncul karena fluktuasi kedatangan dan variasi kompleksitas menu**, bukan kekurangan jumlah barista total.

**6. Validasi Data Observasi**

Validasi menunjukkan kesesuaian model dengan kondisi riil:

- a. Pelanggan yang tidak terlayani menegaskan bahwa jumlah barista tidak memadai untuk lonjakan mendadak.
- b. Waktu tunggu maksimum 10 menit divalidasi oleh variasi jenis layanan (minuman kompleks vs standar).
- c. Sistem cenderung idle pada pagi-siang, namun overload pada sore-malam, sesuai fluktuasi kedatangan ( $\lambda$ ).

**7. Simulasi Kebijakan (What-if Analysis)**

Analisis skenario dilakukan untuk menyeimbangkan efisiensi biaya dan kualitas layanan.

**Tabel 10. Simulasi Jumlah Barista dan Waktu Tunggu**

| Skenario | Barista (s) | Estimasi $W_q$ (menit) | Rekomendasi      |
|----------|-------------|------------------------|------------------|
| 1        | 2           | 5-10                   | Tidak disarankan |
| 2        | 3           | 2-5                    | Cukup baik       |
| 3        | 4           | <2                     | Optimal          |

Sumber. Hasil pengolahan data 92026)

Interpretasi hasil simulasi antrian menunjukkan bahwa dengan **2 barista, antrean pelanggan cenderung panjang** sehingga sistem pelayanan menjadi tidak efisien. Penambahan menjadi **3 barista menurunkan waktu tunggu**, namun potensi penumpukan pelanggan pada jam sibuk masih tetap ada. Skenario optimal dicapai dengan **4 barista**, di mana waktu tunggu pelanggan dapat ditekan di bawah **2 menit**, sesuai standar pelayanan prima. Untuk lebih meningkatkan efisiensi, disarankan menerapkan pembagian spesialisasi barista berdasarkan kompleksitas menu. Barista A difokuskan pada minuman cepat saji, sedangkan Barista B menangani minuman kompleks atau signature drinks. Strategi ini mampu meminimalkan bottleneck dalam proses produksi, mempercepat pelayanan, dan menurunkan waktu tunggu rata-rata ( $W_q$ ) secara signifikan.

Penelitian mengenai sistem antrian di restoran cepat saji lain juga menunjukkan bahwa jumlah server (pelayan) secara langsung memengaruhi performa sistem antrean. Misalnya, studi pada restoran **Mie Gacoan** menggunakan model *single queue-multiple server* menunjukkan bahwa penambahan satu waiter selama jam sibuk dapat mengurangi waktu tunggu hingga 35% dan panjang antrean hingga 40%, sehingga memberikan dasar kuantitatif bagi pengambilan keputusan operasional (Sari *et al.*, 2025; Mahfudhoh & Qoiriah, 2024).

Selain itu, penelitian yang menerapkan model antrean M/M/c pada restoran cepat saji menemukan hubungan yang jelas antara jumlah server dan waktu tunggu pelanggan; penambahan server pertama secara signifikan menurunkan waktu tunggu, sementara penambahan server berikutnya perlu dipertimbangkan dengan memperhatikan utilisasi sumber daya untuk menghindari underutilization (Hidayana & Yohandhoko, 2024; Robetson *et al.*, 2025). Temuan-temuan ini konsisten dengan hasil simulasi di Kedai Kopi Nongkibar bahwa skenario dengan lebih banyak barista (4 server) memberikan pengurangan waktu tunggu yang substansial, mendukung rekomendasi operasional yang diusulkan dalam penelitian ini.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan analisis operasional Kedai Kopi Nongkibar Bandung, diperoleh beberapa temuan penting yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan operasional:

#### 1. Hasil Linear Programming

Pemodelan Linear Programming menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimum terjadi pada  $X_1 = 75$  Kopi Lemon,  $X_2 = 45$  Blue Hawaiian, dan  $X_3 = 100$  Nasi Goreng Yang Zhou, dengan nilai keuntungan maksimum sebesar Rp4.420.190 per hari. Seluruh produk diproduksi pada kapasitas maksimum, sedangkan kendala waktu kerja barista bersifat non-binding dengan sisa 225 menit dari total 1.260 menit. Temuan ini mengindikasikan bahwa bottleneck sistem operasional terletak pada kapasitas produksi fisik masing-masing menu, bukan pada tenaga kerja.

#### 2. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa tambahan jam kerja barista tidak meningkatkan laba harian selama kapasitas produksi fisik tetap menjadi kendala. Produk dengan margin tertinggi per menit, yakni Nasi Goreng Yang Zhou, menjadi prioritas utama untuk pengembangan kapasitas. Penambahan kapasitas menu secara selektif dapat meningkatkan keuntungan harian, sedangkan perubahan harga jual hanya memengaruhi kombinasi optimum jika urutan profitabilitas per menit berubah secara signifikan. Dengan demikian, strategi pengembangan usaha sebaiknya

difokuskan pada peningkatan kapasitas produksi daripada menambah jam kerja barista.

### **3. Analisis Model Antrian**

Evaluasi sistem pelayanan melalui model M/M/s menunjukkan bahwa skenario optimal pada jam sibuk dicapai dengan **4 barista**, sehingga waktu tunggu pelanggan dapat ditekan di bawah 2 menit. Dengan jumlah barista yang lebih sedikit, antrian masih dapat terjadi dan efisiensi pelayanan menurun. Strategi manajerial tambahan berupa pembagian spesialisasi barista berdasarkan kompleksitas menu. Barista A menangani minuman cepat saji dan Barista B menangani minuman kompleks/*signature drinks*, dapat mengurangi bottleneck, mempercepat pelayanan, dan menurunkan waktu tunggu rata-rata ( $W_q$ ).

### **Saran**

Beberapa kondisi yang dapat disarankan untuk Kedai Nongkibar, berdasarkan hasil analisis dan simpulan penelitian, sebagai berikut:

#### **Optimalisasi Produksi**

1. Terapkan kombinasi produksi yang sudah diperoleh dari model Linear Programming:  $X_1 = 75$  Kopi Lemon,  $X_2 = 45$  Blue Hawaiian, dan  $X_3 = 100$  Nasi Goreng Yang Zhou.
2. Pastikan produksi harian mengikuti kapasitas maksimum masing-masing menu agar keuntungan harian Rp4.420.190 dapat dicapai.
3. Perlu monitoring periodik permintaan pasar agar fungsi LP tetap relevan jika pola permintaan berubah.

#### **Pengelolaan Kapasitas dan Sensitivitas**

1. Fokus pada ekspansi kapasitas fisik menu yang mengikat (binding), terutama Nasi Goreng Yang Zhou ( $X_3$ ), karena bottleneck berada di kapasitas produksi, bukan waktu barista.
2. Penambahan jam kerja atau jumlah barista tanpa menambah kapasitas produksi fisik tidak akan meningkatkan laba.
3. Gunakan analisis sensitivitas untuk menentukan prioritas peningkatan kapasitas jika ada penyesuaian menu atau permintaan meningkat.

#### **Efisiensi Pelayanan dan Manajemen Antrian**

1. Implementasikan **4 barista pada jam sibuk** untuk menekan waktu tunggu pelanggan di bawah 2 menit.
2. Terapkan pembagian spesialisasi barista berdasarkan kompleksitas menu: Barista A menangani minuman cepat saji, Barista B menangani minuman kompleks/*signature drinks*.
3. Lakukan penjadwalan fleksibel sepanjang hari, menyesuaikan jumlah barista dengan pola kedatangan pelanggan untuk mengurangi idle time sekaligus mencegah antrian panjang.

#### **Rekomendasi Implementasi**

1. Buat SOP operasional harian berdasarkan kombinasi optimal LP dan simulasi antrian.
2. Integrasikan monitoring kinerja produksi dan pelayanan dalam *dashboard* sederhana (misal Excel atau aplikasi kasir) untuk memudahkan evaluasi harian.
3. Pertimbangkan evaluasi berkala, minimal tiap bulan, untuk menyesuaikan kapasitas dan jadwal kerja jika ada perubahan volume pelanggan atau menu baru.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Gross, D. (2008). *Fundamentals of queueing theory*. John Wiley & sons.
- Hamidah, S. N., Aprilia, H., & Abdullah, F. (2026). Optimasi Perencanaan Produksi Menggunakan Linear Programming dan Analisis Sensitivitas Pada UMKM Coffee Suganda Majalengka. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, 7(1), 38-46.
- Hardiyanti, N. Y., & Puspa, R. (2021). Coffee culture di Indonesia: Pola konsumsi konsumen pengunjung kafe, kedai kopi dan warung kopi di Gresik. *Jurnal Media Dan Komunikasi*, 1(2), 93-106.
- Heizer, J., Render, B., Munson, C. L., & Griffin, P. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management*.
- Hidayana, R. A., & Yohandoko, S. L. O. (2024). Analysis of queueing systems in fast food restaurants using the M/M/c model: A case study during peak hours. *International Journal of Global Operations Research*, 5(4), 263-267.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research (11th ed.)*. New York: McGraw-Hill Education.
- Mahfudhoh, M., & Qoiriah, A. (2024). Penerapan Sistem Antrian pada Pemesanan Menu di Foodcourt Unesa Ketintang Berbasis Website. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 6(01), 119-130.
- Martínez-Costa, C., Mas-Machuca, M., Benedito, E., & Corominas, A. (2014). A review of mathematical programming models for strategic capacity planning in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 153, 66-85.
- Nurhayati-Wolff, H. (2023). Most popular online travel agencies among consumers in Indonesia as of June 2023. *statista*.
- Nurmayanti, L., & Sudrajat, A. (2021). Implementasi linear programming metode simpleks pada home industry khasanah sari karawang. *Jurnal Manajemen*, 13(3), 431-438.
- Nursanti, E., Purnama, R. I., & Suardika, I. B. (2015). Optimasi Kapasitas Produksi untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimum dengan Linear Programming. *Performa*, 14(1), 61-68.
- Robetson, D., Sinaga, C. C., & Pasaribu, R. (2025). Analisis Dinamika Sistem Kebijakan Untuk Mengurangi Masalah Kemacetan Antrean Prasmanan (Studi Kasus: Kampus X). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(7. D), 38-50.
- Rohman, Z.F., Maharani, S.B., Oktarina, T.M., Azra, S.D., Rito, F.Z., Yunita, G. (2025). Analisis Penyebab Bottleneck dalam Produksi Lip Balm di PT Rumah Rumput Laut Menggunakan Diagram Fishbone. *Jurnal Rimba: Riset Ilmu manajemen Bisnis dan Akuntansi Volume. 3, Nomor. 2, Mei 2025*.
- Sari, K. A. D. P., Dewi, N. K. F., & Octavanny, M. A. D. (2025). Model Stokastik Teori Antrean Non Poisson: Studi Kasus: Analisis Model Antrean Non-Poisson Pada Pelayanan Mie Gacoan Jimbaran. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 3(4), 234-245.
- Shortle, J. F., Thompson, J. M., Gross, D., & Harris, C. M. (2018). *Fundamentals of queueing theory*. John Wiley & Sons.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction (10th ed.)*. Pearson Education.