

# Discrete Event Simulation untuk Analisis Sistem Antrian Konsumen Outlet Mixue Simpang Tuntungan

<sup>1</sup>Marini, <sup>2</sup>Alfin Alfarizi, <sup>3</sup>Dinda Ayu Ningsih, <sup>4</sup>Fajar Al Fahri  
<sup>1, 2, 3, 4</sup>Universitas Islam Negeri Sumatera Utara  
Kota Medan, Indonesia

<sup>1</sup>marini7233@gmail.com, <sup>2</sup>alfin0701232113@uinsu.ac.id, <sup>3</sup>ningsihdindaayu@gmail.com,  
<sup>4</sup>alfajarfahri171@gmail.com

## \*Penulis Korespondensi

Diajukan : 16/01/2026  
Diterima : 18/01/2026  
Dipublikasi : 18/01/2026

## ABSTRAK

Pelayanan yang efisien merupakan faktor penting dalam meningkatkan kepuasan pelanggan pada industri minuman cepat saji. Mixue Simpang Tuntungan termasuk outlet dengan intensitas kunjungan tinggi sehingga berpotensi menimbulkan antrean pada proses pemesanan dan pembayaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pelayanan kasir dan memberikan rekomendasi perbaikan sistem antrean menggunakan pendekatan pemodelan dan Discrete Event Simulation (DES). Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap 30 pelanggan, dengan parameter waktu antar kedatangan, waktu pelayanan kasir, proses penyajian, serta waktu tunggu pelanggan. Pemodelan sistem menggunakan model antrian M/M/1 untuk kondisi aktual dan M/M/2 sebagai skenario usulan. Simulasi dilakukan menggunakan Python melalui 10 replikasi untuk memperoleh rata-rata performa sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelayanan dengan satu kasir masih efisien, dengan waktu tunggu 0,59 menit dan tingkat utilisasi 30,12%. Penambahan satu kasir mampu menurunkan waktu tunggu hingga 91% menjadi 0,055 menit, namun menurunkan utilisasi menjadi 15,85% per kasir sehingga tidak optimal pada kondisi trafik pelanggan normal. Dengan demikian, penambahan kasir disarankan hanya diterapkan pada kondisi puncak, sedangkan pada kondisi normal cukup menggunakan satu kasir. Pendekatan DES terbukti efektif dalam mengevaluasi performa pelayanan dan menghasilkan rekomendasi operasional berbasis data.

**Kata Kunci:** *Discrete Event Simulation*, Sistem Antrian, M/M/1, Pelayanan Kasir, Mixue Simpang Tuntungan

## I. PENDAHULUAN

Industri kuliner merupakan salah satu sektor bisnis yang mengalami pertumbuhan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Perkembangan tren konsumsi makanan dan minuman yang cepat, praktis, serta memiliki cita rasa unik mendorong pelaku usaha untuk berinovasi dalam berbagai aspek, mulai dari menu, strategi pemasaran, hingga kecepatan pelayanan (Setiawan et al., 2025). Salah satu brand yang berkembang pesat di Indonesia adalah Mixue, sebuah waralaba minuman teh, milkshake, dan es krim yang berhasil menarik perhatian berbagai segmen konsumen, mulai dari anak-anak, remaja, hingga masyarakat umum. Pertumbuhan gerai Mixue yang sangat cepat di berbagai kota menunjukkan tingginya permintaan pasar terhadap produk tersebut, sehingga pelayanan yang efisien menjadi faktor krusial dalam mempertahankan kepuasan pelanggan.

Mixue Simpang Tuntungan merupakan salah satu outlet yang memiliki intensitas kunjungan tinggi, terutama pada jam makan siang, sore hari, dan akhir pekan. Kepadatan ini mengakibatkan terjadinya antrean pada proses pemesanan, pembayaran, hingga pengambilan pesanan.

Berdasarkan pengamatan awal, sistem pelayanan di outlet tersebut menggunakan satu kasir yang menangani dua aktivitas sekaligus, yaitu pencatatan pesanan dan proses pembayaran. Setelah melakukan pembayaran, pelanggan harus menunggu hingga pesanan selesai dibuat dan kemudian mengambilnya pada bagian pengambilan. Kondisi ini menunjukkan bahwa titik pelayanan kasir menjadi bottleneck yang dapat menghambat alur pelayanan secara keseluruhan.

Fenomena antrean tersebut sejalan dengan karakteristik layanan cepat saji yang memiliki keterbatasan sumber daya pelayanan serta pola kedatangan pelanggan yang fluktuatif. Melalui pemodelan dan simulasi, karakteristik sistem pelayanan dapat dianalisis secara terukur berdasarkan perilaku nyata yang direpresentasikan dalam bentuk model (Sopha & Sakti, 2020). Pemodelan adalah proses membuat representasi abstrak dari sistem nyata untuk memahami, menganalisis, dan memprediksi perilaku sistem tersebut. Model dapat berupa matematis, fisik, atau berbasis data (Lutfie et al., 2024). Simulasi dilakukan untuk menggambarkan sistem nyata dan melakukan evaluasi atau perbaikan terhadap sistem nyata jika diperlukan (Liperda et al., 2022). Hasil simulasi kemudian memungkinkan peneliti mengevaluasi kinerja sistem serta membandingkan berbagai skenario perbaikan yang mungkin diterapkan. Dengan demikian, teknik simulasi menjadi metode yang tidak hanya menggambarkan kondisi operasional secara rinci, tetapi juga memberikan alternatif solusi berbasis data untuk meningkatkan efisiensi pelayanan.

Meskipun penelitian terkait antrean dan simulasi sistem pelayanan pada industri makanan dan minuman telah banyak dilakukan, sebagian besar studi masih berfokus pada restoran cepat saji berskala besar atau menggunakan pendekatan analitis tanpa mempertimbangkan karakteristik operasional spesifik pada outlet waralaba minuman dengan sumber daya terbatas. Selain itu, penelitian yang mengkaji secara khusus permasalahan bottleneck pada satu titik pelayanan kasir yang menangani lebih dari satu aktivitas masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan Discrete Event Simulation (DES) pada outlet Mixue Simpang Tuntungan sebagai studi kasus nyata. Kontribusi utama penelitian ini adalah memberikan gambaran kuantitatif mengenai kinerja sistem pelayanan eksisting serta menyusun dan mengevaluasi beberapa skenario perbaikan berbasis simulasi yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan manajerial untuk meningkatkan efisiensi pelayanan dan mengurangi waktu tunggu pelanggan.

Salah satu pendekatan ilmiah yang dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan tersebut adalah Discrete Event Simulation (DES). Metode ini mampu merepresentasikan sistem pelayanan secara menyeluruh, termasuk pola kedatangan pelanggan, waktu pelayanan pada kasir, proses pembuatan produk, hingga pengambilan pesanan. Dengan melakukan simulasi, sistem nyata dapat dianalisis tanpa harus mengganggu operasional outlet secara langsung. DES juga memungkinkan dilakukan skenario perbaikan, seperti penambahan kasir, perubahan alur pelayanan, pembagian tugas kerja, hingga pemanfaatan aplikasi pemesanan (Wara et al., 2025).

## II. STUDI LITERATUR

### Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu membuktikan bahwa DES efektif untuk menganalisis sistem pelayanan pada bisnis kuliner yang memiliki jumlah pelanggan tinggi. Studi yang dilakukan pada Mie Broski Kupang menunjukkan bahwa DES mampu membantu identifikasi bottleneck serta memberikan rekomendasi penambahan tenaga kerja untuk meningkatkan kepuasan pelanggan (Duka & Sumarlin, 2025). Studi pada Gerai McDonald's Darmo, Surabaya menunjukkan bahwa simulasi antrian dapat menurunkan waktu tunggu pelanggan melalui skenario penambahan kasir dan mesin pemesanan mandiri (Rizqullah et al., 2023). Penelitian lain pada Café 527 juga menemukan bahwa DES mampu merekomendasikan penambahan sumber daya pelayanan saat lonjakan pelanggan promosi agar waktu tunggu lebih efisien (Putra et al., 2024). Namun demikian, implementasi DES pada outlet Mixue, khususnya di Simpang Tuntungan, belum banyak dikaji, sehingga hal ini menjadi peluang penelitian yang relevan untuk dilakukan.

Berkaitan dengan kondisi tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis proses pelayanan dan sistem antrian yang berlangsung pada Outlet Mixue Simpang Tuntungan dengan menggunakan pendekatan Discrete Event Simulation (DES). Melalui pemodelan simulasi tersebut, penelitian ini juga berupaya mengidentifikasi bottleneck atau

kendala utama yang menyebabkan ketidakefisienan dalam alur pelayanan, khususnya pada titik pelayanan yang mengalami penumpukan antrean. Selain itu, penelitian ini menghasilkan rekomendasi peningkatan efisiensi pelayanan berdasarkan skenario simulasi alternatif yang dirancang untuk memperbaiki kinerja sistem secara menyeluruh, sehingga dapat diterapkan sebagai strategi pengambilan keputusan dalam pengelolaan operasional outlet.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi manajemen Mixue Sempang Tuntungan dalam meningkatkan kualitas pelayanan. Temuan pada penelitian ini juga diharapkan menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan model antrian berbasis simulasi pada industri kuliner, khususnya dalam konteks usaha cepat saji yang memiliki karakteristik layanan cepat, frekuensi pelanggan tinggi, dan keterbatasan sumber daya pelayanan. Dengan penerapan DES, perusahaan dapat mengetahui secara akurat dampak dari perubahan operasional sebelum diterapkan secara nyata sehingga risiko kesalahan dapat diminimalkan.

Penelitian ini juga memiliki nilai akademis dalam menunjukkan bahwa teknik simulasi bukan hanya alat analisis yang bersifat kuantitatif, tetapi juga strategi pengambilan keputusan yang dapat membantu meningkatkan kualitas layanan, efisiensi waktu, dan efektivitas operasional pada bisnis kuliner modern. Melalui pendekatan pemodelan ini, diharapkan Mixue Sempang Tuntungan dapat mengoptimalkan pelayanan, meningkatkan kepuasan pelanggan, serta mempertahankan daya saing dalam kompetisi yang semakin ketat di industri minuman cepat saji.

### Antrian

Antrian adalah suatu proses menunggu pengunjung untuk dilayani dalam keadaan fasilitas pelayanan (server) masih sibuk (Hariputra et al., 2022). Pada jam sibuk, antrian yang terlalu panjang dapat mengurangi kepuasan pelanggan, mempengaruhi persepsi kualitas pelayanan, bahkan berpotensi menurunkan minat pembelian ulang. Penelitian-penelitian sebelumnya menegaskan bahwa efisiensi sistem antrian memiliki pengaruh signifikan terhadap kepuasan dan keputusan pelanggan untuk kembali membeli (Dhani et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu memberikan gambaran detail bagaimana proses pelayanan berjalan serta bagaimana solusi optimal dapat diterapkan.

### Discrete Event Simulation

Discrete Event Simulation (DES) merupakan teknik simulasi yang paling banyak digunakan dalam riset operasional. Simulasi DES adalah suatu model simulasi dimana perubahan pada keadaan (peristiwa) terjadi pada waktu diskrit, dan peristiwa membutuhkan waktu nol untuk berubah. Simulasi diskrit memodelkan proses nyata yang sedang terjadi ke dalam urutan kejadian sehingga menjadi urutan proses yang sistematis (Shofiudin et al., 2024).

## III. METODE

### Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung pada proses pelayanan pelanggan di outlet Mixue Sempang Tuntungan. Proses pengamatan dilakukan pada jam operasional dengan mencatat alur pelayanan mulai dari pelanggan datang, melakukan pemesanan di kasir, menunggu pesanan selesai dibuat, hingga pelanggan meninggalkan outlet. Data yang dikumpulkan mencakup:

1. Waktu antar kedatangan pelanggan (interarrival time) yaitu selisih waktu kedatangan antar pelanggan yang datang ke outlet.
2. Waktu pelayanan di kasir (pemesanan dan pembayaran) yaitu lama waktu pelanggan dilayani kasir sampai proses transaksi selesai.
3. Waktu pembuatan minuman/es krim yaitu durasi proses peracikan setelah pelanggan melakukan pembayaran.
4. Jumlah pelanggan dalam antrean diamati pada waktu tertentu untuk mengetahui tingkat kepadatan antrean.
5. Jumlah tenaga pelayanan, terdiri dari:
  - 1) 1 kasir (melayani pemesanan dan pembayaran)
  - 2) beberapa kru peracik minuman/es krim.

Pengukuran waktu dilakukan menggunakan stopwatch, sedangkan jumlah pelanggan yang datang dan antri pada jam tertentu dihitung secara manual. Data yang diperoleh juga dianalisis untuk menentukan distribusi statistik yang sesuai sebelum dimasukkan ke dalam model simulasi berbasis Python.

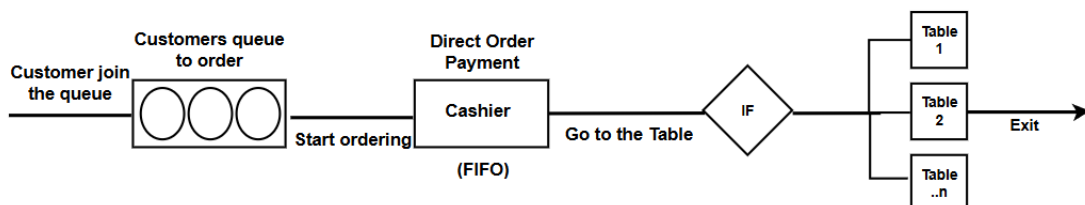
Data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi pola distribusi statistik yang paling sesuai sebelum digunakan dalam model simulasi. Penentuan distribusi dilakukan melalui analisis deskriptif dan uji kesesuaian distribusi secara visual, seperti histogram dan perbandingan nilai rata-rata serta simpangan baku, untuk memastikan bahwa asumsi distribusi yang digunakan dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah data observasi yang dikumpulkan dalam periode waktu tertentu, sehingga hasil simulasi lebih merefleksikan kondisi operasional pada waktu pengamatan dan belum tentu sepenuhnya menggambarkan variasi jangka panjang.

Pengumpulan data dilakukan pada kombinasi jam operasional normal dan jam sibuk (peak hours), khususnya pada jam makan siang, sore hari, serta akhir pekan, ketika intensitas kedatangan pelanggan relatif tinggi. Pemilihan rentang waktu ini bertujuan untuk menangkap kondisi antrian yang paling representatif terhadap permasalahan pelayanan yang sering terjadi di outlet Mixue Simpang Tuntungan. Oleh karena itu, hasil simulasi dan evaluasi kinerja sistem dalam penelitian ini lebih menekankan pada kondisi beban pelayanan tinggi, sehingga interpretasi hasil perlu dipahami dalam konteks jam sibuk dan bukan pada kondisi operasional dengan tingkat kunjungan rendah.

### Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dalam penelitian ini dilakukan setelah data lapangan terkumpul dan dianalisis secara mendalam. Model dirancang untuk merepresentasikan proses pelayanan di outlet Mixue Simpang Tuntungan, berdasarkan temuan observasi serta dukungan teori dari literatur mengenai pemodelan antrian dan Discrete Event Simulation (DES). Pemodelan difokuskan pada penggambaran elemen-elemen utama dalam sistem, seperti arus kedatangan pelanggan, proses pemesanan, aktivitas kasir, serta waktu penyajian produk. Setiap komponen disusun agar dapat berinteraksi secara realistis sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan.

Pada model antrian yang dikembangkan, digunakan prinsip First Come First Served (FCFS) atau First In First Out (FIFO), di mana pelanggan yang datang lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan mekanisme antrian yang diterapkan di outlet Mixue pada umumnya. Integrasi prinsip FIFO dalam model DES memungkinkan penelitian memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai perilaku antrian, tingkat pelayanan, serta potensi bottleneck yang terjadi. Dengan demikian, model yang dihasilkan dapat digunakan untuk menganalisis performa sistem pelayanan secara komprehensif dan mendukung proses pengambilan keputusan untuk peningkatan layanan.



Gambar 1. Alur Sistem Antrian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan menggunakan metode Discrete Event Simulation (DES) berbasis pemrograman Python (SimPy / DES). Simulasi ini bertujuan untuk menganalisis kinerja antrian pelanggan pada outlet Mixue Simpang Tuntungan, serta mengevaluasi efektivitas penambahan sumber daya pelayanan. Model yang digunakan adalah M/M/1 untuk kondisi aktual

dan M/M/2 untuk skenario usulan. Pemodelan M/M/S digunakan untuk melihat pengaruh perubahan jumlah pelayan (kasir) terhadap waktu tunggu pelanggan, panjang antrean, serta tingkat utilisasi tenaga kerja.

## 2. Analisis Data Pelanggan

Dari data yang diperoleh, terdapat 30 pelanggan dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pelanggan

Pelanggan	Waktu Kedatangan (Menit)	Lama di Kasir (Menit)	Waktu Penyajian pesanan (Menit)	Lama Makan (Menit)	Waktu Tunggu (Menit)	Waktu Keluar Outlet (Menit)
1	0	1	1	39	0	41
2	3	1	2	45	0	51
3	3	1	3	20	3	30
4	3	2	4	27	7	43
5	9	1	3	63	7	83
6	18	1	1	26	2	48
7	20	3	4	75	2	104
8	21	1	2	17	8	49
9	24	2	2	45	8	81
10	40	3	2	23	0	68
11	40	2	3	41	5	91
12	40	1	4	35	10	90
13	44	2	2	48	11	107
14	48	1	1	21	11	82
15	53	1	1	32	8	95
16	53	4	3	43	10	113
17	63	1	2	34	7	107
18	64	2	5	56	9	136
19	64	1	2	19	16	102
20	66	2	3	32	17	120
21	74	1	1	67	14	157
22	74	2	2	47	16	141
23	77	1	1	34	17	130
24	80	1	2	17	16	116
25	83	2	3	43	16	147
26	91	1	2	14	13	121
27	92	2	4	28	15	141
28	93	1	2	19	20	135
29	93	3	4	32	23	155
30	94	2	1	24	29	150
$\bar{x}$	50,90	1,6333	2,40	35,53	10,67	101,13

Berdasarkan hasil perhitungan statistik terhadap 30 pelanggan Mixue Simpang Tuntungan, diperoleh bahwa proses pelayanan di kasir dan penyajian pesanan berlangsung cukup cepat dengan rata-rata waktu kurang dari 3 menit. Namun, waktu tunggu pelanggan mencapai 10,67 menit, menunjukkan adanya potensi antrean ketika kondisi ramai. Sementara itu, lama makan merupakan aktivitas yang paling lama (35,53 menit) sehingga memengaruhi total waktu pelanggan berada di outlet, dengan rata-rata 101,13 menit. Temuan ini menjadi dasar penerapan

simulasi antrian M/M/1 dan M/M/S untuk meningkatkan efisiensi pelayanan.

### 3. Model A: Sistem Antrian M/M/1 (Satu Kasir)

Model M/M/1 merupakan sistem antrian dengan satu saluran dan hanya satu petugas layanan. Pada model ini, proses kedatangan pelanggan digambarkan dengan distribusi Poisson, sedangkan waktu pelayanannya mengikuti distribusi eksponensial. Adapun persamaan yang digunakan pada model M/M/1 ditunjukkan sebagai berikut:

#### 1. Laju Kedatangan dan Laju Pelayanan

Laju kedatangan rata-rata pelanggan per unit waktu ( $\lambda$ ) dihitung dengan rumus:

$$\lambda = \frac{n}{T}$$

Dimana:

n = jumlah pelanggan = 30 pelanggan

T = total waktu observasi = 150 menit

$$\lambda = \frac{30}{150} = 0,2 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{menit}}$$

Laju pelayanan rata-rata pelanggan per unit waktu ( $\mu$ ) dihitung dengan rumus:

$$\mu = \frac{1}{Wp}$$

Dimana:

Wp = rata-rata waktu pelayanan per pelanggan = 1,6333 menit

$$\mu = \frac{1}{1,6333} = 0,6122 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{menit}}$$

#### 2. Utilitas Kasir

Utilisasi kasir adalah rasio antara tingkat kedatangan pelanggan dengan tingkat pelayanan.

Rumusnya:

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

$$\rho = \frac{0,2}{0,6122} = 0,32667 = (32,67\%)$$

#### 3. Waktu Tunggu Dalam Antrian

Waktu tunggu dalam antrian pada model M/M/1 dihitung dengan rumus:

$$Wq = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$$

$$Wq = \frac{0,32667}{0,6122(1 - 0,32667)} = 0,79241 \text{ menit}$$

#### 4. Jumlah Pelanggan Dalam Antrian :

$$Lq = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$

$$Lq = \frac{0,32667^2}{1-0,32667} = 0,16 \text{ pelanggan}$$

#### 5. Simulasi Untuk 10 Replika (Model M/M/1)

Tabel 2. Hasil Replikasi Untuk Model M/M/1

**Hasil Replikasi**

Replikasi	WIP	Wq(Menit)	Utilisasi
1	0,754	1,123	45,51%
2	0,262	0,312	21,79%
3	0,532	0,708	36,70%
4	0,527	1,401	30,48%
5	0,668	1,181	42,40%
6	0,274	0,347	22,50%
7	0,155	0,216	12,91%
8	0,324	0,231	29,45%
9	0,346	0,154	30,73%
10	0,327	0,228	28,75%

Rata-rata dari 10 replikasi:

- 1) WIP = 0.419 pelanggan
- 2) Wq = 0.590 menit
- 3) Utilisasi = 30.12%

Hasil simulasi Model M/M/1 dengan 10 replikasi menunjukkan adanya variasi antar replikasi yang disebabkan oleh sifat stokastik pada proses kedatangan dan pelayanan pelanggan. Rata-rata nilai utilisasi kasir sebesar 30,12% mendekati perhitungan analitik sebelumnya (32,67%), sehingga hasil simulasi dapat dikatakan konsisten dengan model matematis. Selain itu, waktu tunggu rata-rata hasil simulasi sebesar 0,59 menit sedikit lebih rendah dibandingkan estimasi analitik sebesar 0,79 menit, yang disebabkan oleh pengaruh variasi data acak dan durasi observasi yang terbatas. Secara keseluruhan, hasil simulasi mendukung analisis bahwa pelayanan pada kasir berada pada kondisi efisien dan tidak menimbulkan antrian yang signifikan.

#### 4. Model B: Sistem Antrian M/M/S (Dua Kasir)

Model M/M/S merupakan tipe sistem antrian yang melibatkan lebih dari satu petugas pelayanan. Pada penelitian ini, sistem antrian dijalankan dengan dua server atau pelayan. Proses kedatangan pelanggan diasumsikan berdistribusi Poisson, sedangkan waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial. Perhitungan dalam model ini menggunakan beberapa rumus pokok sebagai berikut:

1. Utilitas Kasir per Kasir ( $\rho_s$ )

Utilisasi kasir per kasir dihitung dengan rumus:

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

$$\rho_s = \frac{0,20}{2 \cdot 0,61224} = 0,16333 \approx 16,33\%$$

2. Probabilitas Tidak Ada Pelanggan Di System ( $P_0$ )

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!(1-\rho_s)} \right]^{-1}$$

$$P_0 = \frac{1}{1,32667+0,06377} \approx 0,71920$$

3. Jumlah Rata-rata Pelanggan dalam Antrian ( $L_q$ )

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda/\mu)^s \rho_s}{s!(1-\rho_s)^2}$$

$$L_q = \frac{0,71920 (0,32667)^2 0,16333}{2(1-0,16333)^2} = 0,00895 \approx 0,009 \text{ pelanggan}$$

4. Waktu Rata-rata dalam Antrian ( $W_q$ )

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

$$W_q = \frac{0,00895}{0,20} = 0,04477 \text{ menit}$$

5. Simulasi untuk 10 Replikasi (Model M/M/S)

Tabel 3. Hasil Replikasi Untuk Model M/M/S (S=2)

Hasil Replikasi			
Replikasi	WIP	Wq(Menit)	Utilisasi
1	0,502	0,189	23.0%
2	0,294	0,020	14.5%
3	0,318	0,051	15.3%
4	0,251	0,000	12.5%
5	0,349	0,038	17.1%
6	0,257	0,028	12.6%
7	0,258	0,000	12,9%
8	0,390	0,027	19.2%
9	0,351	0,169	15.9%
10	0,317	0,029	15.5%

Rata-rata dari 10 replikasi:

- 1) WIP = 0,329 pelanggan
- 2) Wq = 0,055 menit
- 3) Utilisasi = 15,85% per kasir

Hasil replikasi sebanyak 10 kali menghasilkan nilai rata-rata yang stabil dan mendekati perhitungan analitik, dengan variasi kecil yang wajar akibat sifat stokastik pada proses simulasi. Perbedaan yang muncul disebabkan oleh penggunaan data acak pada simulasi serta keterbatasan periode observasi.

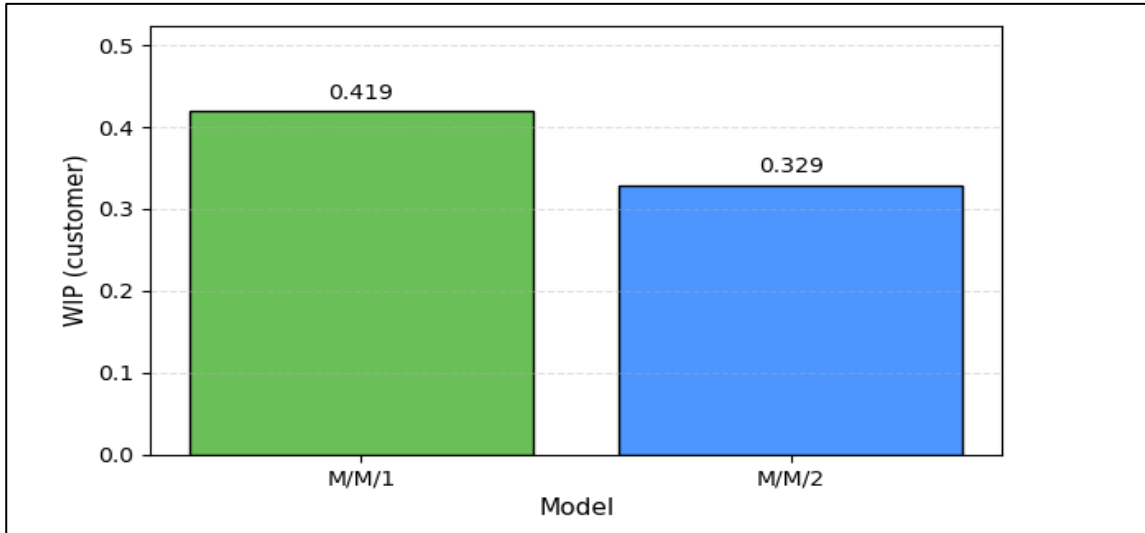
##### 5. Perbandingan Model M/M/1 dan M/M/2

Perbandingan dilakukan untuk mengetahui dampak perubahan jumlah pelayan (kasir) terhadap kinerja sistem antrian pada Mixue Sempang Tuntungan. Hasil sebelumnya menunjukkan bahwa satu kasir mampu melayani pelanggan dengan waktu tunggu yang relatif rendah, namun masih terdapat potensi peningkatan efisiensi pada saat kondisi ramai. Oleh karena itu, dilakukan analisis tambahan dengan menambahkan satu kasir, sehingga sistem berubah dari M/M/1 menjadi M/M/2. Evaluasi kedua model ini bertujuan untuk menilai sejauh mana penambahan kasir mampu mengurangi waktu tunggu, menekan panjang antrian, serta memengaruhi tingkat pemanfaatan tenaga kerja.

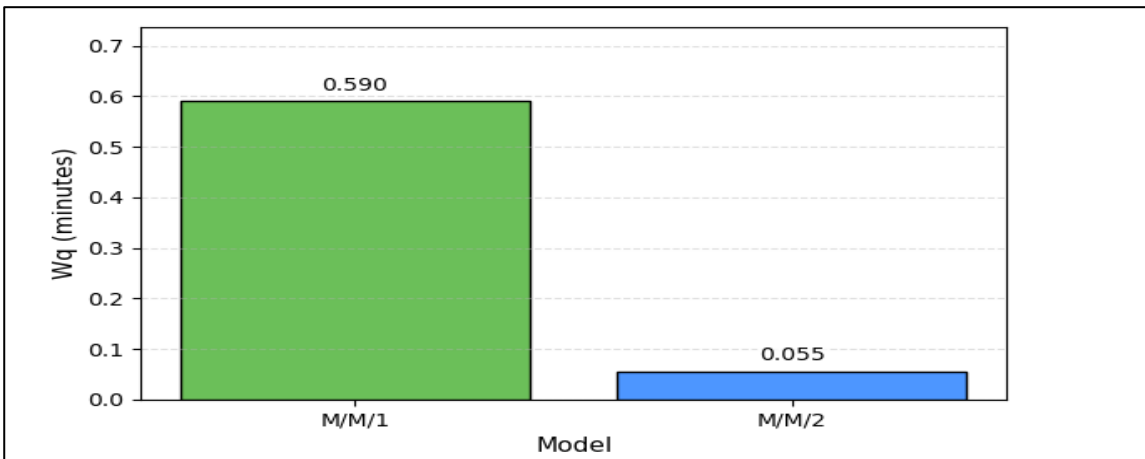
Berikut ini merupakan perbandingan kinerja sistem pelayanan kasir berdasarkan hasil simulasi kedua model:

Tabel 4. Perbandingan Kinerja Sistem Pelayanan Kasir Mixue

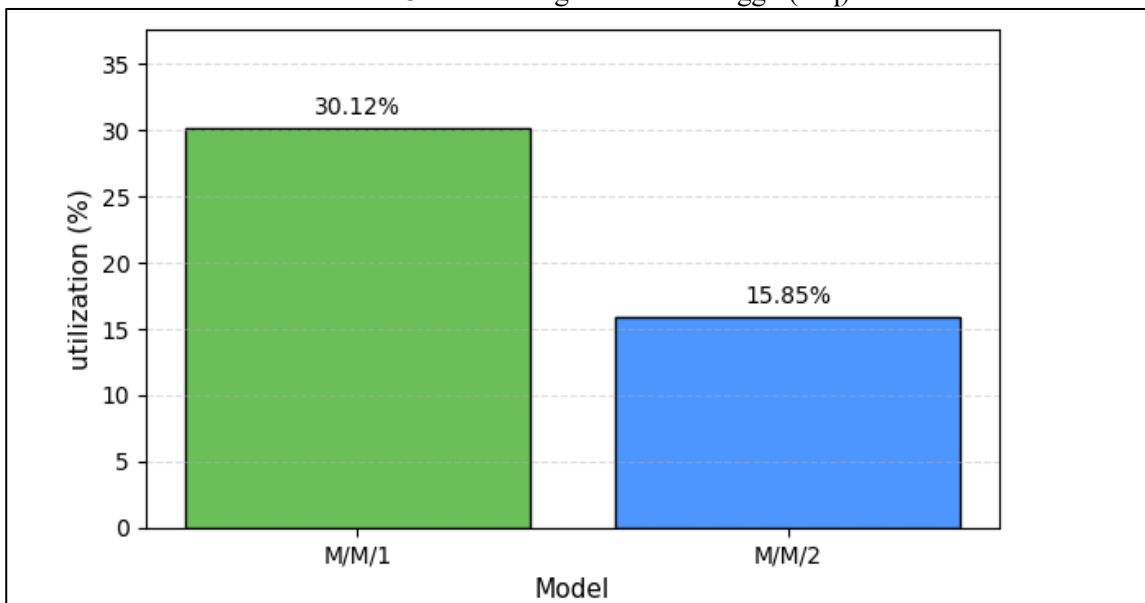
Parameter Kinerja	M/M/1 (Aktual)	M/M/2 (Usuluan)	Perubahan
WIP (Jumlah Pelanggan dalam Sistem)	0,419 pelanggan	0,329 pelanggan	↓ 0,090 pelanggan
Wq (Waktu Tunggu dalam Antrian)	0,590 menit	0,055 menit	↓ 0,535 menit
Utilisasi Kasir	30,12%	15,85% per kasir	↓ 14,27%



Gambar 2. Perbandingan Jumlah Pelanggan dalam Sistem (WIP)



Gambar 3. Perbandingan Waktu Tunggu (Wq)



Gambar 4. Perbandingan Utilisasi Kasir

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan jumlah kasir dari satu menjadi dua mampu menurunkan waktu tunggu pelanggan secara signifikan, khususnya pada kondisi jam sibuk. Namun demikian, penurunan waktu tunggu tersebut diikuti oleh penurunan tingkat utilisasi kasir yang cukup besar, yaitu dari 30,12% pada model M/M/1 menjadi 15,85% per kasir pada model M/M/2. Kondisi ini mengindikasikan bahwa apabila dua kasir dioperasikan secara permanen, maka akan terjadi pemborosan kapasitas kerja dan peningkatan biaya tenaga kerja yang tidak sebanding dengan peningkatan kinerja sistem pada jam operasional normal.

Dari sudut pandang manajerial, hasil ini menyiratkan bahwa strategi penambahan kasir sebaiknya diterapkan secara fleksibel, misalnya hanya pada periode jam puncak seperti jam makan siang, sore hari, dan akhir pekan, ketika tingkat kedatangan pelanggan meningkat secara signifikan. Dengan pendekatan ini, outlet dapat menekan waktu tunggu pelanggan pada saat beban pelayanan tinggi tanpa harus menanggung biaya tambahan tenaga kerja secara terus-menerus.

Selain itu, hasil penelitian ini juga memberikan alternatif kebijakan selain penambahan kasir, seperti pemisahan tugas antara kasir dan kru peracik, penerapan sistem pemesanan berbasis aplikasi, atau pengaturan ulang alur pelayanan. Kebijakan tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi sistem pelayanan dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan penambahan tenaga kerja tetap. Dengan demikian, hasil simulasi tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi kinerja sistem antrian, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan manajerial yang mempertimbangkan keseimbangan antara kualitas pelayanan dan efisiensi biaya operasional.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis antrian dan hasil simulasi Discrete Event Simulation (DES) berbasis Python, proses pelayanan kasir di Mixue Simpang Tuntungan dengan satu kasir masih tergolong efisien. Hal ini ditunjukkan oleh waktu tunggu pelanggan yang relatif rendah, yaitu 0,59 menit, serta tingkat utilisasi kasir sebesar 30,12%. Penambahan jumlah kasir menjadi dua unit mampu menurunkan waktu tunggu pelanggan hingga sekitar 91%, namun diikuti oleh penurunan tingkat utilisasi per kasir menjadi 15,85%, yang mengindikasikan potensi ketidakefisienan biaya tenaga kerja apabila diterapkan secara permanen pada kondisi trafik pelanggan normal. Oleh karena itu, penambahan kasir tidak diperlukan pada kondisi trafik rendah, tetapi sangat bermanfaat pada kondisi jam puncak, seperti akhir pekan, jam makan siang, maupun saat berlangsungnya promosi.

Dari sisi manajerial, outlet Mixue disarankan untuk menerapkan kebijakan tenaga kerja yang bersifat dinamis, yaitu mengoperasikan satu kasir pada kondisi normal dan menambahkan kasir tambahan hanya pada periode dengan intensitas kedatangan pelanggan tinggi. Selain itu, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah dan rentang waktu data observasi yang relatif terbatas serta penggunaan asumsi distribusi Poisson dan eksponensial dalam pemodelan antrian, sehingga hasil simulasi lebih merepresentasikan kondisi operasional pada waktu pengamatan.

Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan Discrete Event Simulation sebagai alat evaluasi dan perancangan sistem pelayanan pada industri kuliner cepat saji berskala waralaba minuman dengan sumber daya pelayanan terbatas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pelaku usaha dan peneliti selanjutnya dalam mengembangkan model simulasi antrian yang lebih adaptif terhadap variasi jam operasional, strategi penjadwalan tenaga kerja, serta integrasi teknologi pemesanan digital untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pelayanan.

## VI. REFERENSI

- Dhani, R., Salshavira, N., Efriyanti, L., Rahmi, M., & Alfandi, M. R. (2025). Optimalisasi Sistem Antrian Di J&T Express Bypass Bukittinggi Dengan Metode Simulasi. *Journal of Innovation And Future Technology (IFTECH)*, 7(1 SE-Articles), 13–22. <https://doi.org/10.47080/iftech.v7i1.3775>
- Duka, I. O., & Sumarlin. (2025). Discrete Event Simulation Untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner Di Mie Broski Kota Kupang. *Jurnal Publikasi Manajemen Informatika*, 4(2 SE-Articles), 202–215. <https://doi.org/10.55606/jupumi.v4i2.3831>

- Hariputra, R. P., Defit, S., & Sumijan. (2022). Analisis Sistem Antrian dalam Meningkatkan Efektivitas Pelayanan Menggunakan Metode Accidental Sampling. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 4(2 SE-Articles), 70–75. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v4i2.127>
- Liperda, R. I., Hardianti, I. K., Widyah, I. N., Fadjri, N. A., & Agustin, R. R. (2022). Simulasi-Optimasi Sistem Transportasi Penentuan Kebutuhan Truk Tangki Pada Proses Distribusi BBM : Studi Kasus TBBM Plumpang. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(2), 91–102. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.24853/jisi.9.2.92-102>
- Lutfie, M., Basiri, S., & Siswanto. (2024). *Pemodelan dan Simulasi Sistem* (M. Lutfie (ed.)). Eureka Media Aksara.
- Putra, S. A. fiillian, Sajidah, H., Prastyo, T., Amelia, C., & Sofha, M. J. (2024). Analisis Simulasi Model Sistem Antrian Menggunakan Metode Discrete Event Simulation Pada Cafe 527 Serang Banten. *Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) Universitas Serang Raya*, 1(SE-Articles), 23–28. <https://e-jurnal2.lppmunsera.org/index.php/senasti/article/view/279>
- Rizqullah, A. D., Rahmawati, R. D., Bagaskoro, M. K., Aibi, N., Rolliawati, D., Studi, P., & Informasi, S. (2023). *Model Sistem Antrian Menggunakan Metode Discrete Event Simulation Pada Gerai Makanan Cepat Saji (Studi Kasus: McDonald's Darmo Surabaya)*. 15(2), 3301–3314. <https://doi.org/https://doi.org/10.18495/jsi.v15i2.132>
- Setiawan, S. S., Suryana, & Hendrayati, H. (2025). Transformasi Digital dan Karakteristik Wirausaha sebagai Solusi dalam Meningkatkan Kinerja UMKM Kuliner di Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Manajemen, Ekonomi Dan Kewirausahaan*, 5(2 SE-Articles), 512–527. <https://doi.org/10.55606/jimek.v5i2.6345>
- Shofiudin, M., Nur Aini, S. A., Ihsan, M. S., Wibowo, R. A. T., & Rolliawati, D. (2024). Discrete Event Simulation untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner (Studi Kasus : Gacoan Merr). *JITU : Journal Informatic Technology And Communication*, 8(1 SE-Articles), 63–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.36596/jitu.v8i1.1048>
- Sopha, B. M., & Sakti, S. (2020). *Pemodelan Dan Simulasi Berbasis Agen Untuk Sistem Kompleks Sosio-Teknikal* (Yuni (ed.)). Gadjah Mada University Press.
- Wara, S. S. M., Nasrudin, M., Adziima, A. F., & Pratama, A. R. (2025). Optimasi Sistem Antrian Pada Medical Center ITS Dengan Simulasi Discrete Event Dan Response Surface Methodology. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(1 SE-Articles), 340–347. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i1.411>