



Efisiensi Layanan Kasir M-Mart: Analisis Kinerja Sistem Antrean dengan Pendekatan Model M/G/1

Jihan Afifah^a, Era Fazira^b, Amelia Dewi Sartika^c, Helmina Andriani^{d}*

^{a, b, c, d}Program Studi Statistika, Universitas Mataram, Indonesia.

*Corresponding author: helmina.andriani@staff.unram.ac.id

ABSTRACT

Queueing systems play an important role in minimarket operations as they influence service efficiency and customer satisfaction. This study aims to determine an appropriate queueing model and evaluate the performance of the cashier service system at M-Mart Jalan Majapahit, Mataram City, based on observed customer arrival and service times. Data were collected through direct observation of 51 customers. The distributions of interarrival and service times were evaluated using the Kolmogorov-Smirnov test, while the best-fitting service-time distribution was selected based on the Akaike Information Criterion (AIC). Subsequently, queue performance measures were calculated using the Pollaczek-Khinchine formula. The results indicated that the interarrival times follow an exponential distribution ($p - value = 0.3000$), supporting the assumption of a Poisson arrival process. Meanwhile, the service times were best fitted by a Weibull distribution, which yielded the lowest AIC value of 504.9279. According to Kendall's notation, the cashier service system is modeled as an M/G/1 queue with a First Come First Served (FCFS) service discipline. The estimated system utilization is 0.8662, the average queue length is 0.0138 customers, and the average waiting time in the queue is 0.1071 minutes. These findings indicate that the queueing system operates under stable conditions, has not reached a bottleneck state, and provides efficient customer service. Nevertheless, regular monitoring during peak hours is recommended to anticipate future increases in customer arrivals.

Keywords: M/G/1, Pollaczek-Khinchine Formula, Queueing System, System Performance, Weibull Distribution.

ABSTRAK

Sistem antrean merupakan salah satu aspek penting dalam operasional minimarket karena memengaruhi efisiensi pelayanan dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan menentukan model antrean yang sesuai serta mengevaluasi kinerja sistem pelayanan kasir M-Mart Jalan Majapahit, Kota Mataram berdasarkan data observasi waktu kedatangan dan waktu pelayanan pelanggan. Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap 51 pelanggan. Distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan diuji menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, sedangkan distribusi waktu pelayanan terbaik dipilih berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Selanjutnya, ukuran kinerja sistem dihitung menggunakan formula Pollaczek-Khinchine. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa waktu antar kedatangan mengikuti distribusi Eksponensial ($p - value = 0,3000$), yang mendukung asumsi proses Poisson pada komponen kedatangan. Sedangkan waktu pelayanan paling sesuai



dimodelkan dengan distribusi Weibull berdasarkan nilai AIC terkecil, yaitu 504,9279. Berdasarkan notasi Kendall, sistem pelayanan kasir dimodelkan sebagai M/G/1 dengan disiplin pelayanan *First Come First Served* (FCFS). Hasil analisis menunjukkan laju kedatangan sebesar 0,1292 pelanggan per menit, laju pelayanan sebesar 0,9656 pelanggan per menit, tingkat utilisasi sebesar 0,1338, probabilitas sistem kosong sebesar 0,8662, rata-rata panjang antrian sebesar 0,0138 pelanggan, dan rata-rata waktu tunggu dalam antrian sebesar 0,1071 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi stabil, belum mengalami *bottleneck*, dan mampu memberikan pelayanan secara efisien. Meskipun demikian, pemantauan pada jam-jam sibuk tetap diperlukan untuk mengantisipasi peningkatan jumlah pelanggan di masa mendatang.

Kata kunci: Distribusi Weibull, Kinerja Sistem, M/G/1, Pollaczek-Khinchine, Sistem Antrian.

Doi: <https://doi.org/10.29303/ijasds.v3i1.10965>

1. Pendahuluan

Sektor ritel modern dituntut untuk mampu memberikan pelayanan yang cepat, tepat, dan efisien guna mempertahankan kepuasan serta loyalitas pelanggan. Salah satu aspek pelayanan yang menjadi perhatian utama pelanggan adalah proses pembayaran di kasir karena merupakan tahap akhir yang secara langsung memengaruhi pengalaman berbelanja. Meningkatnya jumlah pelanggan pada waktu-waktu tertentu sering kali menyebabkan terbentuknya antrian akibat ketidakseimbangan antara laju kedatangan pelanggan dan kapasitas pelayanan. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan waktu tunggu, menurunkan efisiensi operasional, dan berdampak pada kualitas pelayanan yang diterima pelanggan (Bataona et al., 2020). Oleh karena itu, evaluasi terhadap kinerja sistem antrian menjadi penting sebagai dasar dalam meningkatkan efektivitas pelayanan kasir. M-Mart yang berlokasi di Jalan Majapahit Kota Mataram. M-Mart merupakan salah satu minimarket yang melayani pelanggan menggunakan satu kasir aktif. Berdasarkan hasil observasi awal, rata-rata waktu pelayanan mencapai 1 hingga 2 menit. Peningkatan jumlah pelanggan pada jam-jam tertentu menyebabkan terbentuknya antrian yang berpotensi meningkatkan waktu tunggu pelanggan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi terhadap sistem pelayanan kasir untuk mengetahui apakah kapasitas pelayanan yang tersedia telah mampu melayani pelanggan secara efisien atau masih memerlukan perbaikan.

Salah satu pendekatan kuantitatif yang banyak digunakan untuk mengevaluasi sistem pelayanan adalah teori antrian (*queueing theory*). Teori antrian menganalisis interaksi antara pola kedatangan pelanggan, mekanisme pelayanan, dan disiplin antrian untuk menghasilkan berbagai ukuran kinerja sistem, seperti tingkat utilisasi pelayanan, rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem, rata-rata panjang antrian, serta rata-rata waktu tunggu pelanggan (Arianto et al., 2024). Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi efisiensi pelayanan sekaligus mendukung pengambilan keputusan operasional, seperti penyesuaian kapasitas pelayanan atau perbaikan mekanisme pelayanan. Dalam teori antrian terdapat berbagai model yang dapat digunakan untuk menganalisis sistem pelayanan, di antaranya model M/M/1, M/G/1, dan G/G/1. Setiap model memiliki asumsi yang berbeda mengenai distribusi waktu antar kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan (Kusuma et al., 2023). Oleh karena itu, pemilihan model antrian tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan kemudahan analisis matematis, tetapi harus disesuaikan dengan karakteristik data yang diperoleh dari hasil observasi. Penggunaan model yang tidak sesuai dengan karakteristik sistem berpotensi menghasilkan ukuran kinerja yang kurang merepresentasikan kondisi pelayanan sebenarnya.

Berbagai penelitian mengenai sistem antrian pada layanan kasir masih banyak menggunakan M/M/1 karena memiliki bentuk matematis yang relatif sederhana. Model tersebut mengasumsikan bahwa waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial. Namun, hasil observasi awal di kasir M-Mart menunjukkan bahwa durasi pelayanan antar pelanggan cukup bervariasi. Beberapa pelanggan hanya membeli satu atau dua barang sehingga proses pelayanan berlangsung sangat cepat, sedangkan pelanggan lain membeli lebih banyak barang atau menggunakan metode pembayaran yang berbeda sehingga memerlukan waktu pelayanan yang lebih lama. Variasi tersebut menunjukkan bahwa waktu pelayanan dipengaruhi oleh jumlah barang yang dibeli, metode pembayaran, serta karakteristik transaksi pelanggan. Oleh karena itu, terdapat dugaan bahwa distribusi waktu pelayanan tidak sepenuhnya memenuhi asumsi distribusi eksponensial sebagaimana pada model M/M/1, sehingga perlu

dilakukan pengujian distribusi sebelum menentukan model antrian yang digunakan (Kusuma et al., 2023).

Berdasarkan variasi waktu pelayanan yang teramati pada sistem kasir M-Mart, pemilihan model antrian berdasarkan asumsi distribusi tertentu berpotensi menghasilkan model yang kurang merepresentasikan kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menguji distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan berdasarkan data observasi untuk menentukan model antrian yang paling sesuai dengan karakteristik sistem pelayanan kasir M-Mart. Model yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menganalisis kinerja sistem antrian berdasarkan ukuran-ukuran kinerja yang relevan. Dengan pendekatan tersebut, hasil analisis diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai efisiensi pelayanan kasir sekaligus menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi perbaikan sistem pelayanan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan *data-driven* dalam pemilihan model antrian melalui verifikasi asumsi distribusi menggunakan data observasi. Distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan tidak langsung diasumsikan sesuai dengan model tertentu, tetapi terlebih dahulu diuji kesesuaiannya sebelum model antrian ditetapkan. Dengan demikian, model yang diperoleh diharapkan lebih representatif dalam menggambarkan karakteristik sistem pelayanan kasir yang sebenarnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan mengevaluasi kinerja sistem pelayanan kasir M-Mart. Analisis dilakukan secara matematis menggunakan teori antrian berdasarkan data hasil observasi lapangan, yang meliputi pengujian distribusi pola kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan untuk menentukan model antrian yang sesuai sebelumnya dilakukan analisis kinerja sistem.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di M-Mart yang berlokasi di Jalan Majapahit, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap sistem pelayanan kasir pada tanggal 4 Juni 2026 pukul 15.05 – 21.36 WITA. Rentang waktu tersebut dipilih karena mencakup periode operasional sore hingga malam yang, berdasarkan observasi awal, memperlihatkan variasi tingkat kedatangan pelanggan dari kondisi relatif sepi hingga lebih ramai. Seluruh pelanggan yang datang selama periode pengamatan dicatat sebagai unit observasi, sehingga data yang diperoleh mampu merepresentasikan karakteristik sistem antrian pada periode operasional tersebut. Penelitian ini merupakan studi kasus pada sistem antrian kasir M-Mart, sehingga hasil analisis diinterpretasikan dalam konteks periode pengamatan yang dilakukan.

2.3. Instrumen dan Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung menggunakan lembar pencatatan waktu. Variabel yang dicatat meliputi waktu kedatangan pelanggan, waktu mulai dilayani, dan waktu selesai dilayani. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung waktu antar kedatangan (*interarrival time*) dan waktu pelayanan (*service time*) dalam satuan detik sebagai dasar analisis sistem antrian. Sistem yang diamati merupakan sistem antrian dengan satu kasir aktif, disiplin pelayanan *First Come First Served* (FCFS), dan kapasitas sistem yang diasumsikan tidak terbatas.

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak R versi 4.5.0. tahapan analisis meliputi pengolahan data observasi, pengujian distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, penentuan model antrian yang sesuai berdasarkan hasil pengujian distribusi, serta perhitungan ukuran kinerja sistem antrian secara numerik. Model antrian yang teridentifikasi kemudian digunakan sebagai dasar untuk menghitung ukuran-ukuran kinerja sistem, seperti tingkat utilisasi pelayanan, rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem, rata-rata panjang antrian, rata-rata waktu pelanggan dalam sistem, dan rata-rata waktu tunggu dalam antrian.

2.4. Uji Distribusi Data

Sebelum menentukan model antrean yang sesuai, dilakukan pengujian distribusi terhadap data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov (KS). Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian distribusi empiris data dengan distribusi teoritis yang dihipotesiskan, dalam penelitian ini yaitu distribusi eksponensial, sehingga hasilnya dapat dijadikan dasar dalam pemilihan model antrean yang paling sesuai (Nazry et al., 2026). Uji Kolmogorov-Smirnov didasarkan pada nilai maksimum selisih absolut antara fungsi distribusi kumulatif empiris (*Empirical Cumulative Distribution Function*, ECDF) dan fungsi distribusi kumulatif teoritis (*Cumulative Distribution Function*, CDF), yaitu:

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (1)$$

dengan:

- D = statistik uji Kolmogorov-Smirnov
- $F_n(x)$ = fungsi distribusi kumulatif empiris dari data sampel
- $F(x)$ = fungsi distribusi kumulatif teoritis yang dihipotesiskan
- $\sup$ = nilai maksimum (supremum) dari seluruh selisih absolut antara $F_n(x)$ dan $F(x)$

Semakin kecil nilai D , semakin dekat distribusi data terhadap distribusi teoritis yang diuji. Keputusan pengujian diambil dengan membandingkan nilai statistik uji D dengan nilai kritis D_α pada taraf signifikansi 5%. Jika $D > D_\alpha$ atau $p - \text{value} \leq \alpha$ maka H_0 ditolak, sehingga data tidak mengikuti distribusi yang diuji. Sebaliknya, jika $D \leq D_\alpha$ atau $p - \text{value} > \alpha$ maka gagal tolak H_0 , sehingga data dianggap mengikuti distribusi yang diuji. Dimana hipotesis yang diuji adalah (Rajic, 2026)

$H_0: F_n(x) = F(x)$ (distribusi data sama dengan distribusi teoritis yang diuji)

$H_1: F_n(x) \neq F(x)$ (distribusi data berbeda dengan distribusi teoritis yang diuji)

2.5. Penentuan Model Antrean

Model antrean ditentukan berdasarkan notasi Kendall $A/B/c$, di mana A menyatakan distribusi waktu antar kedatangan, B menyatakan distribusi waktu pelayanan, dan c menyatakan jumlah pelayan (*server*) (Muzdalifah & Ariyani, 2024). Penentuan notasi Kendall dilakukan berdasarkan hasil pengujian distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan serta karakteristik sistem pelayanan yang diamati. Dengan demikian, model antrean yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan setelah seluruh karakteristik sistem diketahui, sehingga notasi Kendall yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi sistem pelayanan secara tepat.

2.6. Analisis Parameter Dasar

Setelah model antrean ditentukan, dilakukan perhitungan parameter dasar sistem antrean yang meliputi laju kedatangan pelanggan, laju pelayanan, dan tingkat utilisasi sistem. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik sistem pelayanan serta menjadi dasar dalam perhitungan ukuran kinerja sistem antrean (Shortle et al., 2018). Laju kedatangan pelanggan (λ) dihitung sebagai rata-rata jumlah pelanggan yang datang per satuan waktu pengamatan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad (2)$$

dengan

- λ = laju kedatangan pelanggan (pelanggan/menit)
- n = jumlah pelanggan yang diamati
- T = durasi pengamatan (menit)

Selanjutnya, laju pelayanan pelanggan dihitung berdasarkan kebalikan dari rata-rata waktu pelayanan ($E(s)$), yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E(S)} \quad (3)$$

dimana μ adalah laju pelayanan pelanggan (pelanggan/menit) dan $E(S)$ adalah rata-rata waktu pelayanan (menit).

Berdasarkan nilai laju kedatangan dan laju pelayanan, tingkat utilisasi sistem (ρ) dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

dimana ρ adalah tingkat utilisasi sistem

Nilai utilisasi menunjukkan proporsi waktu pelayan berada dalam kondisi sibuk melayani pelanggan. Sistem antrean dikatakan berada dalam kondisi stabil apabila memenuhi syarat $\rho < 1$, yang menunjukkan bahwa laju pelayanan lebih besar daripada laju kedatangan pelanggan sehingga antrean tidak terus bertambah (Shortle et al., 2018).

2.7. Ukuran Kinerja Sistem Antrean

Ukuran kinerja sistem antrean dihitung setelah model antrean ditentukan. Untuk model M/G/1, perhitungan dilakukan menggunakan formula Pollaczek–Khinchine yang banyak digunakan dalam analisis sistem antrean dengan waktu pelayanan berdistribusi umum (*General*) (Shortle et al., 2018). Ukuran kinerja yang dihitung meliputi probabilitas sistem kosong, rata-rata jumlah pelanggan dalam antrean, rata-rata waktu tunggu dalam antrean, rata-rata waktu pelanggan berada dalam sistem, serta rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem.

Probabilitas sistem kosong (P_0) menunjukkan peluang tidak adanya pelanggan di dalam sistem sehingga pelayan berada dalam kondisi menganggur. Nilai tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_0 = 1 - \rho \quad (5)$$

dengan P_0 adalah probabilitas sistem kosong dan ρ adalah tingkat utilisasi sistem.

Rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam antrean (L_q) dihitung menggunakan formula Pollaczek–Khinchine sebagai berikut (Shortle et al., 2018):

$$L_q = \frac{\lambda^2 Var(S) + \rho^2}{2(1 - \rho)} \quad (6)$$

dengan:

L_q	=	rata-rata jumlah pelanggan dalam antrean
λ	=	laju kedatangan pelanggan
$Var(S)$	=	variasi waktu pelayanan
ρ	=	tingkat utilisasi sistem

Berdasarkan nilai L_q , rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrean (W_q) dihitung menggunakan persamaan:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (7)$$

dimana W_q merupakan rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrean (menit).

Selanjutnya, rata-rata waktu pelanggan berada di dalam sistem (W) diperoleh sebagai penjumlahan antara rata-rata waktu tunggu dalam antrian dan rata-rata waktu pelayanan (Lakatos et al., 2019), yaitu:

$$W = W_q + E(S) \quad (8)$$

Sementara itu, rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem (L) dihitung menggunakan Hukum *Little* (*Little's Law*), yang menyatakan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem sama dengan hasil kali antara laju kedatangan pelanggan dan rata-rata waktu pelanggan berada dalam sistem (Ross, 2019). Secara sederhana, *Little's Law* menyatakan bahwa semakin tinggi laju kedatangan pelanggan atau semakin lama waktu pelanggan berada di dalam sistem, maka semakin banyak pelanggan yang berada di dalam sistem pada suatu waktu. Secara matematis, *Little's Law* dinyatakan sebagai

$$L = \lambda W \quad (9)$$

Untuk antrian saja (tidak termasuk yang sedang dilayani), *Little's Law* juga berlaku dalam bentuk:

$$L_q = \lambda W_q \quad (10)$$

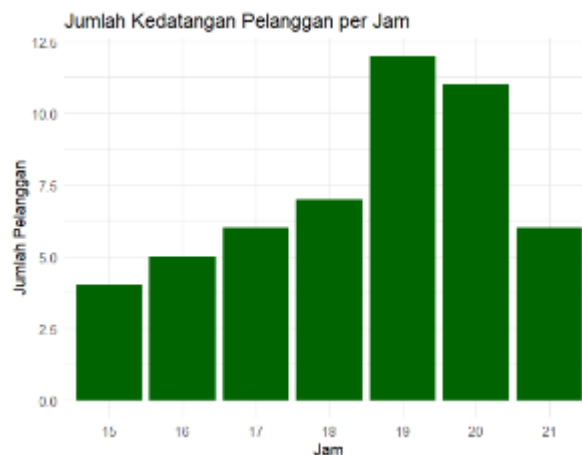
dengan:

- L_q = rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian
 W_q = rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Sistem Antrian

Sistem antrian yang diamati di M-Mart Jalan Majapahit, Kota Mataram terdiri atas satu kasir aktif dengan disiplin pelayanan *First Come First Served* (FCFS). Observasi dilakukan terhadap 51 pelanggan selama 394,73 menit. Berdasarkan waktu kedatangan pelanggan, periode pengamatan dibagi menjadi dua interval waktu, yaitu sebelum pukul 18.00 WITA dan setelah pukul 18.00 WITA. Pembagian ini dilakukan untuk membandingkan karakteristik sistem antrian pada dua periode operasional yang memiliki jumlah pelanggan berbeda. Selama periode sebelum pukul 18.00 WITA tercatat 15 pelanggan, sedangkan setelah pukul 18.00 WITA tercatat 36 pelanggan.



Gambar 1 Bar Chart Jumlah Kedatangan Pelanggan per Jam

Gambar 1 menunjukkan pola kedatangan pelanggan selama periode pengamatan berdasarkan interval waktu per jam. Terlihat bahwa jumlah pelanggan cenderung meningkat setelah pukul 18.00 WITA sehingga volume *kedatangan* pada periode setelah pukul 18.00 WITA lebih tinggi dibandingkan periode sebelumnya. Perbedaan pola kedatangan tersebut mengindikasikan adanya variasi intensitas kedatangan pelanggan selama periode pengamatan. Kondisi ini yang selanjutnya menjadi dasar dalam analisis distribusi waktu antar kedatangan untuk menentukan model antrian yang sesuai.

3.2 Penentuan Model Antrean

Pengujian distribusi dilakukan menggunakan uji Kolmogorov–Smirnov terhadap data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dengan asumsi bahwa kedua variabel mengikuti distribusi Eksponensial. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak R, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kolmogorov–Smirnov

Variabel	Mean (detik)	SD (detik)	Statistik Uji D	$p - value$
Waktu antar kedatangan	473,68	464,18	0,13435	0,300000
Waktu pelayanan	62,14	36,21	0,25439	0,002719

Berdasarkan Tabel 1, waktu antar kedatangan memiliki $p - value$ sebesar 0,30000 ($> 0,05$), sehingga H_0 gagal ditolak. Dengan demikian, waktu antar kedatangan dapat dianggap mengikuti distribusi Eksponensial, yang menunjukkan bahwa proses kedatangan pelanggan memenuhi asumsi proses Poisson. Sebaliknya, waktu pelayanan menghasilkan $p - value$ sebesar 0,002719 ($< 0,05$), sehingga H_0 nol ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa waktu pelayanan tidak mengikuti distribusi Eksponensial sehingga model antrean M/M/1 tidak sesuai digunakan.

Selanjutnya, dilakukan *distribution fitting* terhadap beberapa distribusi kandidat untuk waktu pelayanan sesuai notasi Kendall, yaitu Weibull, Gamma, Lognormal, Normal, dan Eksponensial. Hasil uji kesesuaian distribusi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kesesuaian Distribusi Waktu Pelayanan

Distribusi	D	$p - value$	AIC
Weibull	0,066908	0,976391	504,9729
Gamma	0,076625	0,925585	505,6922
Lognormal	0,119967	0,455143	512,5242
Normal	0,112159	0,542559	513,8323
Eksponensial	0,254387	0,002719	525,1933

Penentuan distribusi terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan nilai $p - value$ uji Kolmogorov–Smirnov dan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Distribusi dengan $p - value$ lebih besar dari 0,05 dinilai tidak berbeda secara signifikan dari data empiris, sedangkan distribusi dengan nilai AIC terkecil dipilih sebagai model yang paling baik karena memberikan keseimbangan terbaik antara tingkat kecocokan model dan kompleksitasnya. Kriteria pemilihan berdasarkan AIC ini telah banyak digunakan dalam pemilihan model statistik karena mampu membandingkan beberapa model yang diestimasi pada data yang sama (Dziak et al., 2019).

Berdasarkan Tabel 2, distribusi Weibull memiliki nilai AIC paling kecil, yaitu 504,9729 dengan $p - value$ sebesar 0,976391 ($> 0,05$). Oleh karena itu, distribusi Weibull dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai untuk merepresentasikan waktu pelayanan kasir M-Mart. Mengacu pada notasi Kendall, distribusi waktu antar kedatangan yang bersifat eksponensial dinotasikan sebagai M (*Markovian*), sedangkan distribusi waktu pelayanan Weibull termasuk dalam kelompok distribusi umum (G, *General*). Dengan satu kasir aktif sebagai pelayan, model sistem antrean yang sesuai untuk M-Mart adalah M/G/1. Sistem ini menerapkan disiplin pelayanan *First Come First Served* (FCFS) dengan asumsi kapasitas sistem dan sumber pelanggan tidak terbatas. Model M/G/1 selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pelayanan melalui ukuran-ukuran kinerja antrean, seperti tingkat utilisasi, rata-rata panjang antrean, rata-rata waktu tunggu dalam antrean, rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem, dan rata-rata waktu pelanggan berada dalam sistem (Rianti et al., 2022).

3.3 Parameter Dasar Sistem

Hasil perhitungan parameter dasar sistem antrean M/G/1 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Dasar Sistem Antrean M/G/1

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Jumlah pelanggan	N	51	Pelanggan
Durasi observasi	T	394,73	Menit
Laju kedatangan	λ	0,1292	Pelanggan/menit
Laju pelayanan	μ	0,9656	Pelanggan/menit
Tingkat utilitas	ρ	0,1338	-
Probabilitas sistem kosong	P_0	0,8662	-
Rata-rata waktu pelayanan	$E(S)$	1,0356	Menit
Variansi waktu pelayanan	$Var(S)$	0,3642	Menit ²

Berdasarkan Tabel 3, selama periode pengamatan sebanyak 394,73 menit tercatat 51 pelanggan yang datang ke kasir M-Mart. Hal ini menghasilkan laju kedatangan pelanggan (λ) sebesar 0,1292 pelanggan per menit, sedangkan laju pelayanan (μ) sebesar 0,9656 pelanggan per menit. Nilai laju pelayanan yang lebih besar daripada laju kedatangan menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan kasir masih mampu mengimbangi jumlah pelanggan yang datang.

Tingkat utilisasi sistem (ρ) sebesar 0,1338 menunjukkan bahwa kasir hanya digunakan sekitar 13,38% dari kapasitas pelayanannya. Karena nilai $\rho < 1$, sistem berada dalam kondisi stabil, yang berarti laju pelayanan lebih tinggi daripada laju kedatangan sehingga antrean tidak akan terus bertambah dalam jangka panjang. Selanjutnya, probabilitas sistem kosong P_0 sebesar 0,8662 mengindikasikan bahwa kasir berada dalam kondisi tidak melayani pelanggan sekitar 86,62% dari total waktu operasional. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan yang tersedia masih relatif longgar dibandingkan dengan tingkat kedatangan pelanggan.

Selain itu, rata-rata waktu pelayanan $E(S)$ sebesar 1,0356 menit menunjukkan bahwa seorang pelanggan memerlukan waktu sekitar 1,04 menit untuk menyelesaikan proses pelayanan di kasir. Variansi waktu pelayanan $Var(S)$ sebesar 0,3642 menit² menunjukkan bahwa variasi durasi pelayanan antar pelanggan relatif rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu pelayanan cenderung konsisten, sehingga proses pelayanan di kasir berlangsung cukup seragam meskipun terdapat sedikit perbedaan durasi antar pelanggan.

3.4 Ukuran Kinerja Sistem M/G/1

Ukuran kinerja sistem dihitung menggunakan formula Pollaczek–Khinchine untuk model antrean M/G/1. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4,

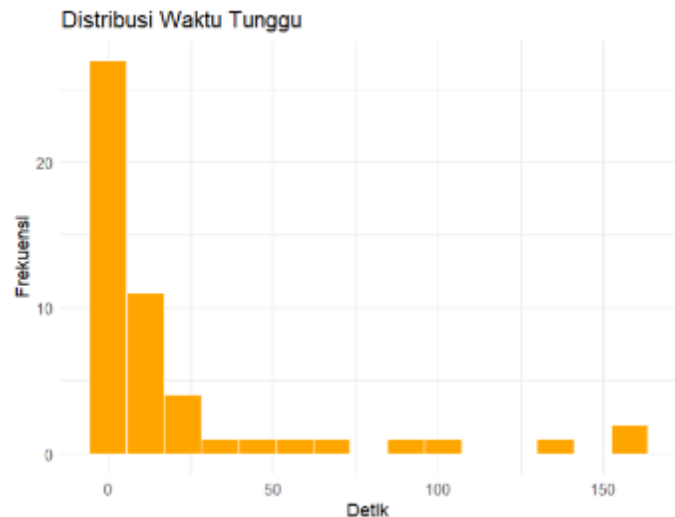
Tabel 4. Ukuran Kinerja Sistem Antrean M/G/1

Ukuran kinerja	Simbol	Nilai	Satuan
Rata-rata pelanggan dalam antrean	L_q	0,0138	Pelanggan
Rata-rata pelanggan dalam sistem	L	0,1476	Pelanggan
Rata-rata waktu tunggu dalam antrean	W_q	0,1071	Menit
Rata-rata waktu dalam sistem	W	1,1428	Menit

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam antrean (L_q) hanya sebesar 0,0138 pelanggan, sedangkan rata-rata jumlah pelanggan yang berada dalam sistem (L) sebesar 0,1476 pelanggan. Artinya, secara rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu maupun yang berada dalam sistem masih di bawah 1 orang pada satu waktu pengamatan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada sebagian besar waktu operasional, sistem hampir tidak mengalami antrean, sehingga tingkat kepadatan pelanggan dalam sistem relatif rendah,

Rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrean sebesar 0,1071 menit atau sekitar 6,43 detik. Sementara itu, rata-rata waktu pelanggan berada dalam sistem sebesar 1,1428 menit atau sekitar 68,57 detik, termasuk waktu pelayanan. Hasil ini menunjukkan bahwa pelanggan memperoleh pelayanan dengan cepat dan hampir tidak mengalami keterlambatan sebelum dilayani,

Hasil tersebut sejalan dengan nilai utilisasi sistem (ρ) sebesar 0,1338 yang diperoleh pada Tabel 3. Dalam teori antrian, tingkat utilisasi yang rendah menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan lebih besar daripada laju kedatangan pelanggan, sehingga panjang antrian dan waktu tunggu cenderung lebih kecil. Oleh karena itu, rendahnya nilai L_q dan W_q mengindikasikan bahwa sistem pelayanan kasir M-Mart telah beroperasi secara efisien dan mampu melayani pelanggan tanpa menimbulkan antrian yang berarti.



Gambar 2. Histogram Distribusi Waktu Tunggu

Gambar 2 memperlihatkan histogram distribusi waktu tunggu pelanggan. Distribusi tersebut memiliki bentuk menjulur ke kanan (*right-skewed*), yang menunjukkan bahwa sebagian besar pelanggan hampir tidak mengalami waktu tunggu atau hanya menunggu dalam waktu yang sangat singkat. Sebaliknya, hanya sebagian kecil pelanggan yang mengalami waktu tunggu relatif lebih lama. Kondisi ini umumnya terjadi ketika beberapa pelanggan datang hampir bersamaan saat kasir masih melayani pelanggan sebelumnya. Pola distribusi tersebut konsisten dengan hasil analisis ukuran kinerja sistem, khususnya nilai rata-rata waktu tunggu yang rendah dan tingkat utilisasi sistem yang kecil, sehingga semakin memperkuat bahwa sistem pelayanan kasir M-Mart beroperasi secara efisien dengan model antrian M/G/1/

3.5 Perbandingan Kinerja Sistem berdasarkan Periode Pengamatan

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai kinerja sistem, analisis dilakukan secara terpisah pada dua periode operasional, yaitu sebelum pukul 18.00 WITA dan setelah pukul 18.00 WITA. Hasil perbandingan kinerja sistem pada kedua sesi disajikan pada Tabel 5,

Tabel 5. Perbandingan Kinerja Sistem berdasarkan Periode Pengamatan

Ukuran kinerja	< pukul 18:00	$\geq$ pukul 18:00
Jumlah pelanggan	15	36
Laju kedatangan	0,0902	0,1685
Laju pelayanan	0,8612	1,0169
Tingkat utilitas	0,1048	0,1657
Probabilitas sistem kosong	0,8952	0,8343
Rata-rata pelanggan dalam antrian	0,0070	0,0238
Rata-rata waktu tunggu dalam antrian	0,0778	0,1413
Rata-rata waktu dalam sistem	1,2389	1,1247
Status	Stabil	Stabil

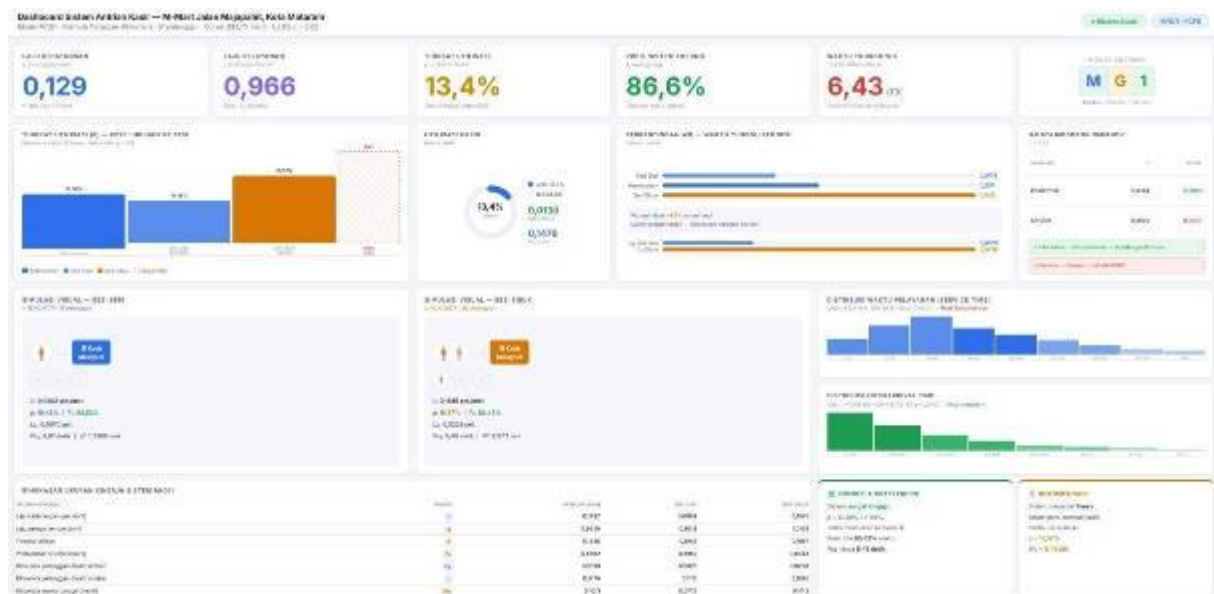
Berdasarkan Tabel 5, jumlah pelanggan pada periode setelah pukul 18.00 WITA mencapai 36 orang, lebih banyak dibandingkan periode sebelum pukul 18.00 WITA yang hanya sebanyak 15 orang. Kondisi tersebut menyebabkan laju kedatangan pelanggan pada periode setelah pukul 18.00 WITA meningkat menjadi 0,1685 pelanggan per menit, sedangkan pada periode sebelum pukul 18.00 WITA sebesar 0,0902 pelanggan per menit. Meskipun demikian, laju pelayanan pada kedua periode masih

lebih tinggi daripada laju kedatangan, yaitu masing-masing sebesar 1,0269 dan 0,8612 pelanggan per menit.

Perbedaan laju kedatangan tersebut berdampak pada tingkat utilisasi sistem. Pada periode setelah pukul 18.00 WITA, tingkat utilisasi mencapai 0,1657, lebih tinggi dibandingkan periode sebelum pukul 18.00 WITA yang sebesar 0,1048. Peningkatan utilisasi tersebut diikuti oleh meningkatnya rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian (L_q) dari 0,0070 menjadi 0,0238 pelanggan serta rata-rata waktu tunggu dalam antrian (W_q) dari 0,0778 menit menjadi 0,1413 menit. Meskipun demikian, nilai-nilai tersebut masih menunjukkan bahwa antrian yang terbentuk relatif kecil. Kedua periode pengamatan juga tetap berada dalam kondisi stabil karena nilai tingkat utilisasi pada masing-masing periode masih lebih kecil dari satu ($\rho < 1$). Selain itu, probabilitas sistem kosong masih tergolong tinggi, yaitu sebesar 0,8952 pada periode sebelum pukul 18.00 WITA dan 0,8343 pada periode setelah pukul 18.00 WITA, yang menunjukkan bahwa kasir masih memiliki waktu luang yang cukup besar selama periode pengamatan.

Secara keseluruhan, nilai tingkat utilisasi sistem sebesar 0,1338 menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan kasir masih jauh melebihi permintaan rata-rata selama periode pengamatan. Dengan probabilitas sistem kosong sebesar 86,62%, kasir lebih banyak berada dalam kondisi tidak melayani pelanggan. Kondisi ini menunjukkan bahwa belum terdapat *bottleneck* pada sistem antrian kasir M-Mart dan sistem pelayanan masih beroperasi secara efisien. Meskipun demikian, peningkatan tingkat utilisasi pada periode setelah pukul 18.00 WITA mengindikasikan adanya peningkatan beban pelayanan yang perlu dipantau. Apabila laju kedatangan pelanggan terus meningkat tanpa diimbangi peningkatan kapasitas pelayanan, utilisasi sistem akan semakin tinggi dan berpotensi menimbulkan *bottleneck* pada masa mendatang (Bataona et al., 2020).

Untuk memperjelas hasil perbandingan tersebut, Gambar 4 menyajikan *dashboard* visualisasi yang merangkum parameter dasar dan ukuran kinerja sistem antrian pada periode sebelum pukul 18.00 WITA, periode setelah pukul 18.00 WITA, serta keseluruhan periode pengamatan.



Gambar 4. *Dashboard* Visualisasi Sistem Antrean

Gambar 4 menyajikan ringkasan parameter dasar dan ukuran kinerja sistem antrian kasir M-Mart selama periode pengamatan. Visualisasi menunjukkan bahwa laju pelayanan lebih tinggi daripada laju kedatangan, sehingga tingkat utilisasi sistem relatif rendah. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian serta singkatnya waktu tunggu pelanggan. Secara keseluruhan, *dashboard* ini memperkuat hasil analisis bahwa sistem antrian kasir M-Mart berada dalam kondisi stabil dan mampu memberikan pelayanan secara efisien.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, sistem antrean kasir M-Mart di Jalan Majapahit, Kota Mataram mengikuti model antrean M/G/1 dengan disiplin pelayanan *First Come First Served* (FCFS). Hasil uji distribusi menunjukkan bahwa waktu antar kedatangan mengikuti distribusi eksponensial, sedangkan waktu pelayanan mengikuti distribusi Weibull sehingga termasuk dalam distribusi umum (*General*). Perhitungan menggunakan formula Pollaczek-Khinchine menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat utilisasi yang rendah ($\rho = 0,1338$), probabilitas sistem kosong yang tinggi ($P_0 = 0,8662$), serta rata-rata panjang antrean dan waktu tunggu yang sangat kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem antrean pada periode pengamatan 15.05 – 21.36 WITA berada dalam keadaan stabil dan mampu melayani pelanggan secara efisien.

Meskipun demikian, tingkat utilisasi pada periode setelah pukul 18.00 WITA lebih tinggi dibandingkan periode sebelum pukul 18.00 WITA, sejalan dengan meningkatnya laju kedatangan pelanggan pada periode tersebut. Oleh karena itu, pihak manajemen disarankan untuk melakukan pemantauan secara berkala terhadap kondisi antrean pada periode dengan tingkat kedatangan pelanggan yang lebih tinggi. Apabila terjadi peningkatan volume kedatangan pelanggan secara signifikan, penambahan kasir atau penyesuaian jadwal kerja kasir dapat dipertimbangkan untuk mempertahankan kualitas pelayanan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang diberikan selama proses penelitian, Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi kepada pihak manajemen M-Mart Jalan Majapahit Kota Mataram, atas izin dan kemudahan dalam proses pengumpulan data observasi,

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, M., Yunani, A., Widodo, A., Silvianita, A., & Rubiyanti, N. (2024). Kerangka Konseptual: Penerapan Teori Antrian (M/M/1 with Finite Source) dalam Meminimalisir Demurrage (Studi Kasus Pelayanan Pemuatan Klinker Ekspor PT. QWE). *JMBI UNSRAT (Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi*, 11(1), 1141–1149. <https://doi.org/https://doi.org/10.35794/jmbi.v11i1.55527>
- Bataona, B. L. V., Nyoko, A. E. L., & Nursiani, N. P. (2020). Analisis Sistem Antrean dalam Optimalisasi Layanan di Supermarket Hyperstore. *Journal of Management - Small and Medium Enterprises (SME's)*, 12(2), 225–237. <https://doi.org/https://doi.org/10.35508/jom.v12i2.2695>
- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, S. T., Li, R., & Jermin, L. S. (2019). Sensitivity and Specificity of Information Criteria. *Brief Bioinform*, 21(2), 553–565. <https://doi.org/10.1093/bib/bbz016>
- Kusuma, D. D., Wahyudin, W., & Anshari, A. (2023). Analisis Teori Antrian dan Optimalisasi Pelayanan pada Alfamart Perum Cengkong Menggunakan Model Single Channel-Single Phase. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5810–5816. <https://doi.org/https://doi.org/10.32672/jse.v8i2.5967>
- Lakatos, L., Szeidl, L., & Telek, M. (2019). *Introduction to Queueing Systems with Telecommunication Applications* (Second). Springer Nature Switzerland.
- Muzdalifah, L., & Ariyani, N. (2024). Analisis Perbandingan Kinerja Sistem Antrian Tak Terbatas (G/G/2) dan Sistem Antrian Terbatas (M/M/2):(GD/N/∞). *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, 8(1), 69–77.
- Nazry, H. W. S., Rizky, F., Ulfah, F., & Antoro, B. (2026). Pemodelan Distribusi Waktu Kedatangan dalam Teori Antrian dengan Pendekatan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Riset Komputer*, 13(1), 183–191. <https://doi.org/https://doi.org/10.30865/jurikom.v13i1.9411>
- Rajic, V. (2026). Statistical Hypothesis Testing: A Comprehensive Review of Theory, Methods, and Applications. *Mathematics*, 14(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/math14020300>
- Rianti, D., Mukhaiyar, U., & Mardianto, L. (2022). Analisis Sistem Antrian pada Pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera Menggunakan Teori Antrian. *Indonesian Journal of Applied*

- Mathematics*, 2(1), 10–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.35472/indojam.v2i1.534>
- Ross, S. M. (2019). *Introduction to Probability Models* (12th ed.). Academic Press.
- Shortle, J. F., Thompson, J. M., Gross, D., & Harris, C. M. (2018). *Fundamentals of Queueing Theory*. John Wiley & Sons, Inc.