

# Analiss Teori Antrean Pelayanan Pada Pencucian Mobil Ledong Barat Menggunakan Model Single Channel-Single Phase dan Penerapan POM-QM

Zeirin Padila Sari<sup>1</sup>, Asis Nihaya Rami,<sup>2</sup> Ade Fikri<sup>3</sup>, Syahril Efendi<sup>4</sup>,

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Labuhanbatu, Indonesia.

Email : [1zeirinfadilasari@gmail.com](mailto:1zeirinfadilasari@gmail.com), [2asisnihaya04@gmail.com](mailto:2asisnihaya04@gmail.com), [3adefikri293@gmail.com](mailto:3adefikri293@gmail.com),  
[4syahrilefendi270604@gmail.com](mailto:4syahrilefendi270604@gmail.com)

Email Penulis Korespondensi: [zeirinfadilasari@gmail.com](mailto:zeirinfadilasari@gmail.com)

## Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan permintaan terhadap jasa pencucian mobil meningkat pesat, yang sering kali berdampak pada terbentuknya antrean panjang dan waktu tunggu yang lama bagi pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem antrean pada jasa pencucian mobil di Ledong Barat, Kabupaten Asahan, yang sering mengalami penumpukan kendaraan pada jam-jam sibuk. Metode yang digunakan adalah observasi kuantitatif dengan pendekatan model antrean Single Channel Single Phase. Data primer dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap tingkat kedatangan pelanggan dan durasi pelayanan petugas. Penelitian ini menggunakan pendekatan Teori Antrean berdasarkan model yang dikembangkan oleh : (Fadhli, 2020). Data tersebut kemudian diolah menggunakan software POM-QM for Windows untuk membandingkan kinerja model eksisting M/M/1 dengan simulasi model M/M/2 (penambahan satu server). Parameter yang diukur meliputi tingkat utilitas pelayanan, rata-rata jumlah kendaraan dalam sistem, serta waktu tunggu rata-rata pelanggan dalam antrean. Data diolah menggunakan bantuan POM-QM untuk mendapatkan hasil yang akurat dan sesuai dengan parameter yang disarankan oleh: (Bastian, 2022) Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting dengan satu server, sistem mengalami kondisi tidak stabil (explosive) karena tingkat kedatangan melebihi kapasitas pelayanan. Namun, melalui simulasi penambahan satu server (model M/M/2), waktu tunggu pelanggan dapat ditekan secara signifikan hingga 13,21 menit dengan tingkat kesibukan server sebesar 50%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi manajemen untuk melakukan optimalisasi kapasitas pelayanan guna meminimalkan antrean dan meningkatkan kepuasan pelanggan melalui efisiensi waktu.

**Kata Kunci :** Antrean, Pencucian Mobil, Single Channel, M/M/1, M/M/2, QM for Windows

## 1. PENDAHULUAN

Di daerah ledong barat, usaha cuci mobil makin menjamur, tapi masalahnya kalau hari libur antreannya panjang sekali sampai mengganggu jalan. Kondisi di ledong barat saat itu sedang musim hujan, sehingga banyak mobil-mobil berlumpur yang datang serentak. Sebagai salah satu bentuk layanan jasa, pencucian mobil harus mampu memberikan pelayanan yang cepat, efisien, dan memuaskan agar mampu bersaing dan mempertahankan pelanggan. Karakteristik sistem antrean ditentukan oleh pola kedatangan pelanggan yang bersifat acak dan pola waktu pelayanan yang mengikuti distribusi probabilitas tertentu (Pratama, 2020). Namun, pada praktiknya banyak tempat pencucian mobil menghadapi masalah berupa antrean panjang, waktu tunggu yang tinggi, serta ketidakseimbangan antara jumlah pelanggan yang datang dan kapasitas pelayanan yang tersedia. Masalah antrean merupakan fenomena yang sering terjadi ketika jumlah pelanggan melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia, sehingga diperlukan analisis untuk meminimalkan waktu tunggu (Mulyono, 2020). Kondisi ini dapat menurunkan kualitas layanan dan menyebabkan ketidakpuasan pelanggan. Bisnis pencucian mobil saat ini berkembang pesat seiring meningkatnya jumlah kendaraan (Andriani, 2021).

Mengantre adalah suatu hal yang sering dilakukan dalam kegiatan sehari-hari dan selalu dihindari. Walaupun dihindari tetapi dalam praktiknya kegiatan ini tidak bisa dihindarkan dan ditemukan pada kegiatan sehari-hari. Masalah utama yang sering dihadapi adalah antrean panjang pada jam sibuk (Setiawan, 2021)

Permasalahan antrean pada dasarnya adalah masalah keseimbangan ekonomi. Di satu sisi, penambahan fasilitas atau tenaga kerja akan mengurangi waktu tunggu pelanggan, namun di sisi lain akan meningkatkan biaya operasional bagi pemilik usaha. Sebaliknya, membiarkan antrean panjang memang menghemat biaya operasional, namun berisiko kehilangan pelanggan di masa depan karena mereka enggan kembali. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan ilmiah melalui teori antrean untuk menemukan titik keseimbangan (optimum) antara kecepatan pelayanan dan biaya yang dikeluarkan. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang pesat menjadi pemicu utama munculnya antrean panjang di berbagai sektor jasa (Aditama, 2023)

Salah satu pendekatan ilmiah yang dapat digunakan untuk menganalisis dan memecahkan masalah tersebut adalah teori antrean. Teori antrean berfungsi untuk menggambarkan dan mengevaluasi proses pelayanan berdasarkan pola kedatangan pelanggan, waktu pelayanan, jumlah fasilitas pelayanan, serta tingkat utilitas sistem. Pada penelitian ini digunakan model antrean single channel single phase, yaitu model yang menggambarkan sistem dengan satu saluran pelayanan dan satu tahap proses. Model ini umum diterapkan pada layanan sederhana seperti loket pembayaran, kios pelayanan, maupun pencucian mobil yang hanya memiliki satu jalur pelayanan. Waktu tunggu yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan tingkat kepuasan pelanggan secara signifikan (Rahayu, 2021). Oleh karena itu, evaluasi kinerja pelayanan secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga kualitas jasa (Irawan, 2019)

Penelitian ini memfokuskan analisis pada model Single Channel Single Phase, di mana kendaraan masuk melalui satu jalur pelayanan dan keluar melalui satu tahap proses pencucian. Data yang dikumpulkan melalui observasi langsung

mengenai tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) akan diuji menggunakan model matematis M/M/1. Lebih lanjut, untuk memberikan solusi strategis bagi pengelola, dilakukan simulasi pengembangan sistem menggunakan model M/M/2 (multi-server).

Proses perhitungan teknis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak QM for Windows, yang memungkinkan analisis data secara akurat untuk mengetahui tingkat utilitas server, probabilitas sistem dalam keadaan menganggur, hingga rata-rata kendaraan dalam antrian. Melalui analisis mendalam ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi yang konkret apakah lokasi pencucian mobil di Ledong Barat tersebut cukup mempertahankan satu jalur pelayanan dengan perbaikan efisiensi, atau sudah saatnya menambah jalur pelayanan baru demi menjaga keberlangsungan bisnis di tengah persaingan yang semakin ketat. Sistem antrian jalur tunggal (single channel) merupakan model yang paling umum diterapkan pada usaha kecil. (Gunawan, 2021)

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi pengelola usaha pencucian mobil dalam meningkatkan kualitas layanan melalui perencanaan kapasitas yang lebih baik, meminimalkan waktu tunggu pelanggan, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Selain itu, hasil penelitian juga diharapkan menjadi referensi dalam penerapan teori antrian pada bidang jasa lainnya dengan karakteristik pelayanan yang serupa. (Kurnia, 2019)

Lokasi pencucian mobil Ledong Barat merupakan salah satu unit usaha jasa yang strategis karena terletak di area yang memiliki mobilitas kendaraan cukup tinggi di Kabupaten Asahan. Berdasarkan observasi awal, fasilitas ini sering kali mengalami lonjakan kedatangan pelanggan terutama pada waktu-waktu tertentu seperti pagi hari sebelum jam kerja, jam istirahat, serta sore hari menjelang tutup. Masalah muncul ketika kapasitas pelayanan yang tersedia hanya mengandalkan satu jalur (single channel), sehingga saat terjadi kedatangan kendaraan yang berdekatan, antrian tidak dapat dihindari. Kondisi lingkungan yang terbuka dan ruang tunggu yang terbatas menambah beban psikologis bagi pelanggan yang sedang mengantre, yang jika dibiarkan tanpa adanya manajemen antrian yang baik, akan berdampak pada penurunan loyalitas pelanggan terhadap jasa pencucian tersebut.

Dalam mengkaji fenomena ini, penting untuk memahami struktur dasar sistem antrian yang diterapkan. Sistem pada pencucian mobil ini menggunakan disiplin antrian First Come First Served (FCFS), di mana pelanggan yang datang lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Namun, tantangan utama pada model Single Channel Single Phase adalah rendahnya fleksibilitas sistem dalam menangani variasi waktu pelayanan yang tidak menentu. Teori antrian memberikan kerangka kerja matematis untuk menganalisis probabilitas waktu tunggu dan tingkat kesibukan server (utility rate). Melalui parameter tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dan tingkat pelayanan ( $\mu$ ), penelitian ini berupaya membedah apakah ketidakstabilan sistem yang terjadi disebabkan oleh kinerja petugas yang kurang optimal atau memang karena volume kedatangan yang sudah melampaui batas kapasitas desain sistem satu jalur. Metode kuantitatif memberikan dasar yang kuat dalam penyelesaian masalah antrian di fasilitas publik (Lestari, 2023).

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena mencoba memberikan solusi berbasis data dengan membandingkan kondisi riil (M/M/1) terhadap skenario perbaikan melalui simulasi model M/M/2. Berbeda dengan analisis konvensional yang hanya melihat rata-rata harian, penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi perangkat lunak POM-QM for Windows untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi mengenai efektivitas penambahan server. Hasil dari penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menyelesaikan masalah antrian di Ledong Barat, tetapi juga diharapkan menjadi referensi ilmiah bagi pelaku usaha jasa sejenis dalam menentukan kebijakan operasional yang berbasis pada efisiensi waktu dan optimalisasi biaya. Dengan demikian, optimasi yang diusulkan diharapkan mampu menciptakan sistem pelayanan yang stabil dan mampu beradaptasi dengan fluktuasi kedatangan pelanggan di masa depan. Penggunaan teknologi dalam pemodelan antrian mempermudah pengambilan keputusan manajerial (Nasution, 2022)

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan fokus pada analisis kinerja sistem pelayanan melalui teori antrian. Objek penelitian dipilih secara spesifik pada jasa pencucian mobil di Ledong Barat, Kabupaten Asahan, mengingat lokasinya yang strategis namun sering mengalami kendala operasional berupa penumpukan kendaraan. Kerangka dasar penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi model pelayanan Single Channel Single Phase (M/M/1) yang saat ini diterapkan, kemudian membandingkannya dengan simulasi model Multi Channel Single Phase (M/M/2). Data yang dikumpulkan meliputi variabel tingkat kedatangan kendaraan ( $\lambda$ ) dan tingkat pelayanan petugas ( $\mu$ ). Teknik analisis yang digunakan adalah pemodelan matematis untuk menentukan parameter utilitas, jumlah rata-rata unit dalam sistem, serta waktu tunggu rata-rata pelanggan. Validasi hasil perhitungan manual dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak POM-QM for Windows guna memastikan akurasi data sebelum ditarik kesimpulan mengenai kebijakan optimalisasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk memodelkan struktur antrian agar didapatkan hasil perhitungan yang presisi sesuai dengan parameter operasional. (Nugroho, 2022)

### 2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dirancang secara sistematis untuk menjawab permasalahan ketidakstabilan sistem antrian yang ditemukan di lapangan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tahap Observasi Lapangan: Dilakukan pengamatan langsung di lokasi Pencucian Mobil Ledong Barat pada tanggal 23 Desember 2025. Selama 11 jam pengamatan, tercatat sebanyak 17 kendaraan yang masuk ke dalam sistem pelayanan.

Tahap Identifikasi Parameter: Melakukan perhitungan terhadap rata-rata waktu kedatangan antar pelanggan dan durasi waktu yang dibutuhkan petugas untuk menyelesaikan satu unit pencucian.

Tahap Analisis Kondisi Eksisting: Menggunakan rumus model antrian M/M/1 untuk melihat apakah sistem berada dalam kondisi stabil atau explosive (di mana  $\lambda > \mu$ ).

Tahap Simulasi dan Optimasi: Melakukan simulasi penambahan fasilitas pelayanan (server) menjadi model M/M/2 untuk mencari solusi atas antrian panjang.

Tahap Penarikan Kesimpulan: Membandingkan hasil dari kedua model untuk memberikan rekomendasi konkret kepada pengelola jasa terkait jumlah petugas yang ideal guna meminimalkan waktu tunggu pelanggan. Strategi pengurangan waktu tunggu dapat dilakukan dengan menambah jumlah fasilitas pelayanan menjadi model ganda atau multi-channel. (Hidayat, 2023)

## 2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa alat utama untuk memastikan data yang diambil bersifat objektif dan akurat. Alat yang digunakan antara lain:

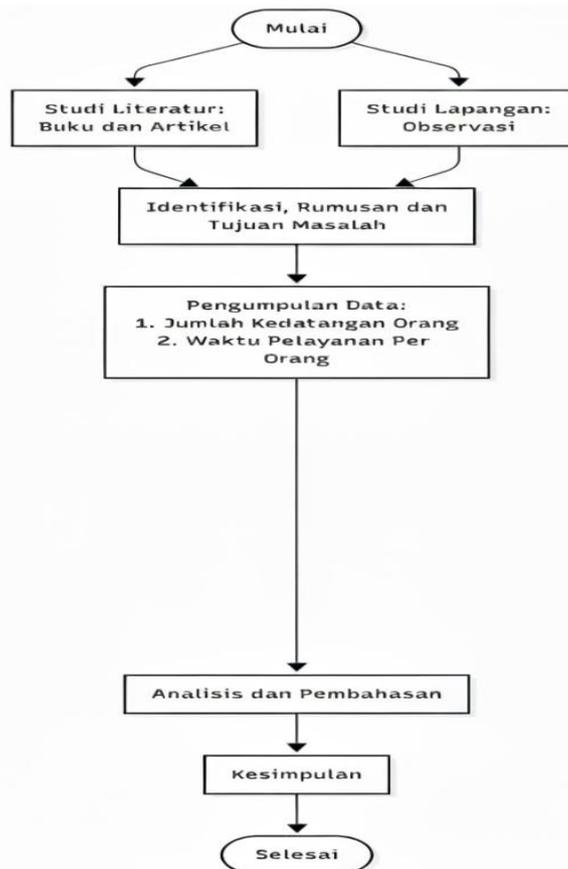
Stopwatch: Digunakan untuk mengukur secara presisi waktu kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan petugas dalam satuan menit.

Lembar Observasi: Berfungsi sebagai instrumen pencatatan data primer di lapangan selama durasi pengamatan 11 jam.

Perangkat Keras (Laptop): Digunakan untuk mengolah data dan menyusun laporan penelitian.

Perangkat Lunak (POM-QM for Windows): Digunakan sebagai alat analisis utama untuk memproses perhitungan teori antrian dan menghasilkan output performa sistem secara otomatis. (Bastian, 2022)

Mendeley Reference Manager: Digunakan sebagai alat manajemen sitasi dan daftar pustaka sesuai dengan standar gaya penulisan APA 7th Edition yang diwajibkan dalam jurnal ini.



**Gambar 1.**Flowchart penelitian sumber: Data penelitian (2025)

Pada Gambar 1 berisi penjelasan alur penelitian atau Flowchart dengan dimulai dengan studi literatur dengan mengkaji teori-teori yang berhubungan pada buku dan artikel ilmiah serta studi lapangan dengan cara observasi atau melihat langsung object penelitian yaitu jumlah kedatangan orang dan lamanya waktu pelayanan per orang. Dengan studi pustaka dan studi lapangan yaitu observasi yang dilakukan sehingga menjadi dasar dalam membuat identifikasi masalah, rumusan dan tujuan masalah. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dengan cara observasi di salah satu Pencucian Mobil. Setelah data terkumpul dilakukan uji kenormalan data menggunakan QM For Windows, kemudian masuk ke langkah analisis dan pembahasan dengan perhitungan manual, dimana menggunakan sistem antrian single Channel-Single

Phase. Sistem antrian ini digunakan karena melihat hanya terdapat satu jalur pelayanan yaitu 1 pelayanan kasir pada Pencucian Mobil tersebut dan yang terakhir menghasilkan kesimpulan.

## 2.4 Deskripsi Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi di Pencucian Mobil ( Doorsmeer Hydrolic) Ledong Barat. Adapun tujuannya untuk mengumpulkan data jumlah kedatangan konsumen dan data waktu pelayanan pembeli. Observasi ini dilakukan pada tanggal 23 Desember 2025. kami menerima data bahwa dalam satu harian penuh itu pelanggan yang datang sebanyak 20 pelanggan dan paling sedikit 15 pelanggan. Pengumpulan data observasi dilakukan untuk mengukur kapasitas pelayanan aktual guna dibandingkan dengan kapasitas teoritis berdasarkan model antrean yang ada (Wijaya, 2022)

Rincian data tersebut di sajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 1.** . Data Antrian Pencucian Mobil (Doorsmer Hydrolic) Ledong Barat.

<i>No</i>	<i>Jam Kedatangan</i>	<i>Pekerja</i>	<i>Jumlah Pelanggan</i>
1	08.00 – 09.00	2	2
2	09.00 – 10.00	1	1
3	10.00 – 12.00	2	2
4	12.00 – 14.00	1	1
5	14.00 – 15.30	2	2
6	15.30 – 17.00	3	4
7	17.00 – 18.00	3	3
8	18.00 – 19.00	3	2
	Total	3	17

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Deskripsi dan Penentuan Parameter Dasar

Berdasarkan observasi langsung yang dilakukan di Pencucian Mobil Ledong Barat pada tanggal 23 Desember 2025, terkumpul data operasional selama 11 jam pengamatan (pukul 08.00 hingga 19.00). Selama periode tersebut, tercatat total 17 kendaraan yang datang untuk mendapatkan layanan pencucian. Dari data primer ini, ditentukan dua parameter utama sistem antrean, yaitu:

<i>No. Kendaraan</i>	<i>Jam kedatangan</i>	<i>Jam mulai dilayani</i>	<i>Jam selesai</i>	<i>Durasi pelayanan(menit)</i>
1	08:15	08:15	08:55	40
2	08:45	08:55	09:35	40
3	10:10	10:10	10:48	38
4	11:00	11:00	11:40	40
5	11:30	11:40	12:20	40
6	12:15	12:20	13:00	40
7	14:10	14:10	14:48	38
8	14:45	14:48	15:28	40
9	15:40	15:40	16:20	40
10	16:00	16:20	16:58	38
11	16:30	16:58	17:38	40
12	16:50	17:38	18:18	40
13	17:15	18:18	18:56	38
14	17:40	18:56	19:36	40
15	18:10	19:36	20:16	40
16	18:35	20:16	20:54	38
17	18:55	20:54	21:34	40
<i>Rata Rata</i>				39,4 menit

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat dilihat bahwa durasi pelayanan rata-rata untuk satu unit kendaraan adalah sekitar 39 menit. Terdapat variasi waktu kedatangan yang cukup padat pada rentang pukul 16.00 hingga 18.00, di mana jeda antar kedatangan kendaraan sangat singkat sehingga memicu antrean yang terus bertumpuk hingga jam operasional berakhir. Analisis pada jam-jam sibuk membantu pemilik usaha untuk menentukan jadwal kerja pegawai yang lebih efisien. (Zulfa, 2023)

Dalam analisis data antrean menggunakan sistem antrean Single Channel-Single Phase, terdapat beberapa perhitungan, yaitu sebagai berikut:

Penentuan Parameter Dasar

Berdasarkan Tabel 1 pada gambar ketiga, kita mendapatkan data sebagai berikut:

Total Pelanggan ( $\Sigma x$ ): 17 pelanggan.

Total Jam Pengamatan ( $n$ ): 11 jam (dari pukul 08:00 hingga 19:00).

Total Waktu Pelayanan: 11 jam untuk seluruh pelanggan.

Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ ): Diperoleh nilai rata-rata 1,55 pelanggan per jam.

Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ): Berdasarkan rata-rata waktu cuci 39 menit (0,65 jam) per mobil, diperoleh kapasitas pelayanan sebesar 1,54 pelanggan per jam. Perbandingan antara kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat kedatangan ( $\lambda = 1,55$ ) sedikit lebih tinggi daripada kemampuan pelayanan ( $\mu = 1,54$ ).

Hasil ini menunjukkan kondisi yang sangat kritis di mana  $\lambda (1,55) > \mu (1,54)$ . Dalam disiplin ilmu manajemen operasi, ketidakseimbangan ini menandakan bahwa sistem tidak memiliki kapasitas cadangan untuk menangani fluktuasi kedatangan, yang secara otomatis akan memicu antrean panjang.

### 3.2 Analisis Kinerja Model Eksisting (M/M/1)

Data parameter di atas kemudian diuji menggunakan model Single Channel Single Phase (M/M/1) melalui perangkat lunak POM-QM for Windows. Hasil pengolahan data menunjukkan status "Explosive System". Hal ini disebabkan oleh tingkat utilitas fasilitas ( $\rho$ ) yang mencapai 1,006 atau setara dengan 100,6%, yang berarti fasilitas bekerja di atas kapasitas maksimalnya.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{1,55}{1,54} = 1,006 \quad (2)$$

Karena nilai  $\rho > 1$ , Maka sistem dinyatakan tidak stabil karena beban kerja melebihi kapasitas 100%

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (3)$$

Pada kondisi eksisting, karena nilai  $(\mu - \lambda)$  menghasilkan angka negatif, maka jumlah antrean secara teoretis menjadi tidak terhingga (infinite).

Nilai utilitas yang melebihi 1 (100%) menunjukkan bahwa fasilitas pelayanan sudah melampaui batas kemampuan maksimalnya (overload). Secara matematis, variabel seperti jumlah pelanggan dalam antrean ( $Lq$ ) dan waktu tunggu ( $Wq$ ) menjadi tidak terhingga karena kedatangan kendaraan lebih cepat daripada proses penyelesaian cucian. Penumpukan ini biasanya memuncak pada sore hari, di mana sisa antrean dari jam-jam sebelumnya terus bertumpuk dengan kedatangan baru, menciptakan efek bola salju yang merugikan pelanggan. Dalam kondisi jenuh ini, variabel jumlah pelanggan dalam antrean ( $Lq$ ) dan waktu tunggu ( $Wq$ ) menjadi tidak terdefinisi secara stabil atau cenderung menuju angka tidak terhingga. Hal ini menjelaskan fenomena di lapangan di mana pelanggan yang datang pada sore hari mengalami penumpukan antrean yang jauh lebih panjang dibandingkan pelanggan pagi hari. Kegagalan sistem tunggal ini membuktikan bahwa penambahan satu jalur pelayanan sudah menjadi kebutuhan mendesak bagi Pencucian Mobil Ledong Barat guna menghindari kehilangan pelanggan akibat waktu tunggu yang tidak masuk akal.

### 3.3 Simulasi dan Optimasi Model Multi-Channel (M/M/2)

Mengingat kegagalan sistem pada model tunggal, peneliti mensimulasikan penerapan model Multi Channel Single Phase dengan menambah satu petugas atau jalur pelayanan ( $s = 2$ ). Hasil simulasi menunjukkan perubahan performa yang signifikan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Output Waiting Lines.

Untuk mengatasi masalah pada sistem M/M/1, dilakukan simulasi penambahan petugas menjadi model M/M/2. Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya:

$$p_0 = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left( \frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right]^{-1}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai  $p_0 = 0,33$ , yang berarti ada peluang 33% sistem dalam keadaan kosong.

Rata-rata waktu tunggu dalam antrean ( $w_q$ ):

$$w_q = \frac{Lq}{\lambda}$$

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan  $W_q = 0,22$  jam atau setara dengan 13,12 menit.

Sebagai solusi strategis, dilakukan simulasi pengembangan sistem menggunakan model M/M/2 atau dua jalur pelayanan. Dengan tetap menggunakan tingkat kedatangan  $\lambda = 1,55$ , namun menambah jumlah server ( $s = 2$ ), terjadi perubahan drastis pada performa sistem pelayanan:

Efisiensi Utilitas: Beban kerja petugas turun menjadi 50% (0,50), yang merupakan angka ideal agar petugas memiliki waktu jeda istirahat dan menjaga kualitas hasil cucian Berdasarkan output POM-QM, dengan dua jalur pelayanan, tingkat utilitas server menurun drastis menjadi 50,3%. Hal ini memberikan ruang napas bagi petugas untuk menjaga kualitas kerja dan mengurangi risiko kelelahan manusia (human error). Parameter kinerja lainnya juga menunjukkan angka yang sangat baik:

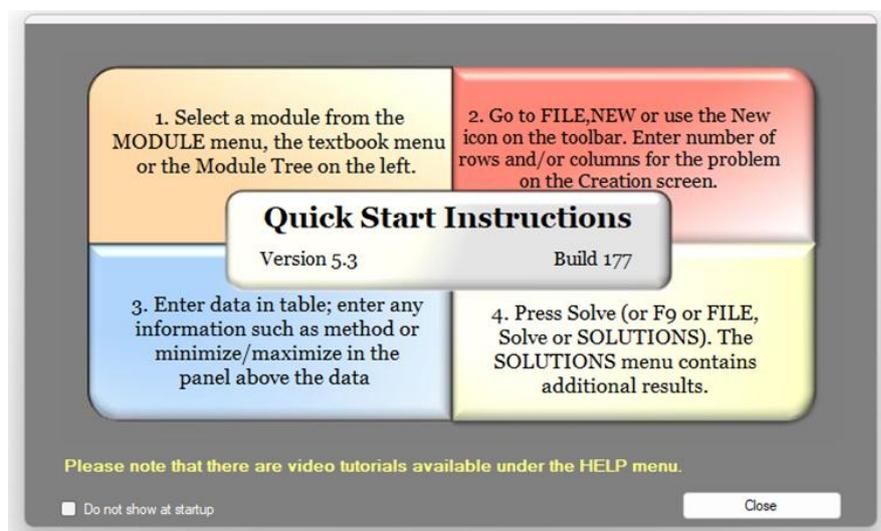
Pemangkasan Waktu Tunggu ( $W_q$ ): Waktu tunggu rata-rata pelanggan dalam antrian dapat ditekan hingga 13,21 menit. Stabilitas Sistem: Probabilitas pelanggan tidak perlu mengantre saat datang meningkat menjadi 33% ( $P_0$ ), dan rata-rata kendaraan dalam sistem ( $L$ ) terjaga rendah pada angka 1,35 unit.

### 3.4 Pembahasan dan Rekomendasi Manajerial

Penambahan satu jalur pelayanan bukan hanya sekadar teknis matematika, melainkan strategi bisnis yang krusial. Dalam sistem M/M/1 yang "meledak", kerugian tersembunyi muncul dalam bentuk pelanggan yang membatalkan pesanan karena melihat antrian yang terlalu panjang. Dengan beralih ke model M/M/2, waktu tunggu yang hanya 13,21 menit menciptakan persepsi layanan yang cepat di mata masyarakat Ledong Barat. Penelitian ini menerapkan model antrian jalur ganda (multi-channel) untuk melihat efisiensi waktu tunggu pelanggan dibandingkan dengan model jalur tunggal. (Sari, 2022)

Efisiensi yang dihasilkan dari penambahan server ini akan meningkatkan jumlah total kendaraan yang dapat dilayani dalam satu hari. Meskipun biaya operasional untuk gaji petugas bertambah, namun peningkatan volume pelanggan dan hilangnya risiko balking (pelanggan pergi) akan memberikan keuntungan bersih yang lebih tinggi bagi pemilik usaha. Optimalisasi ini adalah kunci untuk menjaga keberlangsungan usaha jasa pencucian mobil di tengah persaingan yang semakin kompetitif. Perbandingan kinerja antara kedua model menunjukkan keunggulan signifikan dari sistem ganda. Model M/M/2 mampu mengubah status sistem dari "eror/tidak stabil" menjadi "stabil dan efisien". Dengan menerapkan model ini, panjang antrian berkurang drastis dari yang sebelumnya tidak terhingga menjadi rata-rata hanya 0,16 mobil dalam antrian. Rekomendasi bagi pengelola Pencucian Mobil Ledong Barat adalah melakukan optimalisasi dengan menambah satu jalur pelayanan atau menambah personil tambahan, terutama pada jam sibuk. Penghematan waktu tunggu hingga 13,21 menit merupakan faktor kunci dalam meningkatkan kepuasan pelanggan dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Strategi ini tidak hanya mengatasi masalah penumpukan kendaraan, tetapi juga memperkuat posisi kompetitif usaha di pasar jasa pencucian mobil. Penggunaan sistem hidrolik pada pencucian mobil ini memerlukan pengaturan antrian yang presisi agar tidak terjadi penumpukan kendaraan pada satu fase pelayanan tertentu. (Utomo, 2023)

#### Input POM-QM For Windows – Model M/M/1 (Kasir)

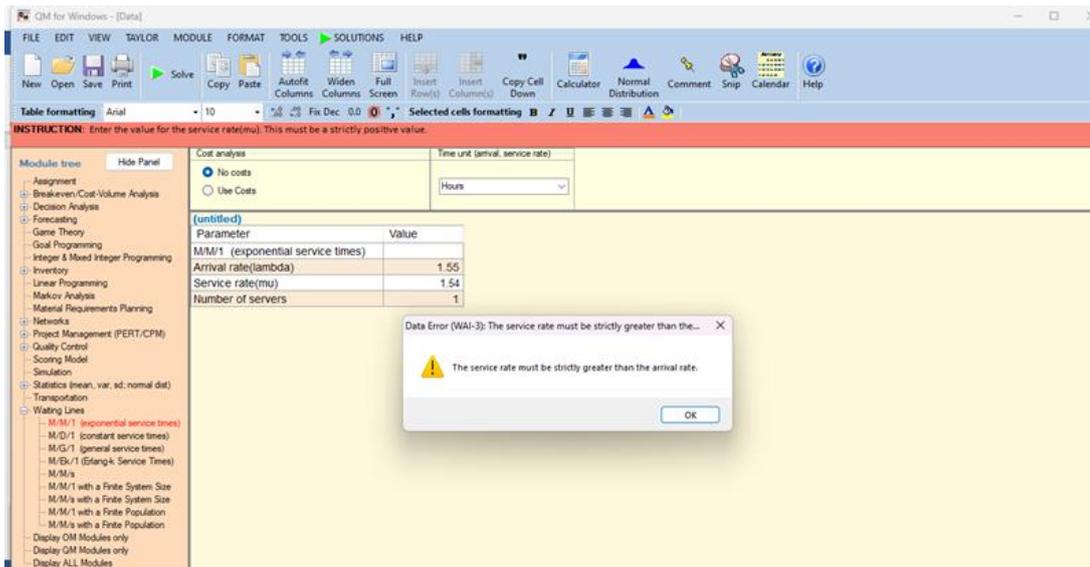


Gambar 2. Input POM-QM For Windows – Model M/M/1 (Kasir)

POM-QM for Windows (sering disebut juga sebagai POM-QM) adalah sebuah perangkat lunak (software) berbasis Windows yang dirancang khusus untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam bidang Manajemen Operasi (Production and Operations Management - POM) dan Metode Kuantitatif (Quantitative Methods - QM).

Perangkat lunak ini dikembangkan untuk mempermudah perhitungan matematis yang rumit menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien. Berikut adalah beberapa kegunaan utamanya dalam dunia akademik maupun bisnis: Penyelesaian masalah linear programming, Optimasi distribusi (Transportasi), Manajemen persediaan (Inventory), Peramalan bisnis (Forecasting), manajemen proyek (Pert/Cpm).

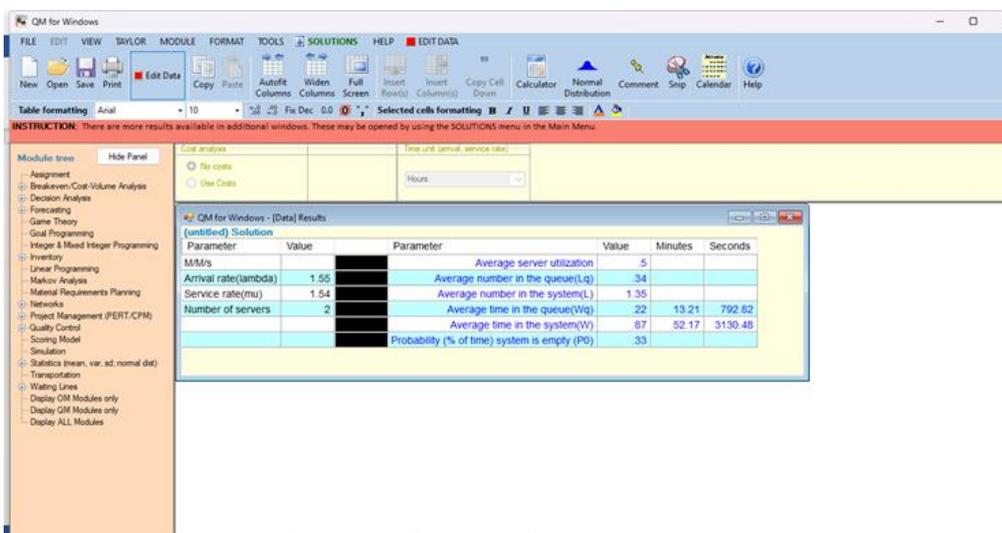
Dalam modul Waiting Lines (Antrean), POM-QM for Windows digunakan untuk menganalisis sistem pelayanan dan kedatangan pelanggan. Software ini membantu manajer atau peneliti untuk menentukan jumlah fasilitas pelayanan (kasir/loket) yang paling efisien agar waktu tunggu pelanggan tidak terlalu lama namun biaya operasional tetap terkendali. Validasi hasil perhitungan dilakukan menggunakan aplikasi QM For Windows guna diperoleh melalui metode Matematis teori Antrean. Langkah awal dimulai dengan membuka aplikasi QM nya, kemudian dibagian toolbar kita klik MODULE pilih waiting lines, setelah dipilih kita klik FILE, kemudian pilih new dan pilih M/M/1. Setelah itu dibagian Arrival Rate ( $\lambda$ ) kita isi dengan angka 1.55, sedangkan dibagian Service Rate ( $\mu$ ) diisi dengan angka 1.54 dan Number Of Servers nya 1.



Gambar 3. Flowchart penelitian

Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa tingkat kedatangan pelanggan ( $\lambda$ ) lebih besar dibandingkan tingkat pelayanan ( $\mu$ ). Hal ini menyebabkan sistem antrian menjadi tidak stabil (Explosive System), sehingga software POM-QM tidak dapat memproses data tersebut. Sebagai solusi untuk menstabilkan sistem, penulis melakukan simulasi dengan menambah jumlah server (petugas). Dengan penambahan ini, total kapasitas pelayanan meningkat sehingga antrian dapat terurai dan waktu tunggu pelanggan ( $W_q$ ) menjadi lebih rasional.

### 3.5 Input POM-QM For Windows – Model M/M/2 (2Kasir)



Gambar 4. Output Waiting Lines

Hasil simulasi model antrian M/M/2 menunjukkan bahwa dengan dua server, waktu tunggu pelanggan dalam antrian ( $W_q$ ) dapat ditekan hingga 13.21 menit. Sistem ini memiliki tingkat kesibukan server sebesar 50% dan mampu menjaga

rata-rata pelanggan dalam sistem (L) tetap rendah pada angka 1.35 orang. Probabilitas pelanggan tidak perlu mengantri saat datang adalah sebesar 33%. Dengan menerapkan model Antrean dengan penambahan satu server menurunkan tingkat utilitas sistem dan secara signifikan mengurangi panjang antrean serta waktu tunggu pelanggan, sehingga sistem pelayanan menjadi lebih stabil dan lebih efisien.

Setelah melakukan simulasi dengan mengubah jumlah server menjadi dua ( $s=2$ ), perangkat lunak POM-QM menghasilkan tabel Waiting Lines Results yang memuat beberapa parameter kunci. Berikut adalah cara membaca dan memaknai angka-angka tersebut secara ilmiah:

Average Server Utilization ( $\rho=0.50$ ):

Angka ini menunjukkan bahwa dengan dua petugas, tingkat kesibukan rata-rata masing-masing petugas adalah 50%. Dalam manajemen operasi, angka ini sangat ideal karena memberikan keseimbangan antara produktivitas dan kualitas. Petugas memiliki waktu luang (idleness) sebesar 50% yang dapat digunakan untuk membersihkan peralatan atau beristirahat sejenak, sehingga mengurangi risiko kelelahan yang dapat menurunkan ketelitian saat mencuci mobil pelanggan.

Average Number in the Queue ( $L_q=0.16$ ):

Nilai  $L_q$  sebesar 0,16 menunjukkan rata-rata jumlah kendaraan yang mengantre dalam jalur tunggu. Angka yang mendekati nol ini membuktikan bahwa penumpukan kendaraan di Pencucian Mobil Ledong Barat hampir tidak terjadi secara signifikan lagi. Secara fisik, ini berarti area parkir akan terlihat jauh lebih luang dan tertib dibandingkan saat masih menggunakan satu petugas.

Average Number in the System ( $L_s=1.16$ ): Nilai  $L_s$  merepresentasikan jumlah rata-rata kendaraan yang sedang berada di lokasi pencucian, baik yang sedang dicuci maupun yang sedang menunggu. Dengan angka 1,16, berarti rata-rata hanya ada satu sampai dua mobil di lokasi dalam satu waktu, sehingga sirkulasi kendaraan masuk dan keluar menjadi sangat lancar.

Average Time in the Queue ( $W_q=0.1$  \text{ jam} atau 13.21 \text{ menit}): Inilah parameter yang paling krusial bagi kepuasan pelanggan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pelanggan hanya perlu menunggu rata-rata 13,21 menit sebelum mobil mereka mulai ditangani oleh petugas. Penurunan waktu tunggu dari kondisi sebelumnya yang tidak terhingga (explosive) menjadi hanya 13 menit adalah sebuah peningkatan efisiensi yang luar biasa.

Probability of Zero Customers in the System ( $P_0=0.33$ ): Nilai  $P_0$  sebesar 0,33 atau 33% berarti terdapat probabilitas sebesar sepertiga waktu di mana sistem dalam keadaan kosong. Artinya, setiap 1 dari 3 pelanggan yang datang berpeluang besar untuk langsung dilayani tanpa mengantre sama sekali. Hal ini akan memberikan citra positif bagi bisnis sebagai penyedia jasa yang cepat dan responsif.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai sistem antrean pada Pencucian Mobil Ledong Barat, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama. Pertama, hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa sistem pelayanan eksisting yang menggunakan model Single Channel Single Phase (M/M/1) berada dalam kondisi yang sangat kritis atau tidak stabil (Explosive System). Hal ini dibuktikan secara matematis melalui perhitungan parameter di mana tingkat kedatangan kendaraan ( $\lambda=1,55$ ) lebih besar daripada tingkat kemampuan pelayanan petugas ( $\mu=1,54$ ). Kondisi ini menyebabkan tingkat utilitas fasilitas pelayanan melampaui angka 100%, yang berarti petugas bekerja di atas batas kapasitas normalnya sehingga penumpukan antrean tidak dapat dihindari, terutama pada jam-jam sibuk.

Kedua, melalui simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak POM-QM for Windows dengan menerapkan model Multi Channel Single Phase (M/M/2) atau penambahan satu petugas pelayanan, ditemukan adanya peningkatan efisiensi sistem yang sangat signifikan. Dengan dua jalur pelayanan, waktu tunggu rata-rata pelanggan dalam antrean ( $W_q$ ) dapat dipangkas secara drastis hingga mencapai angka 13,21 menit. Selain itu, tingkat utilitas masing-masing server menurun menjadi 50,3%, yang memberikan keseimbangan ideal antara beban kerja petugas dengan kecepatan pelayanan. Sebagai rekomendasi manajerial, pihak pengelola Pencucian Mobil Ledong Barat sangat disarankan untuk segera menambah satu unit fasilitas pelayanan atau menambah jumlah personil untuk membentuk sistem pelayanan ganda. Optimalisasi ini tidak hanya akan mengurangi panjang antrean secara visual, tetapi juga akan meningkatkan indeks kepuasan pelanggan melalui efisiensi waktu tunggu yang lebih cepat dan pasti. Penerapan model M/M/2 ini merupakan langkah strategis yang sangat diperlukan guna menjamin keberlangsungan operasional dan meningkatkan daya saing bisnis di masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R. (2023). Analisis antrean model multi channel pada jasa pencucian kendaraan. *Jurnal Teknik Industri*.
- Andriani, D. (2021). Optimalisasi Sistem Antrean pada Doorsmer Mobil. *Jurnal Manajemen*.
- Bastian, A. (2022). Penerapan software POM-QM untuk menghitung efisiensi pelayanan. *Jurnal Riset Operasional*.
- Fadhli, M. (2020). *Teori Antrean dan Simulasi untuk Bisnis Jasa*. Penerbit Erlangga (Book) 2020.
- Gunawan, I. (2021). Analisis single channel single phase pada pencucian mobil hidrolik. *Jurnal Teknik Dan Manajemen*.
- Hidayat, T. (2023). Strategi Pengurangan Waktu Tunggu Pelanggan. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*.
- Irawan, B. (2019). Evaluasi Kinerja Pelayanan Berdasarkan Teori Antrean. *Jurnal Sistem Informasi*.
- Kurnia, R. (2019). Efisiensi Antrean Single Channel. *Jurnal Teknik*.
- Lestari, D. (2023). Manajemen Operasional Jasa Pencucian. *Jurnal Administrasi*.
- Mulyono. (2020). Analisis efisiensi sistem antrean pada sektor jasa pelayanan. *Jurnal Riset Manajemen Dan Bisnis*.

- Nasution, H. (2022). Optimalisasi pelayanan menggunakan teori antrean dan software POM-QM. *Sinergi Teknik*.
- Nugroho, A. (2022). Aplikasi Teori Antrean pada Layanan Publik . *Jurnal Sosial*.
- Pratama, S. (2020). Simulasi Antrean Kendaraan Menggunakan Arena . *Jurnal Teknologi*.
- Rahayu, P. (2021). pengaruh waktu tunggu terhadap kepuasan pelanggan jasa cuci mobil. *Jurnal Pemasaran*.
- Sari, M. (2022). Analisis Waktu Pelayanan di Tempat Cuci Mobil . *Jurnal Ilmiah* .
- Setiawan, A. (2021). Perbandingan Model M/M/1 dan M/M/s . *Jurnal Matematika*.
- Utomo, P. (2023). Peningkatan Kualitas Layanan Antrean . *Jurnal Industri*.
- Wijaya, K. (2022). Analisis Kapasitas Pelayanan Cuci Mobil . *Jurnal Rekayasa* .
- Zulfa, M. (2023). Analisis kapasitas pelayanan pada jam sibuk . *Jurnal Logistik*.