

**Analisis Kinerja Sistem Antrian Kendaraan Roda Dua Pada
Pengisian Bahan Bakar Pertamax Menggunakan Model M/M/1
(Studi Kasus: Antrian Pertamax SPBU 24.353.162 ITERA)**

Mata Kuliah Pemodelan Stokastik

Kelompok 2 - Kelas RB



Disusun Oleh:

1. Nabilah Putri Karnaia (122450029)
2. Muhammad Regi Abdi Putra Amanta (122450031)
3. Syalaisha Andina Putriansyah (122450121)
4. Dhafin Razaqa Luthfi (122450133)

PROGRAM STUDI SAINS DATA

FAKULTAS SAINS

INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA

2025

ABSTRAK

Antrean pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) merupakan fenomena umum yang muncul akibat ketidakseimbangan antara laju kedatangan kendaraan dan kapasitas pelayanan yang tersedia. Penelitian ini menganalisis kinerja sistem antrian pada jalur pengisian Pertamax untuk sepeda motor di SPBU wilayah Institut Teknologi Sumatera (ITERA) dengan menggunakan model antrian M/M/1. Model ini dipilih karena pola kedatangan pelanggan diasumsikan mengikuti distribusi Poisson, sedangkan waktu pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial sesuai dengan karakteristik proses pelayanan di lapangan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, mencatat waktu kedatangan dan waktu pelayanan setiap kendaraan. Parameter yang dihitung meliputi laju kedatangan (λ), laju pelayanan (μ), panjang antrian rata-rata (L_q), jumlah pelanggan dalam sistem (L_s), waktu tunggu dalam antrian (W_q), waktu total dalam sistem (W_s), dan tingkat pemanfaatan server (ρ). Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi stabil dengan tingkat utilitas sebesar 0,587. Selain itu, nilai L_q sebesar 0,84 kendaraan, W_q sebesar 1,44 menit, dan W_s sebesar 2,45 menit mengindikasikan bahwa waktu tunggu pelanggan relatif singkat dan kapasitas pelayanan yang tersedia sudah mencukupi. Dengan demikian, satu dispenser Pertamax yang digunakan pada jalur sepeda motor di SPBU ITERA telah berfungsi secara efisien dan mampu menangani beban kedatangan selama periode pengamatan.

Kata kunci: Sistem Antrian, M/M/1, SPBU, Pertamax, Teori Antrian, Performansi Layanan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Antrian	4
2.2 Komponen Sistem Antrian	4
2.3 Model Antrian M/M/1	4
2.4 Distribusi Poisson dan Eksponensial	6
2.5 Sistem Single Channel - Single Phase	6
2.6 Penerapan Teori Antrian pada SPBU	6
BAB III METODE PENELITIAN	7
3.1 Jenis Data	7
3.2 Teknik Pengumpulan Data	7
3.3 Variabel Penelitian	7
3.4 Diagram Alir.....	7
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	9
4.1 Deskripsi Data.....	9
4.2 Analisis Model Sistem Antrian	10
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	14
5.1 Kesimpulan	14
5.2 Saran.....	14
DAFTAR PUSTAKA.....	16
LAMPIRAN.....	18
Lampiran 1. Dokumentasi Area SPBU	18
Lampiran 2. Proses Pengumpulan Data	19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Antrean telah menjadi fenomena umum pada berbagai sistem pelayanan, termasuk pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Antrean terbentuk ketika jumlah pelanggan yang datang melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia, sehingga pelanggan harus menunggu untuk dapat dilayani [1]. Dalam konteks operasional SPBU, sistem pelayanan untuk pengisian bahan bakar bersifat stokastik karena waktu kedatangan kendaraan dan waktu pelayanan berlangsung secara acak dan sulit diprediksi [2]. Kondisi ini menyebabkan antrean menjadi sesuatu yang lazim terjadi, terutama pada jam sibuk dan di jalur pengisian tertentu.

Pada jalur pengisian Pertamax khusus sepeda motor, antrean sering kali mengular panjang. Hal ini dapat terjadi karena tingginya volume kendaraan roda dua di Indonesia, khususnya di sekitar wilayah kampus seperti Institut Teknologi Sumatera (ITERA), yang memiliki aktivitas dan mobilitas mahasiswa yang cukup tinggi. Jika sistem antrean tidak dikelola secara efektif, kondisi ini dapat memicu waktu tunggu yang lama, menurunkan kenyamanan pelanggan, dan menghambat kelancaran operasional SPBU [3] [4]. Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu menggambarkan dinamika antrean secara akurat serta dapat digunakan untuk mengevaluasi kapasitas pelayanan yang tersedia.

Penelitian mengenai sistem antrean di SPBU sangat diperlukan, sebab hal ini dapat memberikan pemahaman kuantitatif tentang kinerja pelayanan, seperti rata-rata waktu tunggu, jumlah antrean, serta tingkat penggunaan server [5]. Melalui analisis yang tepat, pengelola SPBU dapat menilai apakah kapasitas dispenser yang ada sudah optimal atau perlu ditingkatkan, sehingga pelayanan menjadi lebih efisien dan bisa berdampak positif terhadap kepuasan pelanggan [4]. Menurut literatur, model teori antrian dapat digunakan untuk memprediksi berbagai ukuran kinerja sistem sehingga mempermudah pengambilan keputusan dan meningkatkan kualitas layanan [6].

Teori antrian (*queueing theory*) merupakan cabang ilmu matematika terapan yang digunakan untuk menganalisis sistem pelayanan yang melibatkan *waiting lines*. Konsep-konsep utama dalam teori antrian meliputi waktu antar kedatangan (*interarrival time*), waktu pelayanan (*service time*), jumlah pelanggan dalam antrean, waktu tunggu dalam sistem, serta tingkat kualitas layanan [7]. Pada lokasi penelitian, jalur pengisian Pertamax untuk sepeda motor dikategorikan sebagai sistem *Single channel single phase* karena hanya tersedia satu jalur antrean dan satu tahap proses pelayanan, sehingga setelah dilayani pelanggan langsung keluar dari sistem [8]. Salah satu model yang sesuai untuk memodelkan sistem seperti ini adalah model antrian M/M/1, yaitu sistem dengan distribusi kedatangan Poisson, waktu pelayanan eksponensial, dan satu server. Pada model tersebut, laju pelayanan mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata sebesar μ , sedangkan waktu

pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial dengan rata-rata sebesar $1/\mu$ [5]. Pemilihan model M/M/1 dianggap sesuai untuk situasi lapangan yang karakteristik kedatangan dan pelayanan bersifat acak serta sederhana.

Berdasarkan kebutuhan analisis tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengukuran performa sistem antrean pengisian Pertamax untuk sepeda motor dengan menghitung berbagai ukuran kinerja sistem antrean seperti tingkat kedatangan pelanggan (λ), tingkat pelayanan (μ), rata-rata panjang antrean (L_q), jumlah pelanggan dalam sistem (L_s), waktu tunggu dalam antrean (W_q), waktu tunggu total (W_s), serta tingkat pemanfaatan pelayan (*utilization*) [9] [10]. Melalui penerapan model M/M/1, evaluasi ini bertujuan untuk menilai apakah kapasitas pelayanan yang tersedia sudah memadai atau memerlukan perbaikan, seperti penambahan dispenser, penataan ulang alur antrean, atau penyesuaian operasional lainnya. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi antrean serta menghasilkan rekomendasi berbasis data untuk meningkatkan kualitas pelayanan SPBU dan kenyamanan pengguna.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik sistem antrian kendaraan roda dua/motor untuk pengisian bahan bakar Pertamax pada SPBU ITERA berdasarkan pola kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan?
2. Bagaimana kinerja sistem antrian motor untuk pengisian bahan bakar Pertamax pada SPBU ITERA?
3. Berapa jumlah optimal petugas yang diperlukan untuk meminimalkan waktu tunggu pelanggan antrian pengisian bahan bakar Pertamax di SPBU ITERA?

1.3 Tujuan Penelitian

Selaras dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi pola kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan untuk menggambarkan karakteristik sistem antrian kendaraan roda dua/motor untuk pengisian bahan bakar Pertamax pada SPBU ITERA.
2. Menganalisis ukuran kinerja sistem antrian, seperti tingkat utilisasi, panjang antrian, jumlah pelanggan dalam sistem, waktu tunggu, dan waktu tinggal pelanggan.
3. Menentukan jumlah optimal petugas yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi antrian dan meminimalkan waktu tunggu pelanggan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengelola SPBU ITERA: memberikan informasi nyata mengenai efisiensi antrian, waktu tunggu pelanggan, serta rekomendasi jumlah petugas yang optimal untuk meningkatkan kualitas pelayanan dan mengurangi penumpukan kendaraan.
2. Akademisi: Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan kajian terkait teori antrian, analisis kinerja sistem pelayanan, serta penerapannya pada studi kasus di bidang transportasi dan layanan publik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Antrian

Teori antrian (*queueing theory*) merupakan cabang ilmu matematika terapan yang mempelajari proses kedatangan pelanggan, pembentukan antrean, serta cara pelayanan dalam suatu sistem. Antrean terbentuk ketika permintaan terhadap pelayanan melebihi kapasitas layanan pada waktu tertentu, sehingga pelanggan harus menunggu giliran untuk dilayani. Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh A.K. Erlang pada awal abad ke-20 dengan tujuan menganalisis sistem telekomunikasi dan kini telah diterapkan secara luas di berbagai bidang seperti transportasi, kesehatan, manufaktur, dan layanan publik, termasuk Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) [7].

Menurut Gross & Harris dalam bukunya berjudul “Fundamentals of Queueing Theory” (Wiley) [6], tujuan dari teori antrian adalah untuk memberikan ukuran kinerja, seperti panjang antrean, waktu tunggu, dan tingkat pemanfaatan server, yang menjadi pedoman dalam mengevaluasi operasi sistem pelayanan. Sistem antrian sering digambarkan menggunakan notasi Kendall (A/S/c), di mana A menyatakan distribusi kedatangan, S menyatakan distribusi pelayanan, dan c merujuk pada jumlah server [7].

2.2 Komponen Sistem Antrian

Menurut Vidiati dkk. (2023), komponen utama dalam sistem antrian meliputi proses kedatangan pelanggan (*arrival process*), distribusi waktu pelayanan (*service distribution*), jumlah server (s), aturan pelayanan seperti *First In First Out* (FIFO), kapasitas sistem, serta struktur fasilitas pelayanan seperti *single phase* atau *multi-phase* [2]. Pada SPBU, kedatangan kendaraan bersifat acak dan waktu pelayanan bervariasi tergantung volume pengisian, oleh karena itu sistem pelayanan ini sangat relevan untuk dianalisis menggunakan teori antrian.

2.3 Model Antrian M/M/1

Model M/M/1 merupakan salah satu model paling sederhana dan paling banyak diterapkan dalam analisis sistem antrian. Notasi M/M/1 menyatakan bahwa kedatangan pelanggan mengikuti distribusi Poisson dan waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial, dengan jumlah server hanya satu ($c = 1$). Sistem ini menggambarkan struktur *single channel single server*, yang relevan untuk jalur pengisian bahan bakar Pertamax pada sepeda motor dengan satu dispenser aktif [5].

Dalam model M/M/1, terdapat beberapa ukuran kinerja sistem yang dapat dihitung [11] [12], yaitu:

1. Tingkat penggunaan server (utilisasi):

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

2. Probabilitas sistem kosong (tidak ada pelanggan):

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

3. Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrean:

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

4. Rata-rata waktu tunggu dalam antrean:

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

5. Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem:

$$L_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \quad (5)$$

6. Rata-rata waktu tunggu total dalam sistem:

$$W_s = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (6)$$

7. Kestabilan Sistem (*Steady State*):

$$S = \rho \cdot \frac{1}{c} \quad (7)$$

Keterangan:

λ : laju kedatangan pelanggan per satuan waktu

μ : laju pelayanan per satuan waktu

ρ : tingkat penggunaan server (utilisasi), yaitu rasio antara laju kedatangan dan laju pelayanan

P_0 : probabilitas sistem berada dalam keadaan kosong

L_q : rata-rata jumlah pelanggan dalam antrean

L_s : rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem

W_q : rata-rata waktu tunggu dalam antrean

W_s : rata-rata waktu tunggu total dalam sistem

S : indeks kestabilan sistem

c : jumlah server yang tersedia

Kondisi kestabilan sistem terpenuhi apabila $(\lambda < \mu)$, yang berarti kapasitas pelayanan lebih besar daripada laju kedatangan pelanggan. Model ini banyak

digunakan karena kesederhanaannya dan kemampuannya dalam menggambarkan sistem pelayanan dengan satu jalur tunggal [7].

2.4 Distribusi Poisson dan Eksponensial

Distribusi Poisson digunakan untuk memodelkan seberapa banyak pelanggan yang tiba dalam interval waktu tertentu. Jika rata-rata kedatangan (λ) pelanggan per menit, maka jumlah pelanggan dalam setiap periode mengikuti distribusi Poisson [7]. Di sisi lain, distribusi eksponensial digunakan untuk memodelkan waktu pelayanan yang bersifat *memoryless*, artinya waktu pelayanan yang terjadi saat ini tidak bergantung pada waktu pelayanan sebelumnya. Distribusi ini banyak digunakan dalam sistem pelayanan publik, misalnya pada saat pengisian bahan bakar di SPBU [5].

2.5 Sistem Single Channel - Single Phase

Sistem *single channel single phase* merupakan struktur antrean dengan satu jalur antrean dan satu server yang melakukan satu tahap pelayanan. Setiap pelanggan hanya menjalani satu proses pelayanan sebelum keluar dari sistem. Struktur ini sesuai untuk sistem pengisian BBM yang menggunakan satu dispenser untuk melayani satu antrean kendaraan, dan menjadi dasar representasi model M/M/1 [8].

2.6 Penerapan Teori Antrian pada SPBU

Beberapa studi telah menerapkan teori antrian pada SPBU untuk meningkatkan efisiensi pelayanan. Simanjuntak dkk. (2024) menganalisis sistem antrian di SPBU Pematangsiantar dengan menggunakan model M/M/1 [13]. Mereka menemukan bahwa waktu tunggu pelanggan dapat diminimalkan dengan menambah jumlah operator. Selain itu, Sartika Jamil dkk. (2024) melakukan penelitian tentang sistem antrian *multi-channel single-phase* di SPBU Pasarwajo dan menunjukkan bahwa penambahan jalur pelayanan dapat mengurangi panjang antrian, terutama pada jam sibuk [14]. Liputra dkk. (2024) menggunakan simulasi untuk menentukan jumlah operator yang ideal dan menekankan pentingnya keseimbangan antara biaya operasional dan kenyamanan pelanggan [15]. Berdasarkan literatur tersebut, penerapan model M/M/1 pada SPBU dengan satu jalur pelayanan sangat relevan untuk memberikan gambaran analisis kuantitatif mengenai kinerja sistem serta rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi [5].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif, yaitu data numerik yang berfungsi untuk menganalisis karakteristik antrian dan kinerja pelayanan pengisian bahan bakar Pertamax di SPBU ITERA. Data tersebut mencakup waktu kedatangan kendaraan, waktu mulai pelayanan, dan waktu selesai pelayanan, yang selanjutnya diolah untuk menghitung waktu antar-kedatangan dan waktu pelayanan sebagai dasar pemodelan antrian.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap objek penelitian. Objek dalam penelitian ini adalah antrian kendaraan bermotor pada SPBU ITERA pada jalur pertamax yang mana hanya memiliki satu jalur. Observasi dilakukan dengan mencatat waktu kedatangan setiap kendaraan, waktu mulai dilayani, serta waktu selesai dilayani secara sistematis selama periode pengamatan yang berlangsung dari pukul 08.00 WIB hingga 18.00 WIB.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian sebagai atribut yang memiliki nilai bervariasi yang diukur atau diamati dalam penelitian. Variabel utama yang dicatat melalui observasi langsung meliputi waktu kedatangan, waktu mulai dilayani, dan waktu selesai dilayani. Dari ketiga variabel tersebut dihitung waktu antar kedatangan (*interarrival time*) dan waktu pelayanan (*service time*) yang menjadi dasar perhitungan parameter antrian. Variabel-variabel yang digunakan dalam pemodelan sistem antrian dijelaskan pada Tabel 3.1 berikut.

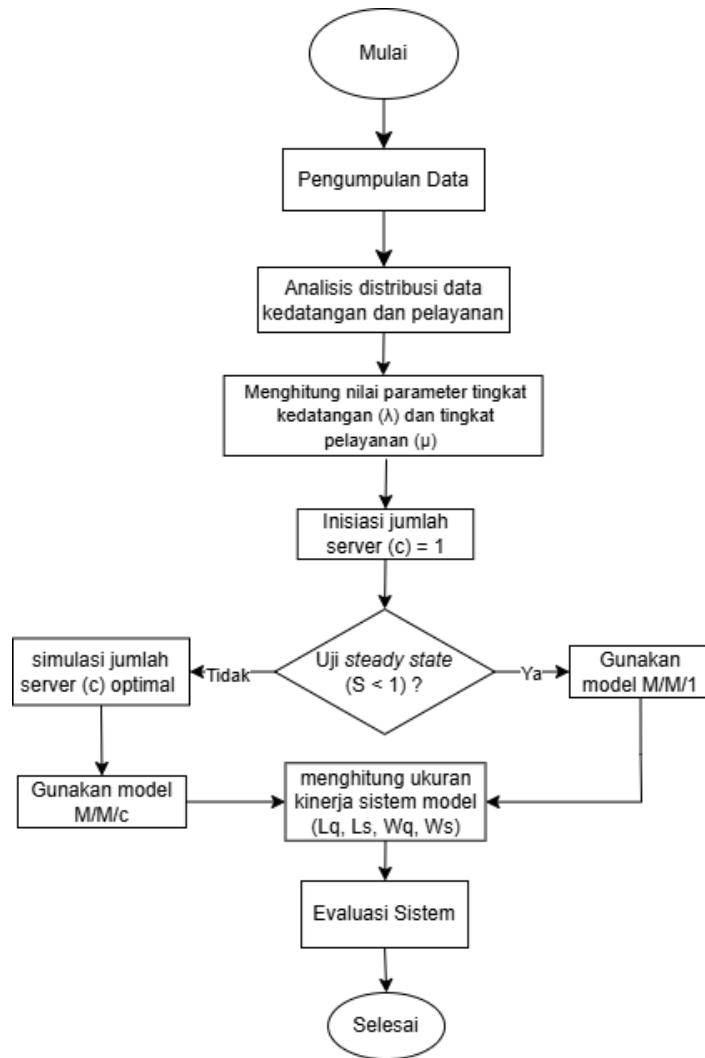
Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Nama Variabel	Definisi Operasional	Satuan
Waktu Kedatangan (Arrival Time)	Waktu ketika kendaraan pertama kali tiba di area antrian SPBU.	Jam:Menit:Detik
Waktu Mulai Dilayani (Service Start Time)	Waktu ketika kendaraan mulai dilayani oleh petugas (nozzle mulai digunakan).	Jam:Menit:Detik
Waktu Selesai Dilayani (Departure Time)	Waktu ketika proses pengisian BBM selesai dan kendaraan meninggalkan fasilitas.	Jam:Menit:Detik
Waktu Antar Kedatangan (Interarrival Time)	Selisih waktu antara kedatangan kendaraan saat ini dengan kendaraan sebelumnya.	Menit
Waktu Pelayanan (Service Time)	Selisih waktu antara waktu mulai dilayani dan waktu selesai dilayani.	Menit

3.4 Diagram Alir

Tahapan penelitian ini diawali dengan pengumpulan data primer serta analisis distribusi probabilitas data kedatangan dan pelayanan. Selanjutnya, parameter sistem dihitung untuk melakukan uji kestabilan (*steady state*) dengan inisiasi awal satu server ($c = 1$). Apabila kondisi stabil terpenuhi ($S < 1$), analisis kinerja dapat

dilanjutkan menggunakan model M/M/1. Sebaliknya, jika kondisi stabil tidak terpenuhi, dilakukan simulasi untuk menentukan jumlah server optimal melalui pendekatan model M/M/c. Setelah model yang sesuai ditetapkan, perhitungan ukuran kinerja sistem (L_q , L_s , W_q , W_s) dilakukan, diikuti dengan evaluasi hasil analisis. Tahapan penelitian tersebut disajikan dalam diagram alir pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

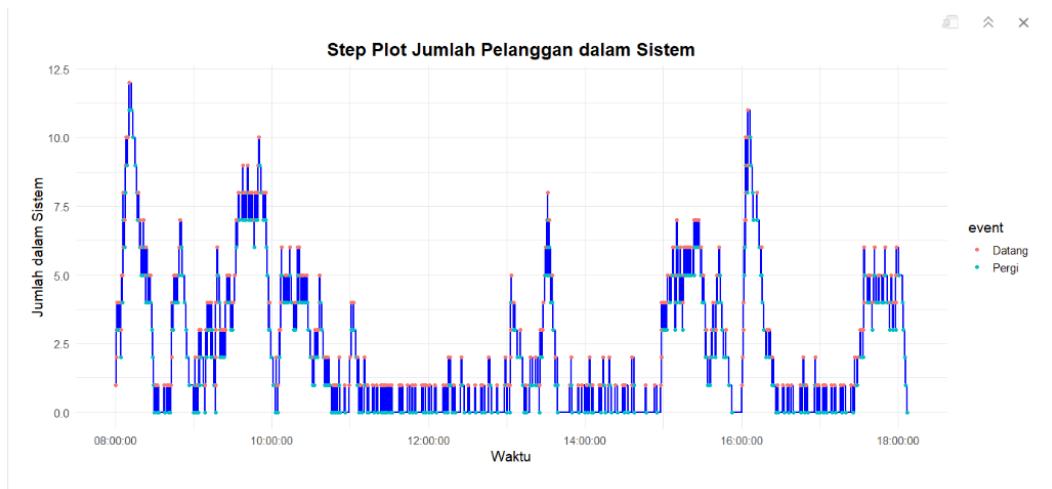
4.1 Deskripsi Data

Pada SPBU ITERA terdapat dua jalur yang berjalan pada SPBU tersebut dalam melayani pelanggan bermotor, yaitu pertamax dan pertalite. Fokus pengamatan dalam penelitian ini dilakukan pada jalur pengisian pertamax. Data kedatangan pelanggan diperoleh melalui observasi jumlah antrian pada jalur tersebut selama 10 jam. Sistem antrian yang diterapkan *Single Channel Queue System* atau model antrian M/M/1, dimana pada sistem ini terdapat satu petugas yang dapat melayani para pelanggan. Data dari pengamatan selama 10 jam dicatat dan disajikan dalam Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Pengamatan Antrian

Pelanggan i	Waktu datang	Waktu Dilayani	Waktu Selesai/Pergi	Waktu Antar Kedatangan	Waktu Pelayanan
1	08:00:10	08:00:27	08:01:11	-	0.733
2	08:00:45	08:01:19	08:02:07	0.583	0.8
3	08:00:57	08:02:07	08:02:57	0.2	0.833
4	08:01:07	08:04:14	08:04:02	0.167	0.98
5	08:02:00	08:05:17	08:05:15	0.883	1.01
:
349	17:58:51	18:06:15	18:07:10	0.517	0.917

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada tanggal 18 November 2025 terlihat bahwa total pelanggan sebesar 349 motor. Dinamika kedatangan dan durasi pelayanan pada Tabel 4.1 divisualisasikan menggunakan dalam bentuk Step Plot. Grafik ini menggambarkan fluktuasi jumlah pelanggan di dalam sistem sepanjang waktu pengamatan, sebagaimana terlihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Plot Jumlah pelanggan dalam sistem

Visualisasi step plot menunjukkan fluktuasi antrian yang signifikan, dengan puncak kepadatan terjadi pada pukul 08.00 dan 17.00 WIB yang ditandai dengan lonjakan antrian tertinggi akibat tingginya mobilitas pagi dan sore hari. Sebaliknya, intensitas antrian menurun drastis pada rentang pukul 11.00 hingga 14.00 WIB dan bahkan sering menyentuh titik nol, yang mengindikasikan bahwa sistem sering berada dalam kondisi kosong (*idle*) yang mungkin dipengaruhi oleh berbagai faktor. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memperkuat interpretasi visual tersebut dengan gambaran kuantitatif yang lebih terukur. Tabel 4.2 menyajikan ringkasan statistik deskriptif yang digunakan untuk memberikan gambaran umum atau karakteristik kedua variabel utama penelitian, yaitu waktu antar-kedatangan (*interarrival time*) dan waktu pelayanan (*service time*) sebagai berikut.

Tabel 4.2 Statistik Deskriptif

Variabel	Statistik Deskriptif		
	Rata-rata (menit)	Minimum (menit)	Maksimum (menit)
Waktu Antar Kedatangan	1.72	0	12.48
Waktu Pelayanan	1.01	0.25	2.07

Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan antara kedatangan satu pelanggan dengan pelanggan berikutnya sekitar 1.72 menit dengan waktu lama tercatat mencapai 12.48 menit. Sementara itu, rata-rata waktu yang dihabiskan untuk menangani atau melayani satu pelanggan, yaitu 1.01 menit dengan waktu pelayanan tercepat 0.25 menit dan terlama adalah 2.07 menit.

4.2 Analisis Model Sistem Antrian

Analisis sistem antrian pengisian bahan bakar kendaraan bermotor jenis Pertamax pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) ITERA dilakukan menggunakan Model Antrian M/M/1. Model digunakan dengan asumsi bahwa kedatangan pelanggan mengikuti proses Poisson dan waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada hari Selasa, tepatnya tanggal 18 November 2025 selama 10 jam di mulai pada pukul 08.00 - 18.00 WIB, diperoleh data waktu kedatangan dan pelayanan. Berdasarkan data tersebut, tingkat kedatangan rata-rata (λ), tingkat pelayanan rata-rata (μ), dan nilai utilitas (ρ) dihitung sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kedatangan}}{\text{Waktu pengamatan}} = \frac{349}{600 \text{ menit}} = 0.581 \text{ motor/menit}$$

$$\mu = \frac{1}{\bar{x} \text{ waktu pelayanan}} = \frac{1}{1.011} = 0.989 \text{ motor/menit}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.581}{0.989} = 0.587 = 58.7 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai rata-rata tingkat kedatangan konsumen (λ) untuk 399 motor adalah 0,58 menit, rata-rata tingkat pelayanan adalah (μ) 0,99 menit, dan tingkat kesibukan server adalah sebesar 58.7% . Sebelum mengukur kinerja sistem, perlu dipastikan terlebih dahulu bahwa

kondisi antrian berada dalam keadaan stabil (steady state), hal ini penting guna memastikan kapasitas pelayanan mencukupi beban kedatangan agar antrian tetap terkendali. Kestabilan sistem dianalisis melalui nilai utilitas (ρ) menggunakan Persamaan (7) dengan mensubstitusi nilai parameter ρ dan c [11]:

$$S = \rho \cdot \frac{1}{c} < 1$$

$$S = 0.587 \cdot \frac{1}{1} = 0.587 < 1$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai $S < 1$ ketika jumlah fasilitas pelayanan (c) yang ada adalah 1 (satu). Hal tersebut mengindikasikan bahwa sistem berada dalam kondisi stabil. Nilai utilitas yang relatif rendah ini menandakan bahwa kapasitas pelayanan masih mampu mengimbangi laju kedatangan kendaraan, sehingga antrian tidak menumpuk secara signifikan dan tidak terjadi kondisi jenuh. Dalam situasi seperti ini, penggunaan model M/M/1 sudah memadai untuk menggambarkan karakteristik antrian pengisian bahan bakar Pertamax kendaraan bermotor di SPBU ITERA. Berdasarkan hal tersebut analisis dapat dilanjutkan menggunakan model M/M/1 untuk menghitung ukuran kinerja sistem tanpa perlu mensimulasikan konfigurasi jalur tambahan. Nilai parameter λ dan μ digunakan dalam menghitung kinerja sistem model antrian jalur tunggal yang meliputi:

1. Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (P_0)

Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dihitung menggunakan rumus pada Persamaan (2). Parameter ini menunjukkan peluang fasilitas pelayanan dalam keadaan kosong atau menganggur (*idle*). Substitusi nilai tingkat kedatangan dan pelayanan menghasilkan nilai probabilitas sebagai berikut:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{0.581}{0.989} = 0.413$$

Nilai P_0 sebesar 0,41 menunjukkan bahwa peluang jalur Pertamax pada SPBU ITERA dalam keadaan kosong adalah sebesar 41%. Hal ini mengindikasikan bahwa petugas memiliki waktu luang yang cukup signifikan dan sistem tidak terlalu padat.

2. Rata-rata pelanggan dalam antrian (L_q)

Rata-rata jumlah motor yang menunggu dalam antrian dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (3). Parameter ini merepresentasikan ekspektasi panjang antrian yang terbentuk di jalur pengisian sebelum kendaraan mendapatkan pelayanan dari petugas. Perhitungan dimulai dengan mensubstitusikan nilai tingkat kedatangan (λ) dan tingkat pelayanan (μ) ke dalam persamaan tersebut, diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{0.581^2}{0.989(0.989 - 0.581)} = 0.84 \approx 1 Motor$$

Hasil perhitungan menunjukkan terdapat $0.84 \approx 1$ kendaraan yang mengantri. Hal tersebut menandakan tidak terjadi penumpukan kendaraan.

3. Rata-rata pelanggan dalam sistem (L_s)

Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem dihitung melalui Persamaan (5). Indikator ini menggambarkan total keberadaan kendaraan di area SPBU jalur pengisian bahan bakar Pertamax, mencakup kendaraan yang sedang mengantri maupun yang sedang dilayani. Penerapan parameter ke dalam rumus memberikan hasil perhitungan di bawah ini:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{0.581}{0.989 - 0.581} = 1.42 \approx 2 Motor$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai L_s sebesar $1.42 \approx 2$ motor yang sedang mengantri dan yang sedang dilayani yang menandakan kepadatan sistem secara keseluruhan masih sangat terkendali."

4. Rata-rata waktu menunggu dalam antrian (W_q)

Rata-rata waktu menunggu dalam antrian diestimasi menggunakan Persamaan (4). Nilai ini merepresentasikan durasi waktu yang dihabiskan pelanggan semata-mata untuk menunggu giliran sebelum bertemu petugas. Perhitungan berdasarkan data yang tersedia adalah sebagai berikut:

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{0.581}{0.989(0.989 - 0.581)} = 1.44 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai W_q sebesar 1.44 menit, yang berarti rata-rata waktu tunggu yang harus dialami pelanggan dalam barisan antrian sebelum bertemu petugas adalah sekitar 1 menit 26 detik. Waktu tunggu ini tergolong singkat sehingga risiko pelanggan pergi (balking) akibat antrian panjang sangat kecil.

5. Rata-rata waktu menunggu dalam sistem (W_s)

Rata-rata waktu menunggu dalam sistem merujuk pada rumus di Persamaan (6). Parameter ini mencakup keseluruhan waktu operasional yang dialami pelanggan, mulai dari kedatangan, mengantri, hingga selesai pengisian bahan bakar. Kalkulasi nilai (W_s) dilakukan sebagai berikut.

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{0.989 - 0.581} = 2.45 \text{ menit}$$

Nilai W_s sebesar 2,45 menit menggambarkan total waktu yang dihabiskan satu pelanggan di SPBU, mulai dari datang, mengantri, hingga selesai mengisi bahan bakar. Total durasi pelayanan keseluruhan ini menunjukkan efisiensi operasional yang baik karena pelanggan tidak menghabiskan waktu terlalu lama di lokasi.

Dalam kasus SPBU ITERA ini, hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem antrian beroperasi dengan sangat efisien meskipun hanya menggunakan konfigurasi satu fasilitas pelayanan (*Single Channel – Single Phase*). Pada penelitiannya didapatkan bahwa rata-rata panjang antrian (L_q) berkisar pada 1 motor dan waktu tunggu (W_q) sekitar 1.44 menit, sistem terbukti mampu melayani laju kedatangan

mahasiswa maupun umum tanpa hambatan berarti [5]. Kondisi yang relatif lengang dan terkendali ini menunjukkan perbedaan hasil yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan temuan pada penelitian yang dilakukan oleh Yessy Hans Aprilia Manurung, dkk pada tahun 2025 mengenai analisis antrian di SPBU Sungai Bahar Unit V. Pada studi kasus di Sungai Bahar tersebut, meskipun fasilitas pelayanan didukung oleh dua orang petugas, data menunjukkan terjadinya penumpukan antrian yang ekstrem pada jam sibuk (16.00 – 17.00 WIB) dengan rata-rata panjang antrian L_q mencapai 24,1 kendaraan. Perbedaan mencolok ini mengindikasikan bahwa karakteristik beban kerja di SPBU ITERA jauh lebih ringan dan stabil, sehingga penggunaan model M/M/1 (satu petugas) di lokasi ini sudah sangat memadai dan efektif, berbeda dengan SPBU Sungai Bahar yang mengalami kondisi jenuh (*overload*) akibat tingginya volume kedatangan yang tidak sebanding dengan kecepatan pelayanan [5].

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai sistem antrian kendaraan bermotor pada jalur pengisian Pertamax di SPBU ITERA dengan menggunakan model antrian M/M/1, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut. Pertama, karakteristik kedatangan pelanggan pada jalur Pertamax dengan asumsi distribusi Poisson dengan rata-rata waktu antar kedatangan sebesar 1,72 menit, sedangkan waktu pelayanan dengan distribusi Eksponensial didapatkan rata-rata 1,01 menit. Temuan ini mengindikasikan bahwa dinamika kedatangan maupun pelayanan di SPBU ITERA memiliki sifat stokastik, yang sesuai dengan asumsi dasar model M/M/1.

Kedua, hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem antrian berada dalam kondisi stabil (*steady state*), ditunjukkan dengan nilai tingkat pemanfaatan server (p) sebesar 0,587 atau 58,7%. Angka ini mengindikasikan bahwa kapasitas pelayanan masih lebih tinggi dibandingkan beban kedatangan, sehingga kemungkinan terjadinya penumpukan antrian yang besar sangat kecil. Temuan ini diperkuat oleh ukuran kinerja sistem, yaitu rata-rata panjang antrian (L_q) sebesar 0,84 kendaraan, rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem (L_s) sebesar 1,42 kendaraan, rata-rata waktu tunggu dalam antrian (W_q) sebesar 1,44 menit, dan waktu tunggu total dalam sistem (W_s) sebesar 2,45 menit. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa pelanggan hanya menghabiskan waktu singkat selama proses pengisian.

Ketiga, berdasarkan analisis mengenai kondisi aktual SPBU ITERA, menunjukkan bahwa satu fasilitas pelayanan (*single channel*) sudah cukup untuk mengatasi beban kedatangan pelanggan selama rentang waktu pengamatan. Meskipun hanya menggunakan satu dispenser, sistem ini dapat beroperasi dengan efisien, berbeda dengan temuan dari beberapa penelitian sebelumnya pada SPBU lain yang mengalami saturasi walaupun memiliki lebih dari satu petugas. Dengan demikian, konfigurasi pelayanan saat ini sudah optimal untuk memenuhi kebutuhan pengguna jalur Pertamax di SPBU ITERA.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang diperoleh, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, di antaranya:

- 1) Pengelola SPBU ITERA disarankan tetap mempertahankan konfigurasi jalur pelayanan yang ada saat ini, karena satu dispenser telah terbukti mampu menangani permintaan dengan efisien berdasarkan nilai utilitas yang masih berada di bawah batas kejemuhan.
- 2) Akan tetapi, pengelola tetap perlu melakukan pemantauan berkala, terutama pada waktu atau hari tertentu yang kemungkinan memiliki pola kedatangan lebih tinggi, seperti saat akhir pekan, awal bulan, atau ketika adanya peningkatan aktivitas mahasiswa. Pemantauan ini penting untuk

mengidentifikasi perubahan pola kedatangan yang berpotensi meningkatkan utilitas melebihi batas aman.

- 3) Apabila terdapat lonjakan yang signifikan dalam jumlah kendaraan yang datang, pengelola mungkin perlu mempertimbangkan penggunaan model M/M/c untuk menganalisis apakah diperlukan penambahan fasilitas pelayanan, seperti penambahan dispenser atau petugas, guna menjaga kelancaran sistem antrean.
- 4) Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memperluas cakupan pengamatan, misalnya dengan membandingkan kondisi antrean pada hari kerja dan akhir pekan, serta mempertimbangkan faktor eksternal seperti jam sibuk, perubahan harga bahan bakar, atau program promosi yang berpotensi memengaruhi pola kedatangan pelanggan. Selain itu, analisis dapat dikembangkan menggunakan model antrian yang lebih kompleks seperti M/M/c untuk mengkaji skenario penambahan jumlah server. Pendekatan simulasi berbasis *software* seperti Arena atau SimPy juga bisa digunakan untuk menilai beragam alternatif konfigurasi pelayanan sebelum diterapkan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Setiawan, D. Setiaji dan S. Widiyanti, “Usulan Model Sistem Antrian pada Wisata Umbul Pelem dengan Pendekatan Teori Antrian dan Simulasi,” *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 2, no. 5, pp. 68-76, 2024.
- [2] C. Vidiati, A. M. Ramdan, A. Martoyo, A. Supriyadi, L. Susanti, L. Siwyanti, A. R. Dirgantara, Y. Fahdillah dan E. Hikmawati, *Manajemen Usaha Jasa*, Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung, 2023.
- [3] A. Nasution, J. Kurniawan, B. P. Rambe, M. A. Hasibuan dan I. Ritonga, “Analisis Sistem Antrian Sepeda Motor Untuk Meningkatkan Efektivitas Pelayanan Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) 14.214.280 Simpang Mangga Rantauprapat,” *Journal of Computer Science and Information Systems (JCoInS)*, vol. 6, no. 2, pp. 137-144, 2025.
- [4] S. Wijaya dan Y. P. Astuti, “Penerapan Sistem Antrean Untuk Menentukan Jumlah Jalur Optimal Pada Stasiun Bahan Bakar Umum Berdasarkan Biaya Operasional Layanan Dan Biaya Tunggu Customer,” *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 9, no. 3, pp. 474-483, 2021.
- [5] Y. H. A. Manurung, P. R. S. Manik, D. P. Manurung dan E. Y. Situngkir, “Analisis Antrian Pada Stasiun Bahan Bakar Umum (SPBU) 2536307 Sungai Bahar Unit V,” *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 5, no. 8, pp. 495-502, 2025.
- [6] D. Gross, J. F. Shortle, J. M. Thompson dan C. M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory*, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [7] R. Almer, C. V. Amanda, A. D. Pramudya, D. Octavandine, J. Rahmat dan R. W. Arini, “Analisis Waktu Kedatangan Dan Pelayanan Pelanggan Pada Reddog Purwokerto Menggunakan Metode Single Channel Multi Phase,” *Jurnal Multidisiplin Saintek*, vol. 8, no. 5, pp. 1-19, 2025.
- [8] N. Ibrahim, S. K. Nasib, A. R. Nuha, M. R. Katili, Nurwan dan D. Wungguli, “Analisis Sistem Antrian dengan Model M/M/C dalam Meningkatkan Efektivitas Kinerja Sistem,” *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumian dan Angkasa*, vol. 3, no. 2, pp. 20-34, 2025.
- [9] W. Angraini, Y. dan Y. , “Analisis Kinerja Sistem Antrian Di SPBU Jalan Jenderal Ahmad Yani Kota Pontianak,” *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 14, no. 4, p. 520 – 529, 2025.
- [10] R. Simarmata, A. D. Septia dan J. S. M. Purba, “Analisis Antrean SPBU dengan Model M/M/c dan Simulasi Arena untuk Optimalisasi (Studi Kasus:

- SPBU Nomor 14.201.125, Medan)," *Jurnal Manajemen Rekayasa dan Inovasi Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, 2025.
- [11] S. Aminah, M. Aritonang dan E. Sulistianingsih, "Analisis Antrian Multi Channel Multi Phase Pada Antrian Pembuatan Surat Izin Mengemudi Dengan Model Antrian (M/M/c)," *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 4, no. 2, pp. 127-134, 2015.
- [12] T. Rachman, "Simulasi Model Antrian Optimal Loket Pembayaran Parkir," *Jurnal Inovisi*, vol. 12, no. 2, pp. 72-85, 2016.
- [13] A. J. Simanjuntak, L. D. Simbolon Dan R. F. Sinaga3, "Analisis Antrian Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) 14.211.205 Pematangsiantar Dengan Menggunakan Metode Teori Antrian," *Jurnal Pembelajaran Dan Matematika Sigma (JPMS)*, vol. 8, no. 2, p. 445– 452, 2022.
- [14] D. S. Jamil, A. Sani, M. K. Djafar, Jufra dan H. Budiman, "Analisis Sistem Antrian Multi Channel Single Phase Service Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Pasarwajo," *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, vol. 3, no. 1, pp. 271-280, 2023.
- [15] D. T. Liputra, K. Suhada, V. Arisandhy dan N. K. Bakti, "Perancangan Sistem Antrian dan Penentuan Jumlah Operator SPBU untuk Mengurangi Panjang Antrian dan Total Biaya Operasional dengan Metode Simulasi," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 10, no. 2, pp. 216-226, 2024.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Area SPBU



Lampiran 2. Proses Pengumpulan Data

