

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bank merupakan gerbang utama bagi akses keuangan di suatu wilayah, antar daerah bahkan antar negara (Mahmud, 2022). Hal ini membuat bank memiliki peran yang penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu wilayah bahkan pertumbuhan ekonomi global. Di era globalisasi saat ini, bank bukan hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan uang maupun transaksi keuangan, tetapi juga berperan sebagai pusat perdagangan dan pengelolaan dana secara global untuk meningkatkan pendapatan suatu negara (Mishkin, 2018). Negara yang memiliki sistem perbankan yang baik hingga memberikan dampak signifikan terhadap ekonomi negara tersebut adalah Singapura.

Singapura merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang sangat minim, tetapi didukung oleh letak geografis yang strategis di jalur perdagangan internasional sehingga menjadikan sektor perbankan sebagai salah satu pilar utama perekonomian (World Bank, 2023). Salah satu lembaga keuangan yang sukses di Singapura adalah DBS Bank. Pada tahun 2023, DBS mencatatkan laba bersih sebesar SGD 8,2 miliar, naik signifikan dibandingkan tahun sebelumnya (DBS, 2023). Angka tersebut

tercapai melalui tata kelola perbankan yang terencana dengan baik, serta adopsi digitalisasi dalam layanan keuangan dan



optimalisasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi operasional serta memperluas inklusi keuangan di tingkat regional maupun global (McKinsey & Company, 2022).

Sebagai negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia, Indonesia sepatutnya mengadaptasi model dan sistem tata kelola perbankan seperti Singapura, mengingat sektor perbankan Indonesia juga menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Pada tahun 2021, total aset perbankan di Indonesia mencapai Rp9.115 triliun, meningkat 7,5% dibandingkan tahun sebelumnya (OJK, 2023). Pertumbuhan signifikan juga terjadi pada sektor kredit yang tumbuh sebesar 5,2% serta penghimpunan dana pihak ketiga yang naik 8,3% (OJK, 2023). Salah satu wilayah strategis yang menunjukkan pertumbuhan sektor perbankan yang pesat adalah Makassar, Sulawesi Selatan.

Makassar dikenal sebagai pusat ekonomi di kawasan Indonesia Timur dengan kontribusi sektor keuangan yang terus meningkat. Bank Indonesia mencatat bahwa penyaluran kredit di Sulawesi Selatan pada tahun 2023 mencapai Rp150 triliun, dengan pertumbuhan terbesar berasal dari sektor perdagangan dan infrastruktur (Bank Indonesia, 2023). Dengan dukungan infrastruktur teknologi dan peningkatan literasi keuangan, perbankan di Makassar memiliki potensi besar untuk terus berkembang dan menjadi motor penggerak perekonomian wilayah (PwC Indonesia, 2022).



Dengan semakin berkembangnya infrastruktur teknologi, bank-bank di Makassar semakin mampu memberikan layanan yang lebih efisien dan terjangkau bagi nasabah. Namun, untuk memaksimalkan potensi ini, penting bagi sektor perbankan untuk terus menjaga kualitas layanan, termasuk memperbaiki sistem antrian nasabah agar semakin efisien (Kotler & Keller, 2019). Hal ini akan memastikan bahwa perbankan di Makassar tidak hanya berkembang secara kuantitas, tetapi juga dalam hal kualitas layanan yang memadai bagi seluruh lapisan masyarakat.

Proses pelayanan nasabah merupakan aspek esensial dalam perbankan yang berdampak langsung pada tingkat kepuasan pelanggan dan efisiensi operasional (Parasuraman et al., 1988). Salah satu tantangan utama yang sering dihadapi adalah lamanya waktu tunggu akibat antrian yang panjang. Keterlambatan ini sering kali disebabkan oleh jumlah loket pelayanan yang tidak memadai, sistem antrian yang kurang optimal, dan variasi waktu pelayanan berdasarkan kompleksitas transaksi yang dilakukan oleh nasabah (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2017).

Keterlambatan dalam pelayanan tidak hanya memengaruhi pengalaman nasabah, tetapi juga menurunkan efisiensi operasional bank. Antrian panjang sering kali mengakibatkan waktu tunggu yang lebih lama dan dapat menciptakan persepsi negatif terhadap kualitas layanan (Zeithaml et al., 2020). Oleh sebab itu, diperlukan sistem manajemen

yang efektif untuk mengatasi tantangan ini, sehingga bank dapat



memberikan pelayanan yang efisien tanpa mengorbankan kenyamanan nasabah.

Teori antrian pertama kali diperkenalkan oleh A.K. Erlang, seorang insinyur asal Denmark, pada tahun 1917. Beliau dikenal sebagai Bapak Teori Antrian (Paskah Sirait & Parapat Gultom, 2023). Hingga kini, teori ini telah diterapkan di berbagai bidang, termasuk perbankan. Beberapa contoh penerapan teori antrian meliputi penelitian Alnoweitan et al. (2022) mengenai sistem antrian di proses check-in Bandara Internasional Kairo, penelitian Jose et al. (2023) yang menganalisis dan memperbaiki kemacetan transportasi udara di London, serta penelitian Auriaa et al. (2022) terkait antrian di layanan pelanggan telekomunikasi. Jianxin dan Qian (2023) juga mempelajari strategi manajemen antrian di taman hiburan Disney, Cina.

Oleh karena itu, penelitian ini akan menyelidiki antrian dalam proses pelayanan nasabah di PT Bank Negara Indonesia Kantor Cabang Pembantu Universitas Hasanddin Tamalanrea yang dilakukan dengan tujuan memperoleh gambaran terkait rata-rata waktu antrian nasabah, rata-rata waktu pelayanan, serta tingkat kesibukan pelayanan dalam konteks ini teller bank. Dengan adanya data yang dikumpulkan, diharapkan terdapat putusan terkait model dan perbaikan sistem antrian pada Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea.



## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang terjadi pada beberapa bank di Indonesia adalah tidak efisiennya waktu tunggu dari nasabah dalam pelayanannya. Peristiwa tersebut pada akhirnya mengakibatkan timbulnya ketidakpuasan nasabah dalam. Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan sebelumnya muncul masalah yang dapat dirumuskan yaitu:

1. Apakah kapasitas teller atau loket layanan menentukan efisiensi pelayanan nasabah di bank?
2. Bagaimana dampak jumlah kedatangan nasabah terhadap efisiensi pelayanan di bank?
3. Apakah durasi waktu pelayanan memengaruhi efisiensi layanan nasabah di bank?

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pemetaan kondisi aktual terhadap model antrian yang telah diterapkan di Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea, selanjutnya dilakukan simulasi dari hasil analisis tersebut dan memberikan usulan terhadap perbaikan yang diperlukan dalam mengurangi waktu tunggu demi meningkatkan efektivitas pelayanan nasabah.

## 1.3 Tujuan Penelitian



Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka fokus penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menjelaskan kinerja sistem

antrian di Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea dalam meningkatkan efektivitas pelayanan nasabah. Adapun tujuannya adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh kapasitas teller atau jumlah loket layanan terhadap efisiensi pelayanan nasabah di bank.
2. Untuk menganalisis dampak jumlah kedatangan nasabah terhadap efisiensi pelayanan di bank.
3. Untuk mengevaluasi pengaruh durasi waktu pelayanan terhadap efisiensi layanan nasabah di bank..

Tujuan dari penelitian ini adalah menilai dan mengaplikasikan model antrian yang tepat pada kegiatan pelayanan nasabah di Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea sehingga dapat ditentukan fasilitas apa saja yang bekerja kurang optimal, serta mendapatkan model antrian yang sesuai.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai sumber informasi akademis untuk kajian lebih lanjut terkait bahasan metode antrian yang memiliki kesamaan dengan keadaan yang sedang dibahas, serta dapat menjadi sumber informasi dan pengambilan keputusan kebijakan di Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan kepada nasabah.



**Referensi**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana kapasitas sistem antrian, frekuensi kedatangan nasabah, dan waktu pelayanan memengaruhi kepuasan nasabah dalam pelayanan di Bank BNI KCP UNHAS Tamalanrea.

#### **1.4.2 Kegunaan Praktis**

Memberikan pandangan mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi pelayanan nasabah serta teori optimalisasi antrian di berbagai industri, serta membantu dalam memilih metode yang tepat pada proses antrian.

#### **1.4.3 Kegunaan Kebijakan**

Menyediakan data dan wawasan untuk penelitian lanjutan terkait antrian, efisiensi dan pelayanan serta operasional.

#### **1.4.4 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini terdiri dari lima bab. Berikut ini peneliti jelaskan penjabaran dari setiap bab disertai dengan penjelasan singkat mengenai kegunaan dari masing-masing bab.

##### **BAB I**

Pendahuluan merupakan gambaran awal dari ketertarikan peneliti melakukan penelitian ini. Bab ini mencakup latar belakang penelitian,



isi masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, serta rencana jika proposal.

Menguraikan mengenai tinjauan pustaka dan tinjauan empiris dari penelitian. Tinjauan pustaka merupakan teori-teori yang mendukung konsep variabel penelitian yaitu teori antrian. Tinjauan empiris berisi penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian.

### BAB III

Kerangka pemikiran merupakan konstruksi logika yang menggambarkan dan menjelaskan dari masing-masing variabel penelitian.

### BAB IV

Objek dan metode penelitian yaitu tempat atau unit aktivitas yang akan peneliti teliti serta cara atau mekanisme penelitian yang akan digunakan nantinya. Bab ini mencakup jenis dan rancangan penelitian, tempat dan waktu penelitian, populasi dan sampel, teknik pengumpulan data, metode analisis data, dan variabel independent dan operasi



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Teoritis dan Konsep

Manajemen operasional adalah disiplin yang berfokus pada pengelolaan dan pengendalian proses-proses dalam organisasi untuk memastikan efisiensi, efektivitas, dan kualitas dalam penyediaan barang atau jasa (Heizer et. al, 2020). Dalam konteks perusahaan jasa, seperti bank, manajemen operasional melibatkan perencanaan dan pengawasan berbagai aktivitas mulai dari pengelolaan sumber daya manusia hingga penggunaan teknologi untuk memberikan layanan yang optimal kepada pelanggan (Stevenson, 2021). Tujuan utama dari manajemen operasional adalah untuk memastikan bahwa setiap proses dapat berjalan dengan lancar dan efisien, serta memenuhi harapan pelanggan yang berujung pada kepuasan dan loyalitas (Davis & Heineke, 2022).

Teori antrian, atau *queuing theory*, adalah alat yang sangat berguna dalam manajemen operasional untuk menganalisis dan merancang sistem pelayanan yang efisien, terutama dalam hal mengelola waktu tunggu pelanggan (Bhat, 2015). Teori ini mengkaji aliran pelanggan yang datang ke suatu sistem pelayanan dan berusaha menentukan bagaimana cara

urangi waktu tunggu dan memaksimalkan kapasitas layanan (Gross 18). Dalam teori antrian, beberapa parameter



penting seperti tingkat kedatangan (arrival rate), tingkat pelayanan (service rate), serta jumlah sumber daya atau petugas yang tersedia menjadi faktor utama yang dapat dioptimalkan untuk memperbaiki pengalaman pelanggan dalam sistem pelayanan (Hillier & Lieberman, 2021).

Penerapan teori antrian pada pelayanan nasabah di bank sangat relevan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2017). Bank dapat menggunakan teori ini untuk menentukan jumlah teller yang optimal pada jam-jam sibuk atau untuk merancang sistem antrian yang lebih efisien, baik secara fisik di cabang bank maupun melalui saluran digital (Zeithaml et al., 2020). Dengan teknologi yang semakin berkembang, bank dapat mengimplementasikan sistem antrian berbasis aplikasi atau pemesanan online, yang memungkinkan nasabah memilih waktu kunjungan dan mengurangi kepadatan di cabang (Chung & Li, 2022). Pengelolaan antrian yang baik tidak hanya mengurangi waktu tunggu tetapi juga meningkatkan kualitas pelayanan, mempercepat transaksi, dan meningkatkan loyalitas pelanggan (Parasuraman et al., 1988)..

## 2.1.1 Teori Antrian

### 2.1.1.1 Pengertian Teori Antrian



Teori antrian pertama kali diperkenalkan oleh Agner Krarup Erlang, merupakan matematikawan asal Kopenhagen, Denmark pada tahun 1909. Teori ini menjadi dasar teori antrian modern yang berkembang hingga

saat ini. Teori antrian pertama kali dimuat dalam bukunya yang berjudul *“Solution of some Problems in The Theory of Probability of Significance in Automatic Telephone Exchange”* (Brockmayer, 1948:101). Dalam buku tersebut, ia pertama kali melakukan percobaan fluktuasi kebutuhan pada alat dial otomatis dalam fasilitas komunitas telepon. Uji coba Erlang dilakukan dengan membagi sistem telekomunikasi tersebut kedalam dua skenario yaitu sistem tanpa pengaturan menunggu dan sistem dengan pengaturan menunggu (Erlang, 1917:189). Hasil uji coba Erlang yaitu, dalam sistem tanpa pengaturan antrian, pelanggan tidak dapat menunggu saat semua jalur sibuk, menyebabkan probabilitas kehilangan panggilan (B) tinggi. Ini dapat mengakibatkan kehilangan kesempatan berkomunikasi. Sementara itu, dalam sistem dengan pengaturan antrian, panggilan baru dimasukkan ke dalam antrean saat jalur sibuk, hal ini dapat mengurangi probabilitas kehilangan panggilan. Hingga saat ini, teori dari hasil uji coba tersebut diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Heizer dan Render dalam bukunya *Operation Management* (2019:784a): *“The body of knowledge about waiting lines, often called queuing theory, is an important part of operations and a valuable tool for the operations manager”*. Dalam konteks operasi, pemahaman tentang teori



memungkinkan manajer untuk mengoptimalkan proses, atkan kinerja, dan mengurangi waktu tunggu. Dengan

menganalisis karakteristik antrian seperti waktu tunggu rata-rata, kapasitas, dan tingkat pelayanan, manajer dapat merancang sistem yang lebih efisien, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan mengurangi biaya operasional.

Antrian dapat terjadi ketika individu, komponen mesin, atau barang harus menunggu untuk menerima layanan dari fasilitas yang sedang beroperasi pada kapasitas tertentu (Render *et. al.*, 2012:500). Hal ini menciptakan penundaan sementara karena tidak adanya pelayanan yang tersedia dalam sementara waktu. Dengan adanya teori antrian, mengurangi waktu tunggu yang membosankan sehingga dapat meningkatkan kepuasan pelayanan.

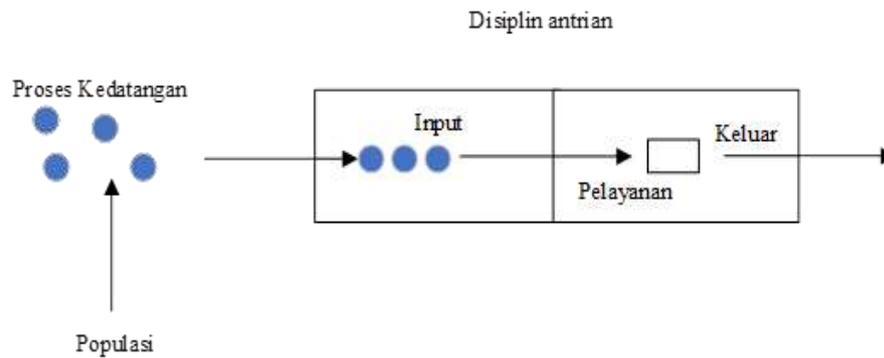
Antrian didefinisikan sebagai situasi dimana terjadi barisan tunggu sejumlah populasi yang sedang menunggu giliran diberikan pelayanan dari fasilitas yang terbatas sehingga terjadi waktu tunggu dalam barisan agar dilayani.

#### 2.1.1.2 Komponen Antrian

Menurut Render *et. al.* (2012:501) struktur umum dari model antrian memiliki empat komponen utama yang dapat divisualisasikan kedalam gambar dibawah ini.

**Gambar 2. 1 Komponen Utama Antrian 1**





#### 1. Input atau sumber masukan

Merupakan tingkat atau proses kedatangan yang didalamnya termasuk ukuran populasi, distribusi statistik serta perilaku pelanggan.

#### 2. Disiplin antrian

Disiplin antrian merupakan aturan yang dari proses pelayanan pelanggan yang akan mendapatkan layanan yang ada.

#### 3. Fasilitas Pelayanan

Merupakan kegiatan yang dilakukan untuk melayani kebutuhan dari pelanggan

#### 4. *Output* atau keluaran

Merupakan hasil atau keluaran dari pelanggan yang telah dilayani oleh fasilitas pelayanan.

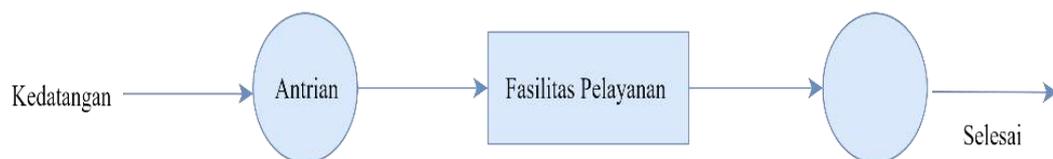
### 2.1.1.3 Karakteristik Antrian

Disiplin antrian terbagi dalam beberapa jenis yaitu:



...ne *First Served (FCFS)* atau *First In First Out (FIFO)*, dalam aturan ggan yang datang lebih dahulu akan diberikan pelayanan terlebih tohnya pada antrian tiket masuk tempat wisata.

- b. *Last Come First Served (LCFS)* atau *Last In First Out (LIFO)*, pelanggan yang datang terakhir akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya pada pelayanan gawat darurat.
- c. *Service In Random Order (SIRO)* merupakan kondisi dimana pelanggan yang datang akan diberikan pelayanan secara acak contohnya pada sistem undian atau arisan.
- d. *Service Priority (SP)* merupakan pelayanan yang memberikan prioritas kepada pelanggan unggul dibandingkan pelanggan yang lain. Contohnya pada antrian pesawat kelas bisnis.



#### 2.1.1.4 Struktur Antrian

Dalam teori antrian terdapat 4 jenis struktur antrian yang terjadi pada seluruh sistem yaitu (Debora, 2021):

##### 1. *Single Channel - Single Phase*

Merupakan model paling sederhana pada antrian yang mana hanya ada satu sisi pelayanan dan satu sisi keluar, pelanggan yang masuk akan langsung dilayani. Contohnya pada antrian pembelian tiket kereta api.

Berikut adalah gambar yang menjelaskan model tersebut.

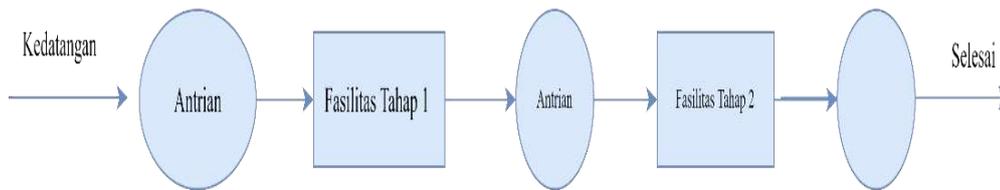


**Gambar 2. 2 Model Single Channel-Sibngle Phase**

## 2. *Single Channel - Multi Phase*

Merupakan model antrian yang didalamnya terdapat beberapa pelayanan yang dilakukan secara berurutan. Contohnya ketika mengurus surat yang didalamnya terdapat birokrasi. Berikut adalah ilustrasinya.

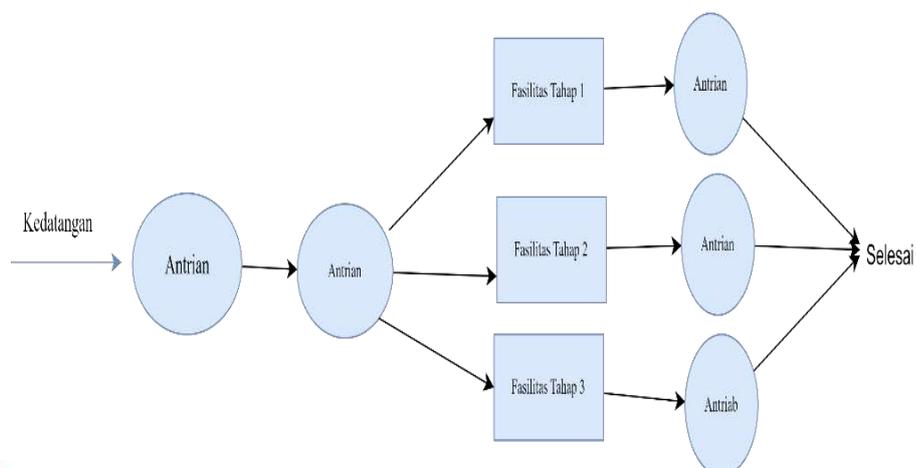
**Gambar 2. 3 Model Single Channel – Multi Phase**



## 3. *Multi Channel - Single Phase*

Merupakan model antrian yang didalamnya terdapat banyak aktivitas barisan atau antrian tetapi hanya ada satu pelayanan. Contohnya pada salon yang terdapat lebih dari pelayanan.

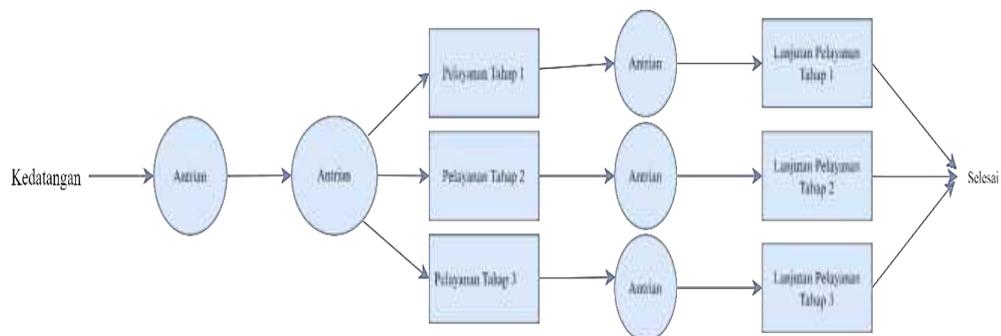
**Gambar 2. 4 Model Multi Channel – Single Phase**



#### 4. *Multi Channel - Multi Phase*

Sistem ini memungkinkan beberapa fasilitas pelayanan setiap tahap sehingga dapat lebih dari satu pelanggan yang dapat dilayani dalam waktu yang sama. Contohnya antrian kasir di swalayan.

**Gambar 2. 5 Model Multi Channel – Single Phase**



##### 2.1.1.5 Model Antrian

Sebagai upaya mengoptimalkan waktu pelayanan fasilitas, dapat menggunakan model-model antrian untuk menentukan berapa lama waktu pelayanan, jumlah saluran antrian serta berapa banyak pelayan yang dibutuhkan. Model antrian tersebut terbagi menjadi empat bagian yaitu (Heizer *et. al.*, 2019:789)



**Tabel 2. 1 Model Antrian**

Model	Nama (Nama Model Teknis)	Jumlah Jalur	Jumlah Tahapan	Pola Tingkat Kedatangan	Pola Tingkat Pelayanan	Ukuran Populasi	Disiplin Antrian	Contoh Penerapan
A	<i>Single-server system (M/M/1)</i>	Tunggal	Tunggal	Poisson	Eksponensial	Tidak Terbatas	FIFO	Layanan Pelanggan Supermarket
B	<i>Multiple-server (M/M/S)</i>	Ganda	Tunggal	Poisson	Eksponensial	Tidak Terbatas	FIFO	Konter tiket pesawat
C	<i>Constant service (M/D/1)</i>	Tunggal	Tunggal	Poisson	Konstan	Tidak Terbatas	FIFO	Pencucian Mobil
D	Populasi Terbatas	Tunggal	Tunggal	Poisson	Eksponensial	Tidak Terbatas	FIFO	Toko dengan selusin mesin yang rusak

Penjabaran dari keempat model antrian diatas sebagai berikut:

1. Model antrian jalur tunggal dengan kedatangan berdistribusi poisson dan pelayanan eksponensial (M/M/1).

Dalam model ini, dapat diasumsikan bahwa kedatangan dilayani menurut prinsip pertama masuk, pertama keluar (FIFO), dan setiap kedatangan akan menunggu giliran untuk dilayani tanpa mempedulikan panjang antrian. Kedatangan bersifat independen dari kedatangan sebelumnya, namun rata-rata tingkat kedatangan tetap konstan sepanjang waktu. Kedatangan mengikuti distribusi probabilitas Poisson dan berasal dari populasi yang sangat besar atau tak terbatas. Waktu layanan berbeda-beda untuk setiap pelanggan dan tidak saling bergantung, tetapi rata-rata tingkat layanan diketahui dan mengikuti distribusi eksponensial negatif.



layanan lebih cepat dibandingkan dengan tingkat kedatangan.

Untuk menghitung persamaan model A adalah sebagai berikut:

eterangan:

$\lambda$  = Jumlah kedatangan rata-rata per satuan waktu

$\mu$  = Jumlah orang yang dilayani per satuan waktu

a. Jumlah kedatangan rata-rata persatuan waktu (yang sedang menunggu pelayanan),

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

b. Rata-rata jumlah waktu yang dihabiskan dalam sistem (waktu menunggu ditambah waktu pelayanan),

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

c. Rata-rata jumlah pelanggan dalam baris antrian,

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

d. Rata-rata jumlah waktu tunggu yang dihabiskan pelanggan hingga dilayani,

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



e. Faktor utilisasi sistem (populasi fasilitas pelayanan sedang sibuk),

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

f. Probabilitas 0 unit dalam sistem (terjadi saat tidak ada pelanggan)

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (6)$$

g. Probabilitas dianggap lebih dari  $k$  unit dalam sistem, dimana  $n$  adalah jumlah unit dalam sistem,

$$P_{n > k} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1} \quad (7)$$

## 2. Model antrian jalur berganda (M/M/S)

Pada model ini terdapat lebih dari dua jalur atau sistem pelayanan yang digunakan untuk melayani pelanggan yang datang. Model ini mengasumsikan bahwa pelanggan yang menunggu pelayanan membentuk satu jalur dan akan dilayani pada stasiun pelayanan pertama. Pelayanan dilakukan dengan metode *First Come First Serve* dan stasiunnya diasumsikan memiliki pelayanan yang sama. Rumus yang digunakan dalam menghitung model ini adalah:



erangan:

= Jumlah jalur yang terbuka

$\lambda$  = Jumlah rata-rata kedatangan perwaktu periode

$\mu$  = Jumlah rata-rata dilayani setiap jalur persatuan waktu

a. Probabilitas 0 unit dalam sistem (terjadi ketika tidak ada pelanggan),

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\mu - \lambda}} \text{ untuk } M\mu > \lambda \quad (8)$$

b. Rata-rata jumlah pelanggan dalam baris antrian,

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (9)$$

c. Rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh pelanggan dalam antrian dan sedang dilayani,

$$W_s = \frac{\lambda \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda} \quad (10)$$

d. Rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh pelanggan dalam antrian dan sedang dilayani,

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} \quad (11)$$

e. Rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam antrian menunggu layanan



$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda} \quad (12)$$

### 3. Model waktu pelayanan konstan ( $M/D/1$ )

Model waktu pelayanan konstan menilai panjang antrian rata-rata dan waktu tunggu rata-rata di antrian dikurangi separuh. Model ini cocok diaplikasikan pada mesin pencuci mobil otomatis. Rumus yang digunakan pada model ini adalah:

a. Rata-rata panjang antrian,

$$Lq = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)} \quad (13)$$

b. Rata-rata waktu tunggu antrian,

$$Wq = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)} \quad (14)$$

c. Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem,

$$Ls = Lq + \frac{\lambda}{\mu} \quad (15)$$

d. Rata-rata waktu dalam sistem,

$$Ws = Wq + \frac{1}{\mu} \quad (16)$$

### 4. Model populasi terbatas ( $M/M/1$ dengan populasi terbatas)

Model populasi terbatas memungkinkan pertimbangan terhadap berapa banyak sistem yang ada. Model ini memiliki perbedaan dengan tiga model lainnya karena terdapat hubungan ketergantungan antara panjang antrian dan laju kedatangan pelanggan. Rumus untuk menghitung model ini



bilangan 0 unit dalam sistem (terjadi ketika tidak ada pelanggan),

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \quad (17)$$

b. Rata-rata panjang dalam antrian,

$$L_q = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right)(1 - P_0) \quad (18)$$

c. Rata-rata pelanggan dilayani perunit oleh sistem

$$L_s = L_q + (1 - P_0) \quad (19)$$

d. Rata-rata waktu tunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{(N - L_s)\lambda} \quad (20)$$

e. Rata-rata waktu sistem

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (21)$$

### 2.1.1.6 Model Keputusan Antrian

Menurut Hamdy A. Taha (2017:684), terdapat dua model dalam pengambilan keputusan antrian, yaitu:

1. *Cost Model* (Model Keputusan Biaya)

Cost Model adalah suatu model dalam keputusan antrian yang digunakan

untuk tingkat pelayanan yang menyeimbangkan dua macam biaya,



- a. *Cost offering the service* (biaya penawaran berdasarkan pelayanan) atau biaya operasi fasilitas pelayanan
- b. *Cost resulting from delay in offering the service* (biaya dari penundaan dalam proses pelayanan konsumen) atau biaya menunggu

Jika tingkat pelayanan yang diberikan sedikit, maka biaya menunggu akan meningkat, dan sebaliknya. Tingkat pelayanan yang optimal akan dicapai ketika biaya operasi fasilitas pelayanan bertemu dengan biaya menunggu.

## 2. *Aspiration Level Model* (Model Tingkat Aspirasi)

Model tingkat aspirasi muncul karena kesulitan dalam mengukur biaya, baik biaya operasional fasilitas pelayanan maupun biaya menunggu. Oleh karena itu, dengan menggunakan model tingkat aspirasi ini, analisis yang lebih sederhana dapat digunakan. Tingkat aspirasi didefinisikan sebagai batas yang diinginkan oleh pembuat keputusan dalam menilai kinerja antrian terkait dengan:

- a. Waktu yang diantisipasi pelanggan saat berada dalam sistem ( $W_q$ )
- b. Persentase waktu di mana layanan atau fasilitas pelayanan tidak digunakan ( $P_0$ )

Kedua metrik ini saling bertentangan, seperti yang terlihat ketika fasilitas  $M$  ditambahkan. Penambahan fasilitas  $M$  akan mengurangi waktu antrian, tetapi akan meningkatkan persentase waktu di mana fasilitas an tidak digunakan. Sebaliknya, jika jumlah fasilitas  $M$  dikurangi,



waktu tunggu dalam antrian akan meningkat, tetapi persentase waktu di mana fasilitas pelayanan tidak digunakan akan berkurang.

Dengan menetapkan tingkat aspirasi untuk waktu tunggu dalam antrian sebagai  $\alpha$  dan tingkat aspirasi untuk persentase waktu mengganggu fasilitas layanan sebagai  $\beta$ , kita dapat menentukan rentang yang diperbolehkan untuk jumlah fasilitas  $c$  yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Langkah-langkah dalam menentukan jumlah operator optimum  $c$  berdasarkan model tingkat aspirasi adalah sebagai berikut:

1. Hitung perkiraan jumlah pelanggan dalam sistem ( $L_s$ ) dan perkiraan waktu tunggu dalam sistem ( $W_s$ ).
2. Hitung persentase waktu di mana operator mengganggu dengan menghitung:

$$\left( X = \frac{100}{c} \sum_{n=0}^c (c - n) \rho^n = 100 \left( 1 - \frac{\rho}{c} \right) \right) \quad (23)$$

3. Tentukan tingkat aspirasi (batas atas) untuk  $W_s$  dan  $X$
4. Tentukan kisaran jumlah operator yang optimum berdasarkan batas atas  $W_s$  dan  $X$

Keputusan tentang jumlah optimal gardu yang dapat ditentukan oleh pertemuan garis  $W_s$  dan  $X\%$  memperhitungkan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ . Dengan



, perbandingan dapat dilakukan antara hasil optimal yang dapat ditentukan oleh grafik keputusan dengan data ketersediaan gardu saat ini.

Metode tingkat aspirasi dapat dinyatakan secara sistematis dengan menentukan jumlah layanan yang sesuai sehingga  $W_s < \alpha$  dan  $X\% = < \beta$ . Untuk menentukan  $W_s$  ditentukan dari analisis yang telah dilakukan dengan perhitungan manual model antrian M/M/S dan komputerasi POM QM For Windows 5. Selain dengan menggunakan grafik dalam penghitungan keputusan model tingkat aspirasi juga bias ditentukan dengan rumus  $S \frac{\lambda}{\mu X (100 - \beta)}$ . Untuk perhitungan dengan rumus tersebut, maka langkah pertama adalah menghitung  $\beta$  (Peresentase waktu menganggur petugas gardu).  $\beta$  ditentukan dengan menghitung:

$$\left( \beta = \frac{100}{c} \sum_{n=0}^c (c - n) \rho^n = 100 \left( 1 - \frac{\rho}{c} \right) \right) \quad (24)$$

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa tahun terakhir, berbagai konsep dan metode telah diterapkan dalam mengoptimalkan proses antrian serta penerapan model antrian pada segala bidang sebagai upaya memenuhi permintaan tepat waktu. Berbagai penelitian telah membahas tentang hubungan antara waktu tunggu dan kepuasan dari pelanggan. Karena hubungan tersebutlah penerapan teori antrian sangat diperlukan sebagai upaya mengoptimalkan alokasi sumber daya yang ada untuk memenuhi permintaan pelanggan tepat waktu dengan



ng minim agar kepuasan pelanggan meningkat. Penelitian Jiaxin Li (2023) yang berjudul "Analysis of queue management in theme parks

introducing the fastpass system” telah menemukan hubungan positif antara waktu tunggu dengan kepuasan pelanggan, dengan meminimalisir waktu antrian maka pengunjung tidak perlu menunggu terlalu lama dan menciptakan kepuasan pelanggan tercipta dan dapat meningkatkan jumlah pengunjung di taman hiburan Disneyland, Cina. Selain penelitian tersebut, Santos et. al. (2022) melakukan penelitian dengan judul “Queue Management in Healthcare: Enhancing Patient Experience” yang berhasil membuktikan bahwa dengan menggunakan teori antrian dapat dilakukan analisa terhadap pola kedatangan serta waktu tunggu pasien untuk memastikan kelancaran operasional pelayanan kesehatan.

Teori antrian merupakan teori yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, yang berfungsi memberikan kelancaran terhadap proses yang ada dalam bidang tersebut. Pedro Cesar Lopes Gerum dan Melike Baykal-Gürsoy (2022) dalam penelitian yang berjudul “How incidents impact congestion on roadways: A queuing network approach” memeriksa terkait dampak insiden yang terjadi dengan kemacetan lalu lintas dengan model jaringan antrian yang memprediksi distribusi antrian kepadatan lalu lintas selama kecelakaan terjadi.

Selain dapat digunakan dalam memprediksi antrian dan kemacetan di jalan raya, teori antrian juga dikaji untuk meminimalkan waktu antrian di ruang tunggu bandara. Penelitian tersebut dilakukan oleh Alnowibet et. al.



lengan judul "Airport terminal building capacity evaluation using system" yang melakukan kajian terhadap sistem antrian di Bandara

Internasional Kairo Mesir untuk meminimalkan waktu tunggu penumpang. Dalam penelitian ini, data yang dianalisis dan memproses data check-in, keamanan, serta boarding dengan menggunakan sistem matematis untuk menganalisis kecepatan layanan.

Kecepatan pelayanan dalam antrian pelabuhan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah luas dari dermaga pelabuhan tersebut. Macias et. al. (2023) dalam penelitiannya yang berjudul “An Integrated vertiport placement model considering vehicle sizing and queuing: A case study in London” membahas terkait hubungan infrastruktur (lokasi parkir) yang ada dengan intensitas kedatangan kendaraan serta ukuran kendaraan itu sendiri. Penelitian ini menemukan bahwa ukuran dari lahan parkir berpengaruh positif terhadap waktu antrian. Hubungan antara sistem antrian dan manufaktur juga dilakukan oleh Martyn et al. (2021) dalam penelitiannya yang berjudul “Optimization of Technological Process Industry 4.0 Parameters for Details Manufacturing via Sampling: Rules of Queuing System” menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan waktu antrian, sistem manufaktur dapat diatur secara efisien, mengoptimalkan logistik dan jalur produk

