BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. Transportasi Udara

Transportasi adalah kegiatan mengangkut atau memindahkan barang maupun manusia dari suatu tempat ke tempat yang lain, atau dari tempat asal ke suatu tujuan (Wirangsane, 2016). Transportasi adalah kegiatan memindahkan barang dan atau manusia dari tempat asal ke tempat tujuan dan merupakan salah satu jenis kegiatan yang berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan manusia dengan mengubah letak barang dan orang secara geografis sehingga menyebabkan adanya transaksi (Utomo, 2010). Konsep transportasi didasarkan pada adanya perjalanan antara asal ke tujuan (Baiq Setiani, 2015).

Menurut UU No.83 Tahun 1958, pengertian pesawat udara adalah setiap alat yang dapat memperoleh daya angkat dari udara. Pada UU No. 2 Tahun 1962, pesawat udara adalah transportasi yang dapat bergerak dari atas tanah ataupun air ke udara ata angkasa maupun sebaliknya. Menurut Jurnal Prakarsa Infrastruktur Indonesia tahun 2012 "Transportasi udara, adalah sebab dan akibat dari petumbuhan ekonomi, yang menciptakan 'Lingkaran Kebajikan' *(virtous circle)* dalam pertumbuhan ekonomi yang diikuti oleh peningkatan permintaan sehingga menciptakan pertumbuhan lebih besar dan seterusnya. Hal ini secara khusus relevan bagi Indonesia, tempat industri minyak dan ekstraksi (keduanya sangat mengandalkan transportasi udara dibandingkan banyak industri lainnya) menjadi penyumbang signifikan bagi pertumbuhan ekonomi."

3.2. Bandar Udara

Menurut Annex 14 dari ICAO *(International Civil Avilation Organization)*, "Bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat. Definisi bandar udara menurut PT (Persero) Angkasa Pura I adalah lapangan udara, termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara untuk masyarakat."

3.3. Apron

Apron atau dalam bahasa Indonesia adalah pelataran pesawat merupakan bagian dari bandar udara yang digunakan sebagai 7 at parkir pesawat udara. Selain itu, *Apron* juga digunakan untuk mengisi bahan bakar, menurunkan penumpang dan menaikkan penumpang pesawat. Apron berada pada sisi bandara *(airport side)* yang bersinggungan langsung dengan bangunan terminal, dan dihubungkan dengan jalan raya yang menuju ke landasan pacu *(runaway)* (Wikipedia).

3.4. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah bagian dari ilmu statistika yang mempelajari cara, teknik dan prosedur untuk mendeskripsikan serta menampilkan data hasil pengamatan. Data yang dikumpulkan harus disajikan secara sederhana dan menarik agar mudah dipahami dan dapat memberikan informasi secara jelas. penyajian data tersebut secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu (1) penyiapan data yang mencakup proses editing, pengkodean, dan pemasukkan data, dan (2) analisis pendahuluan meliputi pemilahan, pemeriksaan, serta penyusunan data sehingga diperoleh gambaran, pola, dan hubungan yang lebih bermakna (Walpole, 2012).

Analisis deskripsi data adalah upaya untuk menampilkan data supaya dapat dipaparkan secara baik dan mudah untuk diinterpretasikan. Statistika deskripsi meliputi penyusunan data dalam bentuk yang mudah dibaca secara lengkap. Tabel frekuensi merupakan cara penyajian yang paling umum untuk deskripsi data dan digunakan untuk peubah katagorik. Tabel ini menampilkan katagori-katagori yang muncul dalam gugus data beserta frekuensi masing-masing (Saeffudin dkk, 2009).

3.5. Konsep Peluang

Teori probabilitas untuk ruang sampel berhingga menetapkan suatu himpunan bilangan yang dinamakan bobot dan bernilai dari 0 sampai 1 sehingga probabilitas terjadinya suatu kejadian dapat dihitung. Tiap titik pada ruang sampel dikaitkan dengan suatu bobot sehingga jumlah semua bobot sama dengan 1 (Adi, 2015).

Menurut Adi (2015) Aksioma - aksioma probabilitas adalah berikut ini:

1. Untuk setiap kejadian A berlaku $P(A) \geq 0$.
2. Untuk kejadian pasti S berlaku $P(S) = 1$.
3. Untuk semua kejadian yang saling asing $A1, A2, \ldots.$, berlaku

$$P(A1 \cup A2 \cup \ldots..) = P(A1) + P(A2) + \ldots..$$

4. Suatu percobaan dapat menghasilkan N hasil berkemungkinan sama dan bila tepat sebanyak n dari hasil berkaitan kejadian A maka peluang A adalah $P(A) = n/N$

3.6. Proses Stokastik

Proses stokastik merupakan kumpulan variabel random yang merupakan fungsi dari waktu (*time*). Proses stokastik juga disebut sebagai random *processes* (proses random) (I Gusti, 2013).

Kumpulan harga- harga yang mungkin untuk suatu variabel random X_n dari proses stokastik $\{X_n, n \geq 1\}$ disebut Ruang *State* ditulis dengan simbol $\{X(t), t \in T)$ dengan t merupakan himpunan bagian dari $\{-\infty,\infty\}$.

Menurut I Gusti Ayu Made (2013) parameter waktu pada proses stokastik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

(i) Proses stokastik waktu kontinu dimana jika T merupakan suatu interval dengan panjang positif

(ii) Proses stokastik waktu diskret dimana jika T merupakan himpunan bagian dari suatu bilangan bulat.

3.6.1 Rantai Markov

Menurut Khreshna (2011) proses stokastik $\{X_n\}$ merupakan Rantai Markov dengan :

- $n = 0,1,2,...$
- nilai yang mungkin adalah hingga atau terhitung
- $P(X_{n+1} = j|X_n = i, X_n{-}1 = i_{n-1},...,X_1 = i_1, X_0 = i_0) = P_{ij}$
- Distribusi bersyarat X_{n+1}, diberikan kondisi periode lalu (*past states*) X_0, X_1, ..., $X_n{-}1$ dan kondisi sekarang (*present state*) X_n, tetapi hanya bergantung pada keadaan sekarang ("Sifat Markov")
- Keadaan - keadaan (*states*): $i_0,i_1,...,i_{n-1},i,j$

P_{ij} adalah peluang bahwa proses akan berada di keadaan j dari keadaan *i ;*

$$P_{ij} \geq 0, i, j \geq 0;$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1 , \quad i = 0,1, \dots .. \qquad (3.1)$$

Matriks peluang transisi P_{ij} adalah

$$P = \begin{pmatrix} P_{00} & \cdots & P_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{i0} & \cdots & P_{in} \end{pmatrix}$$

Peluang transisisi P_{ij} merupakan peluag transisi 1 langkah diperoleh berdasarkan peluang bersyarat berikut ini :

$$P(X_{n+1} = j \,|X_n = i, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots , X_1 = i_1 , X_0 = i_0)$$

$$= P\ (X_{n+1} = j\ |X_n = i)$$

$$= P_{ij} \qquad (3.2)$$

3.7. Kejadian Poisson

3.1.1 Distribusi Poisson

Sebuah perobaan yang menghasilkan jumlah sukses yang terjadi pada selang daerah maupun waktu tertentu disebut sebagai percobaain Poisson. Selang waktu tersebut dapat berupa menit, jam, hari, minggu, bulan maupun tahun. Interval daerah yang tertentu dapat bergaris, luas, sisi, maupun material (Dimyati, 1999).

Pada buku berjudul *Introduction to Probability and Mathematical Statistics* yang ditulis oleh Bain dan Engelhardt (1992) menyatakan bahwa variabel acak diskrit X dikatakan berdisribusi Poisson dengan parameter μ > 0 jika memiliki fungsi densitas peluang seperti berikut ini :

$$f(x;\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \qquad (3.3)$$

Dimana :

x = 0,1, 2, 3, ...

λ = rata-rata banyaknya sukses yang terjadi per satuan waktu atau pada daerah tertentu.

3.1.2 Proses Poisson

Proses Poisson merupakan suatu proses menghitung dengan tambahan asumsi-asumsi tertentu untuk menentukan jumlah kejadian dalam selang waktu tertentu. Asumsi-asumsi tambahan yang dimaksud seperti jumlah kejadian nol pada waktu t_0, intensitas jumlah kejadian tetap, terjadi satu kejadian tiap interval waktu, *stationary increments* dan *independen increments*. Kedatangan pelanggan pada suatu kasir, kejadian gempa bumi pada suatu tempat tertentu, kejadian padamnya generator listrik merupakan beberapa contoh dari proses Poisson (Tijms, 2003).

Proses menghitung $\{N(t); t\ \geq\ 0\}$ dikatakan sebagai proses Poisson jika memenuhi asumsi-asumsi berikut.

(1) Pada waktu t_0, jumlah kejadian yang terjadi adalah nol juga
$(N(t_0)\ =\ 0)$.

(2) intensitas jumlah kejadian λt tetap.

(3) Terjadi satu kejadian tiap interval waktu.

(4) *Stationary increments*, untuk $t_i \le t_{i+t}$ dengan $i = 0, 1, 2, \ldots$, jumlah kejadian $N(t_{i+t}) - N(t_i)$ memiliki distribusi yang sama dengan $N((t_{i+t}) - t_i) = N(t)$. Sehingga jumlah kejadian yang terjadi antara interval waktu $[t_i, t_{i+t})$ hanya bergantung selama waktu t, sedangkan waktu awal t_i tidak berpengaruh.

(5) *Independent increments*, jumlah kejadian yang terjadi antar interval waktu *disjoint* saling independen.

Misalkan $N(t)$ adalah variabel acak Poisson dengan parameter $\lambda t > 0$, sehingga didapat

$$P(N(t) = n) = e^{-\lambda t} (\lambda t)^n / n!, n = 0, 1, \ldots. \quad (3.4)$$

Selanjutnya, dapat ditentukan ekspektasi dan variansi dari variabel acak Poisson $N(t)$.

$E[N(t)] = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\lambda t} \lambda t^n / n!$

$= e^{-\lambda t} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n\lambda t^n}{(n-1)!} = e^{-\lambda t} \lambda t \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda t^{n-1}}{(n-1)!}$

$= e^{-\lambda t} \lambda t \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda t^j}{j!}$, j =n-1

$=\lambda t$ (3.5)

Menggunakan cara yang sama, dapat ditentukan

$E[N(t)^2] = (\lambda t)^2 + \lambda t$ (3.6)

Sehingga didapat variansi dari $N(t)$ sebagai berikut.

$$\begin{aligned} var[N(t)] &= E[N(t)^2] - (E[N(t)])^2 \\ &= (\lambda t)^2 + \lambda t - (\lambda t)^2 \\ &= \lambda t \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.8. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk mendeskripsikan distribusi waktu pada fasilitas jasa dimana waktu pelayanan diasumsikan bersifat bebas yang berarti bahwa waktu pelayanan tidak bergantung pada lama waktu yang dihabiskan untuk melayani pendatang sebelumnya dan tidak bergantung pada jumlah pendatang yang menunggu untuk dilayani (Djauhari, 1997).

Bain dan Engelhardt (1992) menyatakan bahwa variabel acak kontinu X dikatakan berdisribusi eksponensial dengan parameter $\theta > 0$ memiliki fungsi kepadatan peluang seperti berikut.

$$f(x; \mu) = \begin{cases} \mu e^{-x\mu}, & x > 0 \\ 0 & untuk\ x\ yang\ lain \end{cases} \quad (3.8)$$

Dengan parameter μ maka fungsi pembangkit momennya diperoleh rata-rata, yaitu :

$M_T(x)$=E(e^{tx})=$\int_0^{\infty} e^{tx}\ \mu e^{-\mu t}$dt

$$= \int_0^{\infty} \mu e^{-(\mu - x)t} dt$$

$$= \mu \int_0^{\infty} e^{-(\mu - x)t} d\,t$$

$$= \mu \left(\frac{e^{-(\mu - x)t}}{-(\mu - x)} \Big]_0^{\infty} \right)$$

$$= \mu \left(0 - \frac{1}{-(\mu - x)} \right)$$

$$= \mu \left(\frac{1}{\mu - x} \right)$$

$$= \frac{\mu}{\mu - x} \tag{3.9}$$

$$M_T' = \frac{\mu}{(\mu - x)^2} \tag{3.10}$$

$$M_T''(x) = \frac{2\mu}{(\mu - x)^3}\ . \tag{3.11}$$

Mak diperoleh E(t) :

$$\text{E(t)} = M_T'(0) = \frac{\mu}{(\mu - 0)^2} = \frac{1}{\mu} \tag{3.12}$$

$$\text{E(t)}= M_T''(0) = \frac{2\mu}{(\mu - 0)^3} = \frac{2}{\mu^2} \tag{3.13}$$

Sehingga

$$Var(T) = E(\mathrm{T}^2) - (\mathrm{E(T)})^2 = \frac{2}{\mu^2} - \frac{1}{\mu^2} = \frac{1}{\mu^2} \tag{3.14}$$

dan

$$E(T) = \frac{1}{\mu} \tag{3.15}$$

3.9. Pengujian Distribusi Data

Prosedur pengujian data digunakan untuk mengetahui bentuk – bentuk fungsi dari populasi (Harisanti, 2009). Pengujian suatu distribusi data dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya uji *Kolmogorov-Smornov*. Uji tersebut berlaku hipotesisi sebagai berikut :

H_0 : Data mengikuti distribusi tertentu.

H_1 : Data tidak mengikuti distribusi tertentu.

Uji hipotesis dilakukan dengan membandingkan antara distribusi kumulatif yang dibentuk dari distribusi frekuensi data sampel (empiris) dengan distribusi yang dihipotesakan secara teoritik.

Langkah-langkah :

a. Menentukan perbedaan absolut maksimum antara distribusi kumulatif sampel (observasi) dengan distribusi kumulatif hipotesa :

$$DN = \text{maks}[F_o(X) - F(Y)]$$

$F_o(X)$: distribusi frekueni kumulatif data sampel,

$F(X)$: distribusi kumulatif yang dihipotesakan.

b. Membandingkan nilai absolut maksimum diatas dengan suatu nilai kritis $DN^*(\alpha)$.

$DN^*(\alpha)$ adalah nilai kritis yang diperoleh dari Tabel "Kolomogorov-Smirnov".

Jika $DN > DN^*(\alpha)$, maka hipotesa menyatakan bahwa data observasi berasal dari distribusi hipotesa ditolak, dengan tingkat signifikansi (1- α)100%.

Nilai α sebesar 0; 0,1; 0,05 dan 0, tergantung dari kekritisan peneliti itu sendiri.

3.10. Teori Antrian

Teori Antrian pada mulanya digagas oleh seorang ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yaitu A.K Erlang pada tahun 1909. Antrian adalah ilmu tentang bentuk antrian dan merupakan orang – orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani atau meliputi bagaimana perusahaan dapat menentukan waktu dan fasilitas yang terbaik sehingga dapat melayani pelanggan sacara efisien (Heizer dan Render, 2006). Situasi barisan tunggu dimana pendatang sedang berusaha untuk menerima pelayanan dari dari pemberi layanan, sehingga pendatang harus menunggu untuk mendapatkan digiliran untuk dilayani disebut sebagai antrian (Muarif dan Tanjung, 2003).

Dalam banyak hal, untuk mengurangi antrian dapat dilakukan penambahan fasilitas pelayanan, akan tetapi hal tersebut akan menyebabkan penambahan biaya sehinga mengurangi keuntungan. Sebaliknya, adanya antrian yang terlalu panjang dapat menyebabkan berkurangnya pelanggan atau konsumen. Orang – orang atau barang-barang yang berada dalam antrian harus menunggu untuk mendapatkan pelayanan (Djarwanto dan Subagyo, 2000).

Tujuan sebenarnya dari teori antrian adalah meneliti kegiatan dari fasilitas pelayanan dalam rangkaian kondisi random dari suatu sistem antrian yang terjadi. Untuk itu pengukuran yang logis akan ditinjau dari dua bagian, yaitu berapa lama para pelanggan harus menunggu yang dalam hal ini diuraikan melalui waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh pelanggan untuk menunggu hingga mendapatkan pelayanan dan berapa persenkah dari waktu yang disediakan untuk memberikan pelayanan itu fasilitas pelayanan dalam kondisi menganggur (Sari, 2013).

Menurut Heizer dan Render (2006) , dalam sistem antrian terdapat tiga komponen karakteristik yaitu:

(a) karakteristik kedatangan atau masukan sistem;

(b) karakteristik antrian;

(c) karakteristik pelayanan.

Berikut ini adalah penjabaran dari ketiga karakteristik sistem antrian.

Karakteristik yang pertama yaitu karakteristik kedatangan atau masukan sistem, yaitu sumber *input* yang mendatangkan pelanggan bagi sebuah sistem pelayanan memiliki karakteristik utama sebagai berikut.

a. Ukuran populasi

Merupakan sumber konsumen yang dilihat sebagai populasi tidak terbatas dan terbatas. Populasi tidak terbatas adalah jika jumlah kedatangan atau pelanggan pada sebuah waktu tertentu hanyalah sebagian kecil dari semua kedatangan yang potensial.sedangkan populasi terbatas adalah sebuah antrian ketika hanya ada pengguna pelayanan yang potensial dengan jumlah terbatas.

b. Perilaku kedatangan

Dalam memperoleh pelayanan, setiap konsumen memiliki perilaku berbeda-beda. Terdapat tiga karakteristik perilaku kedatangan yaitu: pelanggan yang sabar, pelanggan yang menolak bergabung dalam antrian dan pelanggan yang membelot.

c. Pola kedatangan

Menggambarkan bagaimana distribusi pelanggan memasuki sistem. Distribusi kedatangan terdiri dari: *Constant arrival distribution* dan *Arrival pattern random*. *Constant arrival distribution* adalah pelanggan yang datang setiap periode tertentu sedangkan *Arrival pattern random* adalah pelanggan yang datang secara acak.

Karakteristik yang kedua adalah karakteristik antrian, yaitu merupakan aturan antrian yang mengacu pada peraturan pelanggan yang ada dalam barisan untuk menerima pelayanan yang terdiri dari:

a. *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO) yaitu pelanggan yang pertama datang, pertama dilayani. Misalnya: sistem antrian pada bioskop, supermarket, pintu tol, dan lainlain.

b. *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO) yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir, pertama dilayani. Misalnya: sistem antrian pada elevator lift untuk lantai yang sama.

c. *Service in Random Order* (SIRO) yaitu panggilan berdasarkan pada peluang acak, tidak peduli siapa yang datang terlebih dahulu.

d. *Shortest Operation Times* (SOT) yaitu sistem pelayanan yang membutuhkan waktu pelayanan tersingkat mendapat pelayanan pertama.

Karakteristik yang ketiga yaitu karakteristik pelayanan. Karakteristik pelayanan terdapat dua hal penting yaitu, desain sistem pelayanan dan distribusi waktu pelayanan.

a. Desain sistem pelayanan

Pelayanan pada umunya digolongkan menurut jumlah saluran yang ada dan jumlah tahapan.

1. Menurut jumlah saluran yang ada adalah sistem antrian jalur tunggal dan sistem antrian jalur berganda.
2. Menurut jumlah tahapan adalah sistem satu tahap dan sistem tahapan berganda.

b. Distribusi waktu pelayanan

Pola pelayanan serupa dengan pola kedatangan dimana pola ini bisa konstan ataupun acak. Jika waktu pelayanan konstan, maka waktu yang diperlukan untuk melayani setiap pelanggan sama. Sedangkan waktu pelayanan acak merupakan waktu untuk melayani setiap pelanggan adalah acak atau tidak sama.

3.11. Disiplin Antrian

Terdapat empat model struktur antrian dasar yang terjadi dalam sistem antrian, yaitu :

a. Single Channel – Single Phase

Single Channel berarti hanya terdapat satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau hanya terdapat satu *server*. *Single Phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu loke pelayanan sehingga yang telah menerima pelayanan dapat langsung keluar dari sistem antrian. Contohnya yaitupembelian tiket bioskop yang dilayani oleh satu loket.

Gambar 3.1 Model *Single Channel Single Phase*

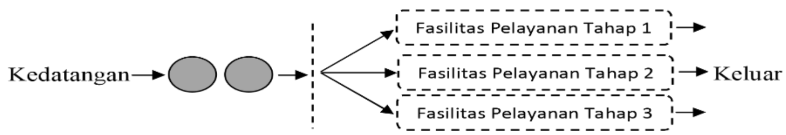
b. Single Channel – Multi Phase

Struktur antrian ini memiliki satu jalur pelayanan atau satu *server* sehingga disebut *single channel*. Makna Multi Phase menunjukkan ada dua atau lebih tahapan pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Maksud dari struktur ini yaitu setelah menerima pelayanan pada tahap 1 akan ada pelayanan lain yang harus dilakukan agar sempurna. Pelanggan menyelesaikan antrian apabila Setelah pelayanan yang diberikan telah selesai. Contoh : Proses pembuatan *pasport*.

Gambar 3.2 Model *Single Channel Multi Phase*

c. *Multi Channel – Single Phase*

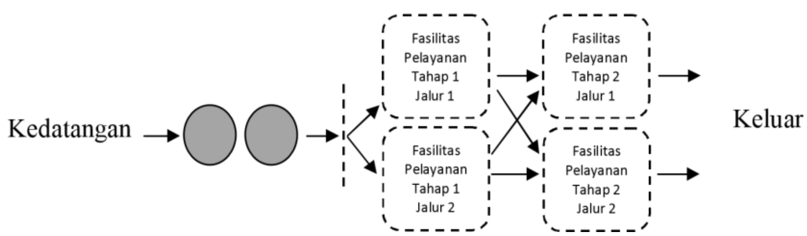
Sistem Multi Channel Single Phase trejadi ketika dua atau lebih fasilitas dilewati oleh antrian tunggal. Sistem ini memiliki lebih dari satu jalur pelayanan atau fasilitas pelayanan sedangkan tahapan pelayananya hanya ada satu fase. Contoh : Pelayanan di suatu bank yang dilayani oleh beberapa teller.



Gambar 3.3 Model *Multi Channel single Phase*

d. *Multi Channel – Multi Phase*

Sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani dalam suatu waktu. Contoh : Pelayanan pasien di rumah sakit, beberapa perawat akan mendatangi pasien secara teratur dan memberikan pelayanan dengan *continue*, mulai dari pendaftaran, diagnosis, penyembuhan sampai pada pembayaran.



Gambar 3.4 Model *Multi Channel Multi Phase*

3.12. Notasi Kendall

Pemodelan dalam sistem antrian diperlukan suatu notasi yang menjelaskan karakteristik kompenrn yang berpengaruh terhadap model antrian. Notasi tersebut disebut sebagai notasi "Kendall" . Menurut Taha didalam buku yang berjudul Riset Operasi pada tahun 1997 menyebutkan susunan notasi kendal seperti berikut.

$$(a/b/c) : (d/e/f)$$

Dimana :

a = distribusi kedatangan

b = Distribusi waktu pelayanan atau keberangkatan

c = Jumlah *server*

d = aturan antrian

e = Jumlah maksimum yang diijinkan dalam sistem antrian.

f = Ukuran sumber pemanggilan

Notasi baku yang mengganti simbol *a* dan *b* untuk distribusi kedatangan dan keberangkatan sebagai berikut:

M : Distribusi kedatangan atau keberangkatan poisson (atau markov, atau distribusi antar kedatangan atau waktu pelayanan berdistribusi eksponensial)

D : Waktu antar kedatangan atau waktu pelayanan yang konstan atau deterministik.

Ek : Distribusi Erlagian atau Gamma dari distribusi antar kedatangan atau waktu pelayanan dengan parameter *k.* Distribusi Erlagian yaitu distribusi kontinu yang merupakan distribusi khusus dari distribusi Gamma. (Montgomer dan Runger, 2003). Suatu variabel random kontinu *X* dikatakan berdistribusi Erlang dengan parameter skala θ < 0 dan parameter r yaitu *X~ERL(θ,r)* . Fungsi distribusi dari distribusi Erlang ditulis sebagi berikut

$$f(x) = \frac{1}{\theta^r (r-1)!} x^{r-1} e^{-\frac{x}{\theta}} \; ; \; x > 0 \qquad (3.16)$$

Dimana r adalah bilangan bulat positif.

GI: Distribusi independen umum dari kedatangan (atau waktu antar kedatangan)

G : Distribusi umum dari keberangkatan (atau waktu pelayanan).

1.13. Model Antrian (M/M/1):(FCFS/∞/∞).

Salah satu model paling sederhana adalah model saluran tunggal (*single-channel model*) yang ditulis dengan notasi "sistem M/M/1". Komponen dari sistem ini adalah :

1. Populasi *input* tak terbatas yaitu jumlah kedatangan pelanggan potensial tak terbatas.
2. Distribusi kedatangan pelanggan potensial mengikuti distribusi **Poisson**. Rata-rata kedatangan pelanggan per satuan waktu adalah variabel random suatu distribusi probabilitas Poisson. Dalam notasi (M/M/1), tanda **M** pertama menunjukkan rata-rata kedatangan yang mengikuti distribusi probabilitas Poisson. Sedangkan arti **M** kedua adalah tingkat pelayanan yang mengikuti distribusi probabilitas Poisson. Angka satu menunjukkan jumlah fasilitas pelayanan dalam sistem atau satu saluran (*one channel*).
3. Fasilitas pelayanan terdiri dari saluran tunggal.
4. Diasumsikan bahwa yaitu rata-rata jumlah kedatangan pelanggan per satuan waktu lebih (λ) kecil dari rata-rata jumlah pelanggan yang dapat dilayani per satuan waktu dalam sistem (μ).
5. Kapasitas sistem diasumsikan tak terbatas.
6. Tidak ada penolakan maupun pengingkaran.

Persamaan yang digunakan dalam sistem (M/M/1) adalah sebagai berikut :

a. Jumlah rata-rata pelanggan yang diharapkan dalam sistem

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \qquad (3.17)$$

b. Waktu yang diharapkan oleh pelanggan selama dalam sistem

$$Ws = \frac{1}{\mu-\lambda} \qquad (3.18)$$

c. Probabiltas tidak ada pelanggan dalam sistem

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \qquad (3.19)$$

d. Jumlah pelanggan yang diharapkan menunggu dalam antrian

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad (3.20)$$

e. Waktu yang diharapkan pelanggan selama menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \tag{3.21}$$