

ANALISIS SISTEM PELAYANAN DI STASIUN TAWANG SEMARANG DENGAN METODE ANTRIAN

Nursihan¹, Sugito², Hasbi Yasin³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRACT

Semarang Tawang Station is one of the stations visited by customers. As it is known that the train journey into one of the fastest alternative but to use other means of transportation. Therefore, it is necessary to analyze queuing model that describes the conditions to determine the size of the performance of the system to see how the service provided. When the distribution is a Poisson arrival or services or the exponential model (M) but if the distribution is not Poisson or exponential, the model General (G). Model queue at the station with the number of arrivals and the number of services is $(M/M/5):(GD/\infty/\infty)$.

Keywords: Processqueue, Semarang Tawang station, queuing models.

1. Pendahuluan

Dalam berbagai bidang kehidupan, manusia selalu membutuhkan jasa pelayanan dalam memenuhi segala kebutuhannya. Pada saat itulah, tidak jarang dari mereka harus menunggu untuk mendapatkan pelayanan. Menurut Kakiay (2004), situasi menunggu merupakan bagian dari keadaan yang terjadi dalam rangkaian kegiatan operasional yang bersifat random dalam suatu fasilitas pelayanan. Pelanggan datang ke tempat itu dengan waktu yang acak, tidak teratur dan tidak dapat segera dilayani sehingga mereka harus menunggu cukup lama.

Persoalan antrian (*waiting lines*) merupakan bagian dari kehidupan sehari-hari. Antrian terjadi karena operasi dari fasilitas atau sistem pelayanan dan pola kedatangan dari obyek yang perlu dilayani bersifat acak (*random*). Salah satu tujuan sistem antrian adalah mengurangi ketidakpastian dalam pembuatan perencanaan sehingga output dari sistem dapat dimanipulasi sesuai tujuan yang diharapkan (Dharma, 2001).

Fenomena antrian tampak ditemukan dalam fasilitas-fasilitas pelayanan umum, salah satunya terlihat pada antrian kereta api di Stasiun Tawang. Dengan banyaknya jenis dan jumlah kereta api yang ada di stasiun Tawang, menyebabkan terjadinya antrian panjang pada kereta api yang akan datang atau pergi dari stasiun. Adanya antrian kereta api tersebut maka penumpang yang menunggu pemberangkatan dari stasiun semakin bertambah banyak. Berdasarkan keadaan ini timbulah masalah bagaimana mengusahakan waktu tunggu atau antrian itu sekecil mungkin. Salah satu cara untuk mengurangi masalah yang terjadi pada suatu antrian adalah dengan menerapkan teori antrian pada sistem pelayanan di stasiun tersebut. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengadakan suatu penelitian dimana antrian tersebut terjadi. Pada Stasiun Tawang ini terdapat dua prioritas yang akan dikelompokkan antara jalur kereta api Tawang Ekspres dan kereta api umum lainnya, yang terdiri dari kereta api penumpang dan kereta api barang. Permasalahan antrian kereta api yang berada di Stasiun Tawang, yaitu semua kereta api yang masuk stasiun sebagai pelanggan dan yang dilayani.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan model yang tepat untuk menggambarkan antrian kereta Api di Stasiun Tawang dengan metode antrian.

2. Meningkatkan pelayanan kereta api di Stasiun Tawang dengan menentukan ukuran kinerja sistem.

2. Tinjauan Pustaka

Konsep Dasar Teori Antrian

Teori antrian dikemukakan dan dikembangkan oleh AK. Erlang, seorang insinyur Denmark, pada tahun 1909. Proses antrian dimulai saat pelanggan-pelanggan yang memerlukan pelayanan mulai datang. Mereka berasal dari suatu populasi yang disebut sebagai sumber masukan yang dapat berupa orang, barang, atau komponen lainnya.

Proses antrian merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrian jika belum dapat dilayani, dilayani dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut setelah dilayani. Sedangkan sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur pelayanan kepada pelanggan (Kakiay, 2004).

Menurut Kakiay (2004), terdapat beberapa faktor penting yang terkait erat dengan sistem antrian adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Kedatangan
2. Distribusi Waktu Pelayanan
3. Fasilitas Pelayanan
4. Disiplin Pelayanan (Disiplin Antrian)
5. Ukuran dalam Antrian
6. Sumber Pemanggilan

Notasi Kendall

Notasi Kendall digunakan untuk merinci ciri dari suatu antrian, terdapat unsur-unsur dasar dari model baris antrian yang telah dikenal secara universal, yaitu:

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

Penjelasan dari simbol-simbol ini adalah sebagai berikut:

- a : distribusi kedatangan (*Arrival Distribution*)
- b : distribusi waktu pelayanan atau keberangkatan (*Service Time Departure*)
- c : jumlah fasilitas pelayanan ($c = 1, 2, 3, \dots$)
- d : disiplin antrian, seperti FCFS, LCFS, atau SIRO
- e : jumlah maksimum yang diizinkan dalam sistem
- f : jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem sebagai sumber.

Ukuran *Steady State*

Misalkan λ adalah jumlah rata-rata pelanggan yang datang ke tempat pelayanan per satuan waktu tertentu dan μ adalah jumlah rata-rata pelanggan yang dapat dilayani per satuan waktu tertentu, maka ρ atau faktor utilitas didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah rata-rata pelanggan yang datang (λ) dengan jumlah rata-rata pelanggan yang dapat dilayani (μ) per satuan waktu, atau dapat dituliskan sebagai :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Ukuran-ukuran kinerja yang terpenting yaitu jumlah pelanggan yang menunggu yang diperkirakan, waktu menunggu per pelanggan yang diperkirakan, dan pemanfaatan sarana pelayanan yang diperkirakan. Di mana rumus umum yang digunakan adalah:

$$L_s = \sum_{n=0}^{\infty} np_n$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{eff}}$$

$$L_q = \sum_{n=c+1}^{\infty} (n-c)p_n$$

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu}$$

dengan:

L_s = jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem

L_q = jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian

W_s = waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem

W_q = waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian

p_n : Probabilitas *steady-state* dari n pelanggan dalam sistem, sebagai fungsi dari λ_n dan μ_n .

Proses Poisson dan Distribusi Eksponensial

Jika $N(t)$ menyatakan banyaknya kejadian suatu peristiwa terjadi selama waktu t , dan $P_n(t)$ menyatakan probabilitas variable acak $N(t) = n$. Maka proses cacah yang mempunyai batasan tertentu di mana $N(t)$ mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata λt disebut proses Poisson dengan asumsi:

1. Independen

$N(t)$ independen terhadap banyaknya suatu kejadian yang terjadi dalam selang waktu yang lalu, artinya $N(t)$ tak bergantung pada pengalaman yang lalu.

2. Homogenitas dalam Waktu

Maksudnya $P_n(t)$ hanya tergantung pada panjang t atau panjang selang waktu tetapi tidak tergantung di mana selang waktu berada.

3. Regularitas

Di dalam suatu interval kecil h , probabilitas bahwa tepat satu kejadian terjadi adalah $\lambda h + o(h)$ dan probabilitas bahwa banyaknya kejadian terjadi lebih dari sekali adalah $o(h)$ dalam interval h (Praptono, 1986).

Menurut Kakiay (2004), distribusi eksponensial merupakan suatu distribusi random yang variabelnya berdiri bebas tanpa memori masa lalu. Distribusi ini banyak digunakan dalam sistem antrian karena:

- Mempunyai perkiraan yang mendekati ketepatan.
- Mudah penyelesaiannya dengan model-model matematis.

Uji Kecocokan Distribusi

Uji Kolmogorov-Smirnov yaitu membandingkan frekuensi kumulatif yang diharapkan (frekuensi teoritis) dari suatu distribusi tertentu ($F_0(x)$) yaitu distribusi Poisson, distribusi yang paling umum pada pola kedatangan dan keberangkatan dengan frekuensi kumulatif dari populasi yang diwakili oleh sampel ($S(x)$). Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

Uji hipotesis :

H_0 : Sampel yang diambil berasal dari populasi berdistribusi A

H_1 : Sampel yang diambil tidak berasal dari populasi berdistribusi A

Statistik Uji pada uji Kolmogorov-Smirnov adalah

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)|$$

Kriteria Uji

Tolak H_0 pada taraf signifikansi α jika $D > D^*(\alpha/2;N)$ atau jika P-Value $< \alpha$ dimana $D^*(\alpha/2;N)$ adalah nilai kritis yang diperoleh dari Tabel “*Kolmogorov-Smirnov*”(Daniel, 1989).

Model (M/M/c) : (GD/∞/∞)

Pada model antrian ini pelanggan tiba dengan laju konstan λ dan maksimum c pelanggan dapat dilayani secara bersamaan. Laju pelayanan per pelayan adalah konstan sama dengan μ . Pengaruh dari penggunaan c pelayan yang paralel adalah mempercepat laju pelayanan dengan memungkinkan dilakukannya beberapa pelayanan secara bersamaan. Jika jumlah pelanggan dalam sistem n , sama dengan atau lebih besar dari c , laju keberangkatan gabungan dari sarana tersebut adalah $c\mu$. Tetapi jika n lebih kecil dari c , maka laju pelayanan adalah $n\mu$ (Taha, 1996). Jadi dalam bentuk model yang digeneralisasi :

$$\lambda_n = \lambda \quad \text{untuk semua } n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & ; n < c \\ c\mu & ; n \geq c \end{cases}$$

1. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem

$$L_s = L_q + \rho$$

2. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian adalah :

$$L_q = \left[\frac{c\rho}{(c-\rho)^2} \right] P_c \quad \text{dengan } P_c = \frac{\rho^c}{c!} p_0$$

3. Waktu keseluruhan yang diperkirakan dalam sistem

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

4. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

3. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu jumlah kedatangan kereta api, waktu kedatangan kereta api, dan waktu pelayanan kereta api di stasiun. Penelitian ini dilakukan selama satu bulan sesuai dengan jadwal kereta api dari pukul 00.00 sampai dengan 23.59. Penelitian ini dilakukan di Stasiun Tawang pada tanggal 2 Juni hingga 8 Juni 2014. Waktu pengamatan di stasiun dilakukan selama 24 jam nonstop dari pukul 00.01-24.00 WIB.

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian dan analisis data adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian secara langsung untuk mendapatkan data jumlah kedatangan dan waktu pelayanan dalam satuan waktu yang ditentukan.
2. Memeriksa data yang sudah didapat untuk pemenuhan steady state ($\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$), dimana λ adalah tingkat kedatangan rata-rata dan μ adalah tingkat pelayanan rata-rata. Jika belum memenuhi steady state maka harus ditambah jumlah pelayanan atau waktu pelayanan. Hal ini dapat memberikan perbaikan bagi sistem pelayanan yang sudah ada.
3. Menguji kecocokan distribusi untuk pola kedatangan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* atau uji *Chi - Square*, jika hipotesa diterima maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi Poisson, jika hipotesa ditolak maka data mengikuti distribusi umum.

4. Menguji kecocokan distribusi untuk pola pelayanan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* atau uji *Chi - Square*, jika hipotesa diterima maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi Eksponensial, jika hipotesa ditolak maka data berdistribusi umum.
5. Setelah model dari distribusi kedatangan dan distribusi waktu pelayanan diketahui, maka tingkat rata-rata kedatangan dan tingkat rata-rata pelayanan dapat diketahui dari data yang diperoleh pada penelitian.
6. Setelah diketahui model antrian dengan distribusi dan parameternya, maka dapat dihitung dan dianalisis ukuran kinerja dari sistem antrian, yaitu jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem (L_s), jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian (L_q), waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem (W_s) dan waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian (W_q).

4. Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Sistem Antrian Kereta

Pada stasiun Tawang jalur kereta api menuju dan atau dari arah timur dan arah barat. Untuk arah timur jalur rel kereta api menuju arah Malang, Surabaya, Madiun, Bojonegoro dan Cepu, sedangkan untuk arah barat jalur rel kereta api menuju arah Bandung, Jakarta, Cirebon, Tegal dan Pekalongan.

Deskriptif Data

1. Data Jumlah Kedatangan dan Jumlah Pelayanan Kereta

| Hari | Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jum'at | Sabtu | Minggu | Jumlah |
|-------------------|-------|--------|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Jumlah Kedatangan | 64 | 74 | 79 | 78 | 74 | 73 | 74 | 516 |
| Jumlah Pelayanan | 64 | 74 | 79 | 78 | 74 | 73 | 74 | 516 |

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pelanggan paling banyak terjadi di hari rabu yaitu sebanyak 79 pelanggan disebabkan karena adanya kereta tambahan di stasiun Tawang untuk tujuan Jakarta dan Malang. Sedangkan jumlah paling sedikit pada hari senin, yaitu sebanyak 64 pelanggan disebabkan karena banyak orang yang belum mengetahui jadwal baru yang ditetapkan awal Juni.

Ukuran Steady State dari Kinerja

Analisis data yang utama adalah menghitung ukuran steady state yaitu jika tingkat kegunaan (ρ) < 1 artinya bahwa jumlah rata-rata kedatangan pelanggan di stasiun lebih kecil dari rata-rata laju pelayanan. Untuk menghitung nilai ρ maka perlu diketahui nilai rata-rata jumlah kedatangan dan rata-rata jumlah pelayanan. Interval waktu yang digunakan adalah per jam.

1. Rata-rata laju kedatangan (λ) = 3.071428571 kereta/jam

2. Rata-rata laju pelayanan (μ) = 3.071428571 kereta/jam

Probabilitas sistem pelayanan (ρ)

$$\rho = \lambda / c\mu = 3.071428571 / 3.071428571 * 5 = 0.2 < 1$$

Nilai tingkat kegunaan kurang dari satu, artinya bahwa rata-rata laju kedatangan pelanggan tidak melebihi rata-rata laju pelayanan sehingga keadaan ini memenuhi kondisi *steady state*. Sistem pelayanan di bagian kedatangan dan pelayanan kereta sudah baik dan hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan ukuran kinerja sistem.

Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi yang digunakan untuk menguji data jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan kereta di stasiun Tawang adalah uji Kolmogorov Smirnov. Dengan uji ini akan

diketahui apakah data jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan kereta di stasiun berdistribusi Poisson.

1. Uji Kecocokan Distribusi Jumlah Kedatangan di stasiun

Di bawah ini adalah pembahasan uji kecocokan distribusi dari data jumlah kedatangan pelanggan setiap jam di stasiun berdasarkan data yang disajikan pada Lampiran 1 dan 2.

- Hipotesis:
 H_0 : Data jumlah kedatangan kereta di stasiun berdistribusi Poisson
 H_1 :Data jumlah kedatangan kereta di stasiun tidak berdistribusi Poisson
- Taraf Signifikansi:
Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$.
- Statistik Uji:
 $D = \text{Sup}|S(n) - F_0(\lambda)|$
dengan:
 $S(n)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi (jumlah kedatangan kereta di stasiun setiap 1 jam)
 $F_0(\lambda)$: distribusi kumulatif dari distribusi Poisson
- Kriteria Uji:
 H_0 ditolak jika nilai $D > \text{nilai } D * (\frac{\alpha}{2}; N)$ atau jika nilai sign $< \text{nilai } \alpha$.
- Keputusan:
Berdasarkan output *Kolmogorov-Smirnov* dari SPSS dapat diketahui bahwa nilai D yaitu 0,064 dan tingkat signifikan sebesar 0,502. Dengan menggunakan tabel pada lampiran 4, diperoleh nilai $D = 1.36/\text{sqrt}(168) = 0.105$ Karena nilai $D < D * (\frac{\alpha}{2}; N)$ yaitu $0,064 < 0,105$, maka H_0 diterima. Artinya, bahwa data jumlah kedatangan kereta di Stasiun berdistribusi Poisson.

2. Uji Kecocokan Distribusi Jumlah Pelayanan di stasiun

Di bawah ini adalah pembahasan uji kecocokan distribusi dari data jumlah pelayanan kereta setiap jam di stasiun berdasarkan data yang disajikan pada Lampiran 2.

- Hipotesis:
 H_0 : Data jumlah pelayanan kereta di stasiun berdistribusi Poisson
 H_1 :Data jumlah pelayanan kereta di stasiun tidak berdistribusi Poisson
- Taraf Signifikansi:
Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$.
- Statistik Uji:
 $D = \text{Sup}|S(n) - F_0(\lambda)|$
dengan:
 $S(n)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi (jumlah pelayanan kereta di stasiun setiap jam)
 $F_0(\lambda)$: distribusi kumulatif dari distribusi Poisson
- Kriteria Uji:
 H_0 ditolak jika nilai $D > \text{nilai } D * (\frac{\alpha}{2}; N)$ atau jika nilai sign $< \text{nilai } \alpha$.
- Keputusan:
Berdasarkan output *Kolmogorov-Smirnov* dari SPSS dapat diketahui bahwa nilai D yaitu 0,04 dan tingkat signifikan sebesar 0,952. Dengan menggunakan tabel pada lampiran 4,

diperoleh nilai $D = \frac{1,36}{\text{sqrt}(168)} = 0,105$. Karena nilai $D < D * (\frac{\alpha}{2}; N)$ yaitu $0,04 < 0,105$, maka H_0 diterima. Artinya, bahwa data jumlah pelayanan kereta di stasiun berdistribusi Poisson.

Model Sistem Antrian

Dari hasil analisis ukuran *steady-state* kinerja sistem dan uji kecocokan distribusi jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan kereta dapat diketahui bahwa model sistem antrian yang diperoleh adalah $(M/M/5):(GD/\infty/\infty)$. Artinya bahwa distribusi jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pelanggan adalah distribusi Poisson, dengan jumlah pelayanan sebanyak 5 jalur, disiplin antrian yang digunakan adalah yang pertama datang yang pertama dilayani (FCFS), dan jumlah kapasitas pelanggan yang datang dan sumber pemanggilan tidak terbatas.

Ukuran Kinerja Sistem

Berdasarkan output dari *software WinQSB* pada Lampiran 3, diperoleh ukuran-ukuran kinerja sistem pelayanan kereta untuk interval 1 jam di stasiun sebagai berikut:

Tabel.2. Ukuran Kinerja Sistem Antrian Stasiun dengan input jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan

| Ukuran Kinerja | c | λ | μ | Ls | Lq | Ws | Wq | P ₀ |
|----------------|---|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| Nilai | 5 | 3.07143 | 3.07143 | 1,0010 | 0,0010 | 0.3259 | 0.0003 | 0.36781 |

Keterangan untuk jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan:

1. Rata-rata laju kedatangan (λ) : 3.07143 kereta per jam.
2. Rata-rata laju pelayanan (μ) : 3.07143 kereta per jam.
3. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem (L_s) : 1,0010 kereta per jam
4. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian (L_q) : 0,0010 kereta per jam
5. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem (W_s) : 0,3259 jam = 19,6 menit. Artinya, rata-rata waktu kereta menunggu dalam system antrian adalah 19,6 menit.
6. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian (W_q) : 0,0003 jam = 0.018 menit = 1,08 detik. Artinya rata-rata waktu kereta menunggu dalam antrian adalah 1,08 detik.
7. Probabilitas petugas pelayanan menganggur (P_0) : 0.36781

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis data penelitian yang dilakukan di Stasiun Tawang Semarang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Model antrian yang menggambarkan keadaan stasiun adalah $(M/M/5):(GD/\infty/\infty)$. Model tersebut menunjukkan bahwa jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan kereta setiap interval waktu 1 jam di stasiun berdistribusi Poisson dengan lima fasilitas pelayanan (*server*) dan aturan pelayanannya pelanggan yang pertama datang yang akan pertama dilayani (FIFO), kapasitas pelayanan tidak terbatas, dan sumber pemanggilan tidak terbatas.
2. Dilihat dari nilai ukuran kinerja-kinerja sistemnya dapat disimpulkan bahwa sistem antrian dan pelayanan yang diberikan di stasiun Tawang, sudah baik dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta : Gramedia.
 Dharma, L. 2001. Model antrian $M[H]/G/1$. INTEGRAL 6(2): 39

- Gross, D and Harris, C. M. 1998. *Fundamental of Queueing Theory Third Edition*. John Wiley and Sons, INC. New York.
- Gupta and Kapoor, K. 1982. *Mathematical Statistics*, New Delhi. Daryaganj.
- Kakiay, T. J. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta : Andi.
- Praptono. 1986. *Pengantar Proses stokastik I*. Jakarta : Karunika.
- PT KAI (Persero). 2014. "Profil PT KAI (Persero)". (<http://kereta-api.co.id>). Diunduh 06 Mei 2014.
- Supranto, J. 2006. *Riset Operasi : Untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Taha, H. A. 1996. *Riset Operasi : Jilid 2*. Jakarta : Binarupa Aksara.
- _____. (<http://www.kereta-api.co.id>). Diakses tanggal 20 Juni 2014.
- _____. (<http://www.wikipedia-indonesia.co.id>).,Stasiun Kereta Api. diunduh 06 Mei 2014