

PERENCANAAN SISTEM ANTRIAN UNTUK PENENTUAN JUMLAH LOKET PENIMBANGAN YANG OPTIMAL DENGAN METODE SIMULASI

MUJAHIDIN

Jurusan Teknik Informatika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

ABSTRACT

PG Kebon Agung is a goods company which product is sugar. In case of regulating queue of truck loaded with sugar tree, this company is suggested to do it properly. This time it still take for very long time for the truck loaded with sugar tree to be processed later. Long time queue can cause decreasing sugar product quality. PG Kebon Agung hasn't been able to overcome this problem, so it's necessary a method to decrease direct and indirect cost for public service supplying due to large number of truck waiting to served. If supplying service facility is not optimally, it'll cause delayed service, therefore applying queue simulation model is right management system to reduce the queue. By using Arena Software 3.0, the most optimal service chose by PGKA is by using 3 loket penimbangan, because by using 3 loket penimbangan the number of truck in the system, from waiting to finishing process is 5.8333 trucks a minutes. By using more than 3 loket penimbangan it will decrease more queue but the loket penimbangan s have more standby and cost a lot of money

Key words: *queue, simulation, optimal, loket penimbangan*

PENDAHULUAN

PG Kebon Agung merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi barang yang produk utamanya adalah gula. Untuk menghasilkan gula yang berkualitas salah satu faktor utama adalah bahan baku berupa tebu yang berkualitas pula. Kualitas tebu dapat terjaga apa bila waktu dipanen sampai waktu diproses giling tidak memakan waktu yang terlalu lama. Salah satu faktor yang mempengaruhi waktu proses adalah ketersediaan tebu yang tepat waktu. Saat ini masih terdapat antrian kendaraan pengangkut tebu yang panjang yang disebabkan proses bongkar muat yang terlalu lama. Lama waktu antrian untuk bongkar muat akan berakibat turunningnya kualitas tebu sehingga akan berakibat kualitas produk gula akan turunning juga.

Loket penimbangan di PG Kebon Agung belum dapat mengatasi masalah antrian panjang yang ada, maka diperlukan suatu metode untuk meminimumkan biaya baik biaya langsung, yaitu biaya produksi pada loket penimbangan maupun biaya tidak langsung yang disebabkan banyaknya kendaraan yang belum dilakukan bongkar muat

barang. Bila penyediaan fasilitas loket penimbangan kurang optimal maka akan mengakibatkan lambatnya produksi sehingga penerapan model simulasi antrian merupakan sistem pengelolaan yang menguntungkan dengan mengurangi antrian kendaraan.

Adapun tujuan penelitian ini adalah 1) merencanakan sistem antrian pada loket penimbangan untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan pengangkut dari panjang antrian; 2) mensimulasikan sistem antrian yang ada saat ini; 3) menentukan jumlah loket penimbangan yang optimal; dan 4) menentukan total biaya yang harus dikeluarkan setelah penambahan loket penimbangan.

METODE

Setelah diperoleh data waktu antar kedatangan truk dan waktu pelayanan truk, dilakukan tes keseragaman dan kecukupan data dengan tingkat kepercayaan 95% ($k = 2$) dan tingkat ketelitian 5% ($s = 0,05$). Setelah data dianggap seragam dan cukup maka dilanjutkan dengan uji distribusi data dengan menggunakan *software* ARENA 3.0. Ada tiga

ukuran numerik dari kualitas kecocokan sebuah distribusi untuk data dengan tujuan membantu kita mengambil keputusan. Pertama dan sangat seerhana untuk dimengerti adalah *mean square error* (MSE), adalah rata-rata dari istilah *square error* untuk setiap sel histogram, yang merupakan kuadrat perbedaan antara frekuensi relatif dari pengamatan dalam sebuah sel, dan frekuensi relatif untuk fungsi probabilitas distribusi yang cocok melebihi data range sel/nilai *square error* tersebar, merupakan distribusi yang jauh dari cocok untuk data sesungguhnya (dan hingga fit yang terjelek). Kedua, ukuran lain dari sebuah distribusi yang cocok untuk data adalah uji *hipotesis goodness of fit Chi-square dan kolmogorov-Smirnov (K-S)*. *Chi-Square dan Kolmogorov-Smirnov (K-S)* adalah uji hipotesis stabdar yang dapat digunakan untuk menaksir apakah distribusi teoretis yang cocok untuk data. Hal yang khusus yang diperhatikan adalah *Corresponding p-value*, yang akan selalu terletak antara 0–1. Untuk menafsirkan/mengartikannya, p-value yang besar (lebih besar dari 0,05) menunjukkan *fit* yang terbaik.

Setiap distribusi dalam ARENA mempunyai satu atau lebih nilai parameter yang berhubungan dengan distribusi tersebut. Nilai parameter harus disebutkan untuk menjelaskan distribusi secara penuh. Angka, arti dan bentuk nilai parameter tergantung pada distribusi. Ringkasan dari distribusi (dalam urutan sesuai alphabet) dan nilai parameter diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Distribusi Probabilitas Arena

Distribusi		Parameter	
Beta	BETA	BE	Beta, Alpha
Erlang	ERLA	ER	Expo Mean, k
Exponential	EXPO	EZ	Mean
Gamma	GAMM	GA	Beta, Alpha
Johnson	JOHN	JO	GammaDelta, Lamda, Xi
Log normal	LOGN	RL	Log Mean, LogStd
Normal	NORM	RN	Mean, StdDev
Poisson	POIS	PO	Mean
Triangular	TRIA	TR	Min, Mode, Max
Uniform	UNIF	UN	Min, Max
Weibull	WEIB	WE	Beta, Alpha

Sumber: Kelton (2002)

Simulasi sistem antrian dilakukan untuk menggambarkan kondisi antrian awal dan skenario

berupa penambahan jumlah loket penimbangan. Dalam penelitian ini simulasi menggunakan *software ARENA* versi 3.0 dengan pertimbangan (Kelton, 2002): 1) *software* simulasi ARENA versi 3.0 merupakan program simulasi yang dilengkapi dengan animasi untuk mengamati tingkah laku sistem pada berbagai sistem nyata yang ada; 2) pada pembuatan simulasi digunakan *flowchart* sebagai logika simulasi yang terbagi dalam beberapa modul supaya sistem simulasi dapat berjalan dan logika dalam simulasi tersebut dapat mengenai sasarannya; 3) ARENA berisi *tools* dalam fungsi untuk membangkitkan bilangan random dari pemakaian distribusi probabilitas yang biasa.

Dari hasil simulasi diperoleh panjang antrian baik untuk sistem antrian awal maupun usulan. Selanjutnya dilakukan perhitungan total biaya antrian untuk menentukan jumlah stasiun pelayanan yang optimal (Subagio, 1999). Penentuan jumlah fasilitas pelayanan yang optimal dilakukan dengan cara meminimumkan total biaya antrian. Adapun persamaan matematis yang digunakan sebagai berikut:

EOC (c) : Biaya yang diperkirakan untuk pengoperasian sarana tersebut per unit waktu dengan diketahui (c).

EWC (c) : Biaya menunggu (c) yang diperkirakan per unit waktu.

Masalah penentuan c yang meminimumkan

$$ETC(c) = EOC(c) + EWC(c)$$

Nilai optimum c harus memenuhi kondisi yang diperlukan berikut:

$$ETC(c-1) \geq ETC(c) \text{ dan}$$

$$ETC(c+1) \geq ETC(c)$$

Sebagai aplikasi dari kondisi ini maka dapat dipertimbangkan fungsi biaya berikut ini:

$$EOC(c) = C_1 \cdot c$$

$$EWC(c) = C_2 \cdot Ls(c)$$

Sehingga: $TC(c) = c \cdot C_1 + Ls(c) \cdot C_2$

Sehingga didapatkan:

$$Ls_{(c)} - Ls_{(c+1)} \leq \frac{C1}{C2} \leq Ls_{(c-1)} - Ls_{(c)}$$

Nilai C1/C2 sekarang menunjukkan di mana pencarian untuk c optimum harus dimulai. (Taha, 1997).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengumpulan data waktu pelayanan diperoleh rata-rata waktu pelayanan:

$$\begin{aligned}\mu_{\bar{x}} &= \frac{\sum x_1}{n} \\ &= \frac{29.448}{30} \\ &= 0,98 \text{ menit}\end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan uji kecukupan data dengan tingkat kepercayaan 95 % yang berarti k = 2 dan tingkat ketelitian 5 % yang berarti s = 0,05, ada pun rumus yang digunakan (Wigiosoebroto, 2000):

$$\begin{aligned}N' &= \left[\frac{k/s\sqrt{N(\sum \bar{x}^2) - (\sum \bar{x})^2}}{\sum \bar{x}} \right]^2 \\ &= \left[\frac{2/0,05\sqrt{30(29.046) - (29.488)^2}}{29.488} \right]^2 \\ &= \left[\frac{40\sqrt{871,38} - 869.542}{29.488} \right]^2 \\ &= \left[\frac{40\sqrt{1.838}}{29.488} \right]^2 \\ &= 1.83^2 \\ &= 3.34\end{aligned}$$

Karena jumlah pengamatan dari hasil perhitungan (N') lebih kecil dari pengamatan terdahulu (N) maka data waktu pelayanan truk sudah mencukupi.

Dari pengumpulan data waktu antar kedatangan truk diperoleh rata-rata waktu kedatangan truk:

$$\begin{aligned}\mu_{\bar{x}} &= \frac{\sum \bar{x}_1}{n} \\ &= \frac{600}{30} \\ &= 23 \text{ truk per jam} \\ &= 2.6 \text{ truk per menit}\end{aligned}$$

Biaya yang timbul akibat penambahan fasilitas yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Gaji rata-rata karyawan satu periode} &= \text{Rp}6.985.880,00 \\ \text{Hari kerja satu periode} &= 240 \text{ hari} \\ \text{Jam kerja efektif perhari} &= 8 \text{ jam} \\ \text{Gaji tenaga kerja per menit} &= \frac{\text{Rp}6.985.880,00}{240 \times 8 \times 60} \\ &= \text{Rp}60,64 \text{ per menit}\end{aligned}$$

Biaya operasional

Biaya listrik satu periode = Rp6.600.000,00

Pemakaian listrik per menit

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{Rp}6.600.000,00}{240 \times 8 \times 60} \\ &= \text{Rp}57,29 \text{ per menit}\end{aligned}$$

Biaya fasilitas

Tabel 2. Data Harga Peralatan

Jenis biaya	Harga (Rp)
Jembatan timbang	256.000.000,00
Indikator AND	32.000.000,00
Komputer	2.500.000,00
Printer	500.000,00
Jumlah	291.000.000,00

Biaya fasilitas per menit

$$\begin{aligned}&= \frac{291.000.000}{240 \times 24 \times 60} \\ &= 842,0138 \text{ per menit}\end{aligned}$$

Biaya per pelayanan tambahan per unit waktu (C₁):

$$\begin{aligned}&= \text{Gaji tenaga kerja per menit} + \text{biaya operasional permenit} + \text{Biaya fasilitas per menit} \\ &= \text{Rp}60,6413 \text{ per menit} + \text{Rp}19,0972 \text{ per menit} + \\ &\quad \text{Rp}842,0138 \text{ per menit} \\ &= \text{Rp}921,7523 \text{ per menit}\end{aligned}$$

Biaya menunggu pelanggan dihitung berdasarkan penghasilan rata-rata pelanggan per hari.

$$\begin{aligned}\text{Sewa rata rata per hari} &= \frac{\text{Rp}4.529.000,00}{20} \\ &= \text{Rp}226.450,00\end{aligned}$$

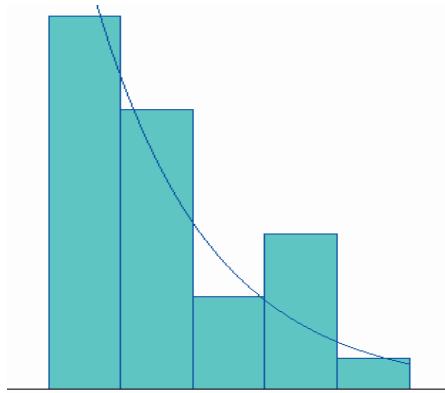
Jam kerja efektif per hari = 24 jam

Biaya per unit waktu tunggu per pelanggan (C_2)

$$= \frac{\text{Rp}226.450,00}{240 \times 60}$$

$$= \text{Rp}157,2569,00 \text{ per menit}$$

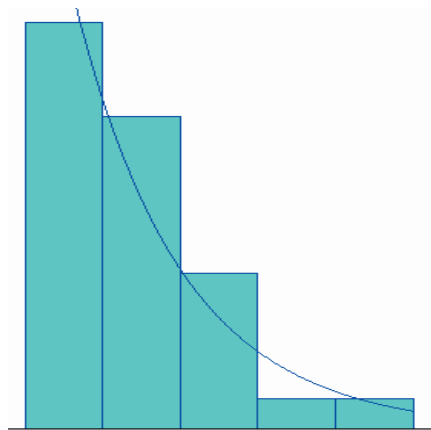
Uji distribusi waktu pelayanan truk



Y= Waktu Pelayanan; X = jumlah sampel

Gambar 1. Distribusi waktu pelayanan truk

Berdasarkan uji distribusi diperoleh waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan truk berdistribusi eksponensial. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

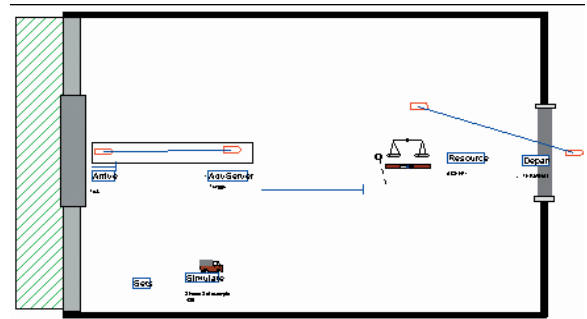


X = jumlah sampel; Y= Waktu

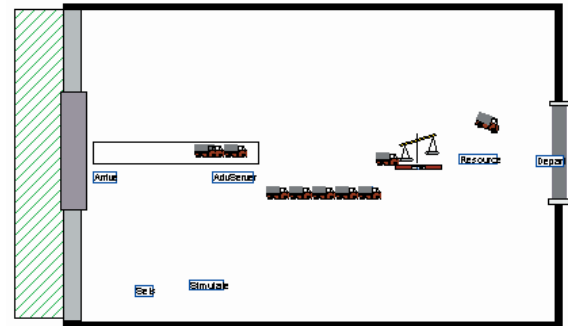
Gambar 2. Distribusi waktu antar kedatangan truk

Running model simulasi dengan satu loket penimbangan sebagai berikut.

Running model dengan satu loket penimbangan dapat disimak pada Gambar 4. Berdasarkan hasil



Gambar 3. Model antrian dengan satu loket penimbangan



Gambar 4. *Running model* dengan satu loket penimbangan

program ARENA diperoleh data jumlah truk dalam antrian untuk satu loket penimbangan sebagaimana dapat disimak pada Tabel 3.

Tabel 3. Panjang Antrian untuk Satu Loket Penimbangan

Replikasi	Lq
1	92.869
2	47.463
3	82.717
4	71.718
5	121.680
Jumlah	416.447

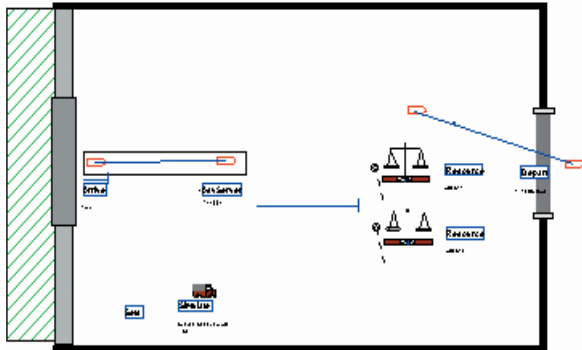
Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian:

$$Lq = \frac{\sum Lq}{r}$$

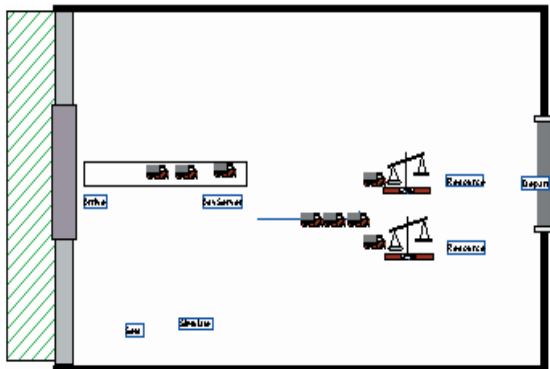
$$= \frac{416.447}{5}$$

$$= 83.2894/\text{menit}$$

Running model dengan dua loket penimbangan sebagai berikut:



Gambar 5. Model dengan dua loket penimbangan



Gambar 6. Running model dengan dua loket penimbangan

Running model dengan dua loket penimbangan dapat disimak pada Gambar 6. Berdasarkan hasil program ARENA diperoleh data jumlah truk dalam antrian untuk dua loket penimbangan sebagaimana tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Panjang Antrian untuk Dua Loket Penimbangan

Replikasi	Lq
1	74.379
2	15.634
3	32.867
4	22.134
5	13.096
Jumlah	158.110

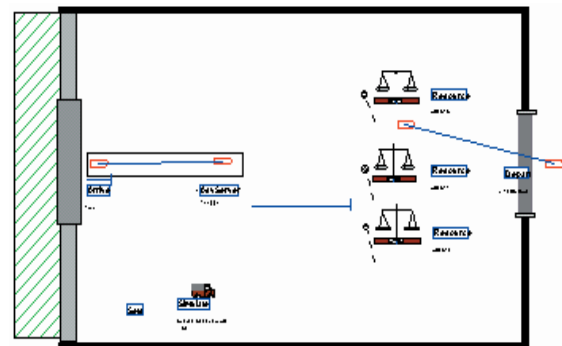
Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian:

$$Lq = \frac{\sum Lq}{r}$$

$$= \frac{151.8}{5}$$

$$= 31.662/\text{menit}$$

Running model dengan tiga loket penimbangan sebagai berikut:



Gambar 7. Model antrian dengan tiga loket penimbangan

Running model dengan tiga loket penimbangan dapat disimak pada Gambar 8. Berdasarkan hasil program ARENA diperoleh data jumlah truk dalam antrian untuk tiga loket penimbangan sebagaimana tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Panjang Antrian untuk Tiga Loket Penimbangan

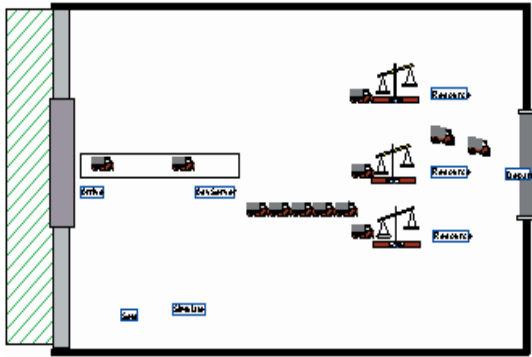
Replikasi	Lq
1	5.1982
2	1.8363
3	1.0197
4	4.1462
5	5.0914
Jumlah	17.2918

Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian:

$$Lq = \frac{\sum Lq}{r}$$

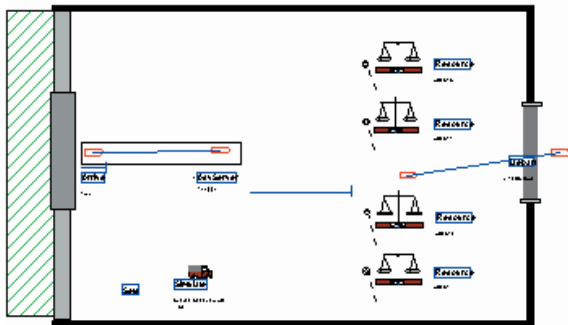
$$= \frac{17.2918}{5}$$

$$= 3.458362/\text{menit}$$

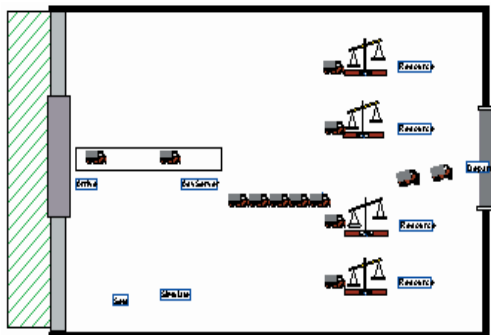


Gambar 8. *Running model* antrian dengan tiga loket penimbangan

Running model dengan empat loket penimbangan sebagai berikut



Gambar 9. Model antrian dengan empat loket penimbangan



Gambar 10. *Running model* antrian dengan empat loket penimbangan

Running model dengan empat loket penimbangan dapat disimak pada Gambar 10. Berdasarkan hasil program ARENA diperoleh data jumlah truk dalam antrian untuk empat loket penimbangan sebagaimana tertera pada Tabel 6.

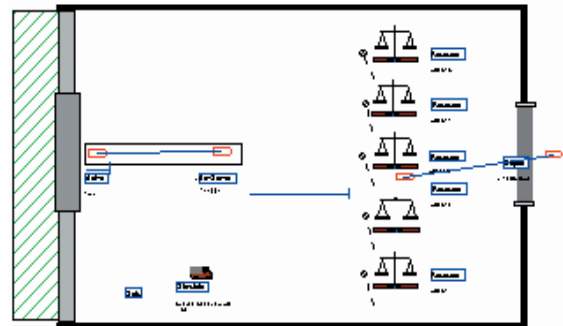
Tabel 6. Panjang Antrian untuk Empat Loket Penimbangan

Replikasi	Lq
1	0.8697
2	0.1341
3	1.4277
4	0.4204
5	0.9537
Jumlah	3.8056

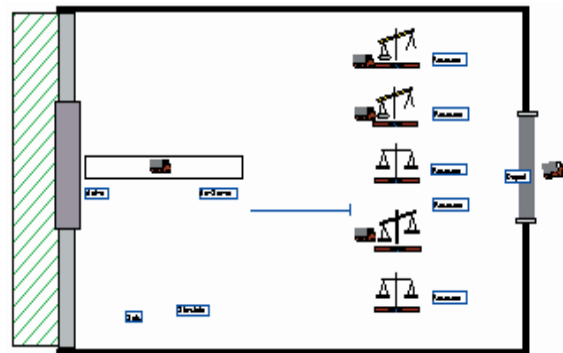
Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian:

$$Lq = \frac{\sum Lq}{r} = \frac{3.8056}{5} = 0.7611/\text{menit}$$

Running model dengan lima loket penimbangan sebagai berikut:



Gambar 11. Model antrian dengan lima loket penimbangan



Gambar 12. *Running model* antrian dengan lima loket penimbangan

Running model dengan lima loket penimbangan dapat disimak pada Gambar 12. Berdasarkan hasil

program arena diperoleh data jumlah nasabah dalam antrian untuk lima loket penimbangan sebagaimana tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Panjang Antrian untuk Lima Loket Penimbangan

Replikasi	Lq
1	0.3871
2	0.3340
3	0.0591
4	0.0296
5	0.4240
Jumlah	1.2338

Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian:

$$Lq = \frac{\sum Lq}{r}$$

$$= \frac{1.2338}{5}$$

$$= 0.2467/\text{menit}$$

Setelah diperoleh perhitungan rata-rata jumlah truk dalam antrian (Lq) untuk skenario 1 loket penimbangan sampai 5 loket penimbangan dengan menggunakan simulasi pada software ARENA maka dilakukan perhitungan rata-rata jumlah truk dalam sistem (Ls). Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan Ls.

Dengan:

μ = jumlah rata-rata pelayanan per unit waktu

$$= \frac{1}{\text{waktu pelayanan}}$$

$$= \frac{1}{5.98}$$

$$= 0.16$$

λ = jumlah rata-rata pelanggan tiba per unit waktu

$$= \frac{1}{\text{waktu antar kedatangan}}$$

$$= \frac{1}{2.6}$$

$$= 0.38$$

Kondisi optimal fasilitas pelayanan digunakan untuk menentukan alternatif penggunaan fasilitas

Tabel 8. Jumlah Truk Menunggu dalam Sistem

Jumlah loket penimbangan	Lq	Ls = $(Lq + \frac{\lambda}{\mu})$
1	83,2894	85,6644
2	31,6220	33,9970
3	3,4583	5,8333
4	0,7611	3,1361
5	0,2467	2,5217

Tabel 9. Kondisi Optimal Fasilitas Loket Penimbangan

Jumlah loket penimbangan	Jumlah pelanggan rata-rata dalam system $L_s(C)$	$L_s(C-1) - L_s(C)$	Total biaya (Rp)
1	85,664	-	14.393,07
2	33,997	51,6674	7.189,76
3	5,8333	28,1637	3.682,58
4	3,1361	2,6972	4.180,18
5	2,5217	0,6144	5.005,31

yang akan memberikan total biaya terkecil dari setiap alternatif:

$$L_s = (c) - L_s(c+1) \leq \frac{C_1}{C_2} \leq L_s(c-1) - L_s(c)$$

Dengan biaya untuk pengadaan fasilitas pelayanan (C_1) = Rp921,7523 per menit per orang. Biaya menunggu pelanggan (C_2) = Rp157,2569 per menit per orang, maka diperoleh:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\text{Rp}921,7523}{\text{Rp}157,2569}$$

$$= 5,8614$$

Selanjutnya nilai $\frac{C_1}{C_2}$ digunakan untuk mencari nilai C yang optimal.

Perhitungan total biaya antrian dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Tc = c.C_1 + Ls(c).C_2$$

Untuk 1 fasilitas pelayanan

$$Tc = c.C_1 + Ls(c).C_2$$

$$= (1 \times 921,7523) + (85,6644 \times 157,2569)$$

$$= \text{Rp}14.393,0702$$

Untuk 2 fasilitas pelayanan

$$Tc = c.C_1 + Ls(c).C_2$$

$$= (2 \times 921,7523) + (33,997 \times 157,2569)$$

$$= \text{Rp}7.189,7674$$

Untuk 3 fasilitas pelayanan

$$\begin{aligned} Tc &= c.C_1 + Ls(c).C_2 \\ &= (3 \times 921,7523) + (5.8333 \times 157,2569) \\ &= Rp3.682,5835 \end{aligned}$$

Untuk 4 fasilitas pelayanan

$$\begin{aligned} Tc &= c.C_1 + Ls(C).C_2 \\ &= (4 \times 921,7523) + (3.1361 \times 157,2569) \\ &= Rp4.180,1825 \end{aligned}$$

Untuk 5 fasilitas pelayanan

$$\begin{aligned} Tc &= c.C_1 + Ls(c).C_2 \\ &= (5 \times 921,7523) + (2.5217 \times 157,2569) \\ &= Rp5.005,3162 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada Tabel 9 diperoleh total biaya antrian minimum terletak pada jumlah loket penimbangan sebanyak 3.

SIMPULAN

Rata-rata truk menunggu jika digunakan 1 loket penimbangan adalah 83,2894 menit, menggunakan 2 loket penimbangan sebesar 31,622 menit, 3 loket penimbangan sebesar 3,4583 menit, menggunakan 4 loket penimbangan sebesar 0,7611 menit, dan untuk 5 loket penimbangan sebesar 0,2467 menit. Kondisi optimal dapat dilihat dari rata-rata jumlah truk dalam sistem. Dari hasil perhitungan diperoleh rata-rata jumlah truk sebanyak 85,6644 untuk 1 loket penimbangan dan sebanyak 2,5217 untuk 5 loket penimbangan.

Total biaya antrian jika PG Kebon Agung menggunakan 1 loket pelayanan sebesar Rp14.393,07; Rp7189,76 jika menggunakan 2 loket pelayanan Rp3.682,58 dengan 3 loket pelayanan, Rp4180,18 dengan 4 loket pelayanan, dan Rp5.005,32 untuk 5 loket penimbangan. Total biaya minimum diperoleh pada saat jumlah loket pelayanan sebanyak 3. Jika dibandingkan dengan kondisi yang sekarang perlu ditambah 2 loket penimbangan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dimiyati Ahmad, 1994. *Operation Research model-model pengambilan keputusan*, Sinar Baru Algesindo.
- Gaspersz Vincent, 1996. *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, Tarsito, Bandung.
- Kakiay J. Thomas, 2004. *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*, Andy, Yogyakarta.
- Kelton, David, 2002. *Simulation With Arena*, Boston, Massachusetts Burr Ridge, Ioa Madison, Wisconsin, New York.
- Simarmata A. Dj, 1995. *Operation Researc Sebuah Pengantar*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Subagyo Pangestu, 1999, *Dasar-Dasar Operation Research*, BPFE, Yogyakarta.
- Taha, Hamdy A, 1997. *Riset Operasi Suatu Pengantar*, Bina Rupa Aksara, Jakarta.
- Wigjosoebroto Sritomo, 2000. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Guna Widya, Jakarta.