

PENERAPAN TEORI ANTRIAN BONGKAR MUAT PADA DOCKING KAPAL TANKER

Riska Andini

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : riska.17030214002@mhs.unesa.ac.id

Yuliani Puji Astuti

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : yulianipuji@unesa.ac.id

Abstrak

Sistem bongkar muat pada *docking* kapal tanker adalah tempat pemuatan, pembangunan, pembongkaran, atau perbaikan kapal untuk proses kegiatan memindahkan muatan dari tangki kapal ke tangki timbun di suatu terminal ataupun sebaliknya dengan menggunakan bantuan peralatan pompa-pompa kapal yang digunakan untuk membongkar muatan minyak. Data bongkar muat diambil dari artikel (B.J & Juan.P, 2017) yaitu data bongkar muat di Terminal Transit Bahan Bakar Minyak (TBBM) Wayame Ambon dermaga I,II, dan III yang mana dalam waktu tunggu pelayanan BBM lebih dari 1 hari untuk memperoleh waktu yang maksimal, sedangkan utilitas antar pelabuhan tidak maksimal, karena utilitas pada dermaga I dan II lebih tinggi dibanding utilitas III sehingga menimbulkan antrian di setiap dermaga akibat proses *loading* BBM dan permasalahan pada sistem antrian di dermaga akibat sulitnya mengisi prosedur untuk kegiatan bongkar muatan (*loading*) BBM. Tujuan Penelitiannya adalah untuk mengetahui tingkat waktu pelayanan di dermaga serta meminimalkan waktu antar tunggu kedatangan dengan menambahkan fasilitas pelayanan yaitu dermaga agar tidak terjadi antrian terlalu banyak, sehingga konsumen bisa segera meninggalkan dermaga TBBM Wayame Ambon. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah M/M/I untuk kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan M/M/S untuk kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt. Berdasarkan hasil analisis diperoleh probabilitas pelayanan yang menganggur di dermaga III adalah 0.3558 atau 35.58 % dan probabilitas pelayanan yang menganggur di dermaga I dan II adalah 0.0489 atau 4.89%, adapun probabilitas pegawai yang menganggur diantara dermaga I dengan dermaga II yaitu sebesar 0.08874 atau 8.87%.

Kata Kunci: TBBM, Teori Antrian, Waktu Kedatangan, Waktu Pelayanan, Waktu Antar Tunggu

Abstract

The loading and unloading system at tanker docking is a place for loading, building, unloading, or repairing ships for the process of moving cargo from the ship's tank to the storage tank at a terminal or vice versa by using the help of ship pumps used to unload oil cargo. The loading and unloading data is taken from an article (B.J & Juan.P, 2017), namely the loading and unloading data at the Wayame Ambon Oil Fuel Transit Terminal (TBBM), piers I, II, and III, where the waiting time for fuel services is more than 1 day to obtain maximum time, while the utility between ports is not optimal, because the utilities at wharf I and II are higher than utility III, causing queues at each dock due to the fuel loading process and problems with the queuing system at the wharf due to the difficulty of filling out procedures for loading and unloading activities.) BBM. The research objective was to determine the level of service time at the jetty and to minimize the waiting time between arrivals by adding service facilities, namely the jetty so that there were no too many queues, so that consumers could immediately leave the TBBM Wayame Ambon jetty. The model used in this study is M/M/I for tanker loading 17000-35000 dwt and M/M/S for back loading tankers 35000-65000 dwt. Based on the results of the analysis, it is obtained that the probability of service being unemployed at pier III is 0.3558 or 35.58% and the probability of service being unemployed at jetty I and II is 0.0489 or 4.89%, while the probability of unemployed employees between pier I and pier II is 0.08874 or 8.87%.

Keywords: TBBM, Queuing Theory, Arrival Time, Service Time, Waiting Time

PENDAHULUAN

Sistem bongkar muat pada *docking* kapal tanker adalah tempat pemuatan, pembangunan, pembongkaran, atau perbaikan kapal untuk proses kegiatan memindahkan muatan dari tangki kapal ke tangki timbun di suatu terminal ataupun sebaliknya

dengan menggunakan bantuan peralatan pompa-pompa kapal yang digunakan untuk membongkar muatan minyak (Istopo, 1999).

Terminal Transit Bahan Bakar Minyak (TBBM) Wayame Ambon adalah salah satu unit Pemasaran Pusat Dan Niaga (PPDN) VIII yang beroperasi dalam menyuplai dan mendistribusikan Bahan Bakar

Minyak (BBM) yang dioperasikan untuk sistem bongkar muat *docking* kapal dermaga I,II, dan III pada konsumen di wilayah Propinsi Papua, Maluku Utara, dan Papua Barat. Terminal TBBM memiliki peranan penting dalam suplai Bahan Bakar Minyak (BBM) di seluruh Papua dan Maluku karena dengan adanya depot minyak yang beroperasi, sangat efisien untuk menghindari terjadinya krisis BBM akibat adanya kegiatan *back loading* kapal tanker. Pelabuhan Terminal TBBM Wayame Ambon dapat dilihat kinerjanya melalui grafik peningkatan disetiap tahunnya berdasarkan tahun 2012 hingga 2016. Rata-rata tingkat kedatangan kapal tanker di Terminal TBBM Wayame Ambon sebesar kurang lebih 535 kapal setiap tahunnya. Waktu tunggu pelayanan BBM yang maksimal terjadi lebih dari 1 hari, sehingga menimbulkan antrian di setiap dermaga akibat proses *loading* BBM dan permasalahan pada sistem antrian di dermaga akibat sulitnya mengisi prosedur untuk kegiatan bongkar muatan (*loading*) BBM (B.J & Juan.P, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pelayanan proses di dermaga serta meminimalkan waktu antar tunggu agar tidak terjadi antrian terlalu banyak, sehingga konsumen bisa segera meninggalkan dermaga TBBM Wayame Ambon (Subagyo, 2000).

KAJIAN TEORI

A. Teori Antrian

Antrian adalah garis tunggu atau *customer* yang mengantri di dalam antrian, dimana jumlah pelanggan yang dibatasi menunggu untuk diberi pelayanan. Antrian disebut *finite*, artinya panjangnya antrian sangat terbatas atau *infinite* yang artinya panjang antrian yang tidak ada batasnya (Retnaningsih, et al., 2011).

Teori antrian bagian terpenting dari *Operation Research* (OR) yang sangat bermanfaat didunia usaha, karena hal ini mempengaruhi tingkat kedatangan dan kesibukan *server* yang sangat urgensi pada fasilitas pelayanan dan bisa meningkatkan daya saing dengan memberikan fasilitas pelayanan terbaik kepada *customer*.

Karakteristik Sistem Antrian terdapat tiga komponen utama pada karakteristik sistem antrian, yaitu (Husnan, 1982) :

1. Karakteristik masukan sistem.

Inputan yang mendatangkan *customer*, antara lain:

Ukuran Populasi

Sumber pelanggan dapat dilihat sebagai populasi terbatas maupun populasi tidak terbatas. Populasi dikatakan terbatas apabila, ada pengguna *server* yang membatasi jumlah pelanggan, dan populasi dikatakan tidak terbatas apabila jumlah kedatangan pada waktu tertentu sebagian kecil merupakan bagian dari semua populasi.

2. Perilaku Kedatangan

Perilaku kedatangan adalah perilaku pelanggan yang berbeda-beda untuk mendapatkan fasilitas pelayanan. Perilaku kedatangan ada dua, yaitu: pelanggan yang sabar adalah pelanggan yang menunggu dalam antrian hingga dilayani dan tidak berpindah pada garis antrian, dan pelanggan yang tidak sabar adalah pelanggan yang berada di dalam antrian kemudian meninggalkan garis antrian karena lamanya menunggu untuk diberikan fasilitas pelayanan.

3. Pola Kedatangan

Menggambarkan bagaimana cara setiap pelanggan dari semua populasi memasuki sistem. Pelanggan dapat memasuki sistem secara individu maupun berkelompok. Pada kedatangan pelanggan yang tidak disebutkan secara khusus, maka pola kedatangan pelanggan dianggap tiba satu per satu. Pola kedatangan dapat beragam pada periode waktu tertentu, dan dapat bersifat acak atau pola kedatangan pelanggan tidak bergantung pada waktu. Pola kedatangan yang bersifat acak, maka perlu ditentukan distribusi probabilitas waktu antar kedatangannya. Ciri-ciri pola kedatangan adalah berdistribusi probabilitas waktu antar kedatangan atau probabilitas jumlah pelanggan yang datang dalam sistem antrian. Waktu antar kedatangan adalah waktu antar kedatangan pelanggan yang berurutan pada fasilitas pelayanan. Distribusi yang sering digunakan adalah distribusi poisson yang menunjukkan pola kedatangan pelanggan yang sifatnya acak.

4. Karakteristika antrian.

Karakteristik antrian merupakan pola antrian untuk mengatur *customer* dalam garis tunggu, hal ini secara umum terdiri dari :

- a. FCFS (*First Come First Served*) atau FIFO (*First In First Out*), artinya pelanggan yang datang pertama akan diberi pelayanan terlebih dahulu.
 - b. LCFS (*Last Come First Served*) atau LIFO (*Last In First Out*), artinya pelanggan yang datang terakhir akan diberi pelayanan pertama.
 - c. SIRO (*Service In Random Order*), artinya pelanggan yang datang akan diberi pelayanan secara acak oleh petugas *server*.
 - d. SOT (*Shortest Operation Times*), artinya pelayanan dengan memberikan waktu tersingkat pada pelanggan pertama.
5. Karakteristik pelayanan.

Adapun hal yang terpenting pada karakteristik pelayanan, yaitu:

- a. Berdasarkan desain sistem pelayanan jumlah saluran merupakan alur antrian dengan jalur tunggal dan berganda, sedangkan jumlah tahapan merupakan sistem dengan satu tahap maupun berganda.
- b. Berdistribusi waktu pelayanan, jika waktu *server* diberikan secara konstan, maka waktu yang dibutuhkan untuk melayani *customer* adalah sama dan jika waktu *server* yang diberikan secara random atau acak, maka waktu yang dibutuhkan untuk melayani *customer* adalah berbeda atau tidak sama.

B. Struktur Antrian

Ada empat model struktur antrian, yaitu (Ilhamsyah, et al., 2017):

- a. Single-server, single-phase adalah sistem antrian hanya terdapat satu jalur antrian dan *customer* akan dilayani satu kali.
- b. Single-server, multi-phase adalah sistem antrian dengan satu jalur antrian dan pelanggan diberi beberapa fasilitas pelayanan.
- c. Multi-server, single-phase adalah sistem antrian dengan beberapa fasilitas pelayanan dan setiap pelanggan akan dilayani satu kali pelayanan.
- d. Multi-server, multi-phase adalah sistem antrian dengan beberapa fasilitas pelayanan dan setiap pelanggan akan dilayani lebih dari satu proses pelayanan.

C. Model Antrian

Dalam mencari nilai optimal pada sistem pelayanan untuk mencari nilai waktu pelayanan, jumlah antrian, dan jumlah pelayanan dapat

menggunakan empat model tersebut, yaitu (Retnaningsih, et al., 2011):

- a. Model M/M/I atau model antrian jalur tunggal. Model ini menunjukkan kedatangan pelanggan berdistribusi poisson dan waktu pelayanan berdistribusi eksponensial.

- 1. Persamaan jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem:

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \tag{1}$$

dimana,

λ = jumlah kedatangan rata-rata per waktu

μ = jumlah rata-rata yang dilayani per waktu setiap jalur

L = jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

- 2. Persamaan jumlah waktu rata-rata dalam sistem:

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{2}$$

- 3. Persamaan jumlah rata-rata yang mengantri:

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{3}$$

- 4. Persamaan waktu rata-rata antrian dalam sistem:

$$Wq = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{4}$$

- 5. Persamaan utilitas sistem:

$$P = \frac{\lambda}{s\mu} \tag{5}$$

Keterangan :

s : jumlah fasilitas pelayanan

- 6. Persamaan probabilitas pelayanan yang mengganggu:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \tag{6}$$

- b. Model M/M/S atau model antrian jalur berganda. Model M/M/S menunjukkan waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan berdistribusi eksponensial.

Persamaan probabilitas pelanggan dalam sistem:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{s})^s}{s!(1 - \frac{\lambda}{s\mu})}} \tag{6}$$

Jika $0 \leq n \leq s$

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \tag{7}$$

Jika $n \geq s$, maka

$$P_n = \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{s!} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right) = \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{s!(s^{n-s})} P_0 \tag{8}$$

Sehingga,

$$L_q = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} \quad (9)$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (10)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (11)$$

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (12)$$

D. Distribusi Poisson

Jika peristiwa (kedatangan kapal tanker) terjadi secara acak dan independen pada tingkat rata-rata, lalu jumlah kedatangan kapal tanker per unit waktu akan sesuai dengan distribusi Poisson dan bentuk kejadian digambarkan sebagai proses Poisson. Distribusi dari lamanya interval antar kedatangan kapal tanker dalam proses Poisson adalah distribusi eksponensial, sehingga fungsi kepadatan probabilitas Poisson (PDF) diberikan dalam Persamaan sebagai berikut (Abdel-Aal, 2020) :

$$f(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad \forall x \geq 0, \lambda > 0 \quad (13)$$

Dimana

x : banyaknya kedatangan kapal tanker per satuan waktu

λ : rata-rata tingkat kedatangan kapal tanker

e : bilangan logaritma natural yaitu 2.71828

E. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial didefinisikan sebagai distribusi waktu tunggu (kedatangan kapal tanker) dalam proses Poisson, jika kejadian (kedatangan kapal tanker) terjadi secara acak dengan kecepatan konstan " λ " untuk per satuan waktu dan x adalah waktu untuk kejadian berikutnya (antar kedatangan kapal tanker), sehingga PDF distribusi eksponensial diberikan dalam Persamaan, sebagi berikut (Abdel-Aal, 2020) :

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad \forall x \geq 0, \lambda > 0 \quad (14)$$

Dimana,

x : waktu antar kedatangan kapal tanker

$1/\lambda$: rata-rata waktu antar kedatangan kapal tanker

e : bilangan logaritma natural yaitu 2.71828

F. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square adalah metode ini digunakan untuk mengetahui satu himpunan dari data mentah sesuai distribusi teoritis antara lain distribusi poisson dan distribusi eksponensial. Uji Chi-Square dibuat Karl Pearson pada tahun 1899, dengan persamaan sebagai berikut (Harahap, et al., 2014) :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - n_i)^2}{n_i} \quad (15)$$

Dimana,

χ^2 : Nilai Chi-Square

O_i : Frekuensi hasil yang diamati

n_i : Frekuensi yang diharapkan

METODE

A. METODE PENELITIAN

Metode penelitian berfokus pada antrian bongkar muatan kapal tanker. Observasi pada penelitian ini dilakukan dengan mencari data sekunder, karena pada saat pandemic ini adapun beberapa faktor yang mengakibatkan tidak memungkinkan untuk mengambil secara langsung sehingga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal dengan judul Model Simulasi untuk Menganalisis Kinerja Sistem Antrian Kapal Tanker pada Dermaga PT. Pertamina TBBM Wayame Ambon. Data sekunder yang diambil merupakan data kegiatan bongkar muat kapal tanker dari data kunjungan kapal tanker yang sandar di dermaga I, II, dan III, serta data waktu kedatangan dan waktu pelayanan *loading* dan *back loading* di TTBM Wayame Ambon pada tahun 2012-2016 bulan januari sampai bulan desember.

B. SUMBER DATA

Pada penelitian ini, peneliti melakukan kegiatan dengan wawancara secara langsung untuk memodelkan waktu antar tunggu fase di dermaga Wayame Ambon. Fasilitas di TBBM Wayame Ambon menyediakan 3 dermaga untuk memberikan layanan bongkar muatan pada kapal tanker yang bersandar, untuk dermaga I dan II merupakan lokasi bongkar muatan pada kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dan untuk dermaga III merupakan lokasi bongkar muatan pada kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt. Studi kasus ini dilakukan dengan kajian teoritis dan melihat dari berbagai sumber, diantaranya buku, sekripsi, dan jurnal- jurnal. Metode pada penelitian ini menggunakan bantuan aplikasi SPSS 22 dan Rstudio 1.4.1.

Hasil data penelitian diperoleh dari empat artikel yang membahas teori antrian bongkar muat kapal tanker di dermaga, empat artikel yang digunakan sebagai perbandingan yaitu penelitian (Ahmad & Mashuri, 2016); (Djamal & Maulana, 2018); (Aditya, 2016); (Khabibah, et al., 2013).

C. VARIABEL PENELITIAN

Variabel yang diperoleh pada penelitian adalah:

1. Jumlah kunjungan kapal tanker yang sampai di dermaga untuk proses antrian Bahan Bakar Minyak (BBM).
2. Waktu kedatangan kapal tanker di dermaga TBBM Ambon Wayame.
3. Daya tampung kapal tanker yang ada di dermaga TBBM Ambon Wayame.
4. Waktu pemberian layanan bongkar muatan pada kapal tanker.
5. Waktu estimasi kapal tanker dalam system antrian.
6. Estimasi waktu tunggu kapal dalam proses antrian.

D. LANGKAH - LANGKAH PENELITIAN

Langkah-langkah analisis dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi literature dengan mengumpulkan sumber referensi dari beberapa jurnal nasional dan jurnal internasional.
2. Mendeskripsikan karakteristik dan variabel-variabel yang mempengaruhi model antrian kapal tanker pada jumlah kapal tanker yang bersandar di dermaga pada tahun 2012-2016.
3. Melakukan uji waktu antar kedatangan (uji distribusi poisson) kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dengan uji chi-square
4. Melakukan uji waktu pelayanan (uji distribusi eksponensial) kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dengan uji chi-square
5. Menghitung Model Antrian M/M/I untuk kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan M/M/S untuk kapal *back loading* 35000-65000 dwt
6. Menarik Kesimpulan dengan menganalisis hasil akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. UJI HIPOTESA DISTRIBUSI POISSON TINGKAT ANTAR KEDATANGAN KAPAL TANKER

Pengujian data dilakukan menggunakan uji Chi-Square dengan SPSS 22 yang bertujuan untuk mengetahui data waktu antar kedatangan kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt berdistribusi poisson yang artinya pola setiap kedatangan kapal tanker di

dermaga sesuai yang diharapkan, dan data diuji secara kumulatif dengan hipotesis sebagai berikut.:

- 1.Hipotesis :
 H_0 : tingkat kedatangan kapal tanker berdistribusi Poisson
 H_1 : tingkat kedatangan kapal tanker tidak berdistribusi Poisson
- 2.Taraf signifikasi:
 $\alpha = 0.05$
- 3.Kriteria Uji
 Jika $Sig > \alpha = 0.05$, maka gagal menolak H_0
 Jika $Sig < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak

Tabel 1. Hasil Uji Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kapal Tanker *Loading* 17000-35000 dwt dan Kapal Tanker *Back Loading* 35000-3600 dwt.

Kapal Tanker	N	χ^2	Sig	α	Hasil Pengujian
<i>Loading</i> 17000-35000 dwt	20	0.90	1.00	0.05	gagal menolak H_0
<i>Back loading</i> 35000 - 36000 dwt	38	12.368	0.995	0.05	gagal menolak H_0

Keterangan :

N : Jumlah kapal tanker yang bersandar

χ^2 : Hasil Uji-Chi Square

Dari hasil yang diperoleh, nilai $Sig > \alpha = 0.05$, maka hasil ujinya gagal menolak H_0 yang artinya pola waktu kedatangan dari kedua kapal tanker yaitu kapal tanker *loading* 17000-3500 dan kapal tanker *back loading* 35000-6500 dwt berdistribusi poisson, sehingga pola waktu kedatangannya sesuai yang diharapkan artinya waktu kedatangan setiap kapal tanker dengan kapal tanker lainnya terdapat antrian dalam lokasi bongkar muat.

B. UJI HIPOTESA DISTRIBUSI EKSPONENSIAL TINGKAT PELAYANAN KAPAL TANKER

Pengujian data dilakukan menggunakan uji Chi-Square dengan SPSS 22 yang bertujuan untuk mengetahui data waktu pelayanan kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt berdistribusi eksponensial yang artinya pola pelayanan kapal tanker *loading* di dermaga sesuai yang diharapkan, dan data diuji secara kumulatif dengan hipotesis sebagai berikut:

- 1.Hipotesis :
 H_0 : tingkat kedatangan kapal tanker berdistribusi Eksponensial

H_1 : tingkat kedatangan kapal tanker tidak berdistribusi Eksponensial

2. Taraf signifikansi:

$\alpha = 0.05$

3. Kriteria Uji

Jika $\text{Sig} > \alpha = 0.05$, maka gagal menolak H_0

Jika $\text{Sig} < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak

Tabel 2. Hasil Uji Distribusi Waktu Pelayanan Kapal Tanker *Loading* 17000-35000 dwt dan Kapal Tanker *Back Loading* 35000-3600 dwt.

Kapal Tanker	N	χ^2	Sig	α	Hasil Pengujian
<i>Loading</i> 17000 - 35000 dwt	20	1.6	1.00	0.05	gagal menolak H_0
<i>Back loading</i> 35000 - 36000 dwt	38	9.158	1.00	0.05	gagal menolak H_0

Keterangan :

N : Jumlah kapal tanker yang bersandar

χ^2 : Hasil Uji-Chi Square

Dari hasil yang diperoleh, nilai $\text{Sig} > \alpha = 0.05$, maka hasil ujinya gagal menolak H_0 yang artinya pola waktu pelayanan dari kedua kapal tanker yaitu kapal tanker *loading* 17000-3500 dwt dan kapal tanker *back loading* 35000-6500 dwt berdistribusi eksponensial, sehingga pola waktu pelayanannya sesuai dengan waktu yang diharapkan artinya waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk melayani setiap kapal tanker/jam sama.

C. ANALISIS STATISTIKA DESKRIPTIF

Tabel 3. Analisis Statistika Deskriptif Jumlah Kapal Tanker PT.Pertamina yang Bersandar di TBBM Wayame Ambon 2012-2016

Tahun	N	Min	Max	Mean	Standart Deviasai
2012	440	32	44	36.67	111.911
2013	459	31	45	38.25	116.743
2014	520	39	50	43.33	132.2353
2015	534	40	47	44.5	135.7724
2016	580	44	52	48.33	147.4732

Keterangan :

N : Jumlah kapal tanker yang bersandar

Min : Minimum jumlah kapal tanker yang bersandar

Max : Maksimum jumlah kapal tanker yang bersandar

Mean : Rerata jumlah kapal tanker yang bersandar

Berdasarkan tabel 1, jumlah kapal tanker yang bersandar di setiap tahunnya mengalami peningkatan. Pada tahun 2012 kapal yang bersandar di dermaga paling sedikit 32 kapal di bulan Juli dan paling banyak 44 kapal di bulan Maret dengan total sebanyak 440 kapal tanker, untuk di tahun 2013 sebanyak 459 kapal tanker yang bersandar di dermaga dengan paling sedikit 31 kapal di bulan Juni dan paling banyak 45 kapal yang bersandar di bulan April, di tahun 2014 kapal yang bersandar sebanyak 240 kapal dengan sekurang-kurangnya 39 kapal di bulan Januari dan paling banyak 50 kapal tanker yang bersandar di bulan Mei, pada tahun 2015 banyak kapal yang bersandar sebanyak 534 kapal tanker dengan minimal 40 kapal di bulan Agustus dan jumlah kapal paling banyak 47 pada bulan Januari, dan di tahun 2016 banyak kapal yang bersandar sebanyak 580 kapal tanker dengan sedikit kapal yang bersandar 44 kapal di bulan April dan paling banyak di bulan Desember dengan jumlah 52 kapal yang bersandar.

D. ANALISIS MODEL PERHITUNGAN MODEL ANTRIAN PADA KAPAL TANKER

Analisis perhitungan model antrian pada penelitian ini yaitu untuk menentukan hasil perhitungan efektifitas model antrian pada *docking* kapal tanker di dermaga. Dermaga III merupakan dermaga untuk bongkar muatan pada kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt, sehingga model jasa pelayanan yang diberikan di TBBM Wayame Ambon mengenai *loading* atau bongkar muatan yaitu *single-server*, *single-phase* dan dermaga I, II untuk kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt merupakan model *single-server*, *multi-phase*. Dari kedua peristiwa ini dapat diperoleh bahwa pada kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt menggunakan model antrian M/M/I yang menunjukkan pada "M" pertama dilambangkan sebagai waktu antar kedatangan berdistribusi poisson, pada "M" kedua dilambangkan sebagai waktu pelayanan berdistribusi esponensial dan "I" merupakan jumlah pelayanan yaitu sebanyak 1, dan untuk kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt menggunakan model M/M/S, artinya pada "M" pertama dilambangkan sebagai waktu antar kedatangan berdistribusi poisson, pada "M" kedua dilambangkan sebagai

waktu pelayanan berdistribusi esponensial dan "I" merupakan jumlah pelayanan yaitu sebanyak 2. Inputan pada sistem antrian di TTBM Wayame Ambon yaitu kedatangan kapal tanker yang masuk dalam antrian pertama akan diberi pelayanan terlebih dahulu dan outputnya kapal tanker yang telah melalui proses bongkar muatan diizinkan untuk keluar antrian, sehingga karakteristik model antriannya yaitu FIFO (*First in First Out*).

1. Perhitungan model antrian kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dengan model M/M/I

A. Waktu antar kedatangan kapal tanker

Jumlah waktu kedatangan kapal tanker = 60438.6 per menit.

Jumlah kapal tanker *loading* dalam antrian = 20 kapal tanker.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{60438.6}{20} = 3021.93 \text{ menit /kapal}$$

$$\lambda = 0.000330914 \text{ menit/kapal}$$

Dari perhitungan waktu antar kedatangan kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt diperoleh tingkat antar kedatangan kapal tanker di dermaga III yaitu 0.019854861 kapal / jam.

B. Waktu pelayanan

Jumlah waktu pelayanan = 389364 menit.

Jumlah kapal tanker *loading* yang dilayani = 20 kapal.

$$\frac{1}{\mu} = \frac{389364}{20} = \frac{0.000513658 \text{ menit}}{\text{kapal}}$$

$$\mu = 0.000513658 \text{ kapal/menit}$$

Dari perhitungan waktu pelayanan kapal tanker *loading* 17000 - 35000 dwt didapatkan tingkat pelayanan di dermaga III yaitu 0.03081949 kapal/jam.

C. Rata-rata Jumlah kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt yang menunggu dalam sistem antrian untuk diberi pelayanan di dermaga III adalah:

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{0.019854861}{0.03081949 - 0.019854861} = 1.810810057$$

D. Rata-rata waktu yang dihabiskan kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dalam sistem

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{0.03081949 - 0.019854861} = 91.20235391$$

E. Rata-rata jumlah kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dalam antrian untuk menunggu diberi pelayanan

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{0.019854861^2}{0.03081949 (0.03081949 - 0.019854861)} = 1.166579383$$

Nilai L_q adalah 1.166579383, berarti rata-rata kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt yang berada dalam antrian sebanyak 1 kapal.

F. Rata-rata waktu antrian kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt selama menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{0.019854861}{0.03081949 (0.03081949 - 0.019854861)} = 58.75535391$$

G. Utilitas sistem dari 1 dermaga

$$P = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{0.019854861}{1 \times 0.03081949} = 0.644230674$$

H. Persamaan probabilitas pelayanan yang menganggur di dermaga III:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{0.019854861}{0.03081949} = 0.355769326$$

I. Peluang terjadinya jumlah kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dalam sistem

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) = \left(\frac{0.019854861}{0.03081949}\right)^1 \left(1 - \frac{0.019854861}{0.03081949}\right) = 0.64423068(1 - 0.64423068) = 0.64423068(0.35576932) = 0.229197511$$

Keterangan : n = 1, diperoleh dari nilai L_q .

J. Peluang lebih dari k kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dalam sistem

Tabel 4. Hasil Perhitungan Peluang (k) Kapal Tanker *Loading* 17000-35000 dwt dalam Sistem

k	$P_{n>k} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}$
0	0.644230674
1	3.279033061
2	1.6386 x 10 ¹¹

3	1.852069105
4	5.44494×10^{17}
5	0.002027734
6	0

Dari tabel 4 diatas, menunjukkan apabila k = 1, maka peluang lebih dari 1 kapal tanker loading 17000-35000 dwt dalam sistem yaitu sebesar 327.9 %.

1. 2. Perhitungan model antrian kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dengan model M/M/s

A. Waktu antar kedatangan kapal tanker

Jumlah waktu kedatangan kapal tanker = 51223.8 per menit.

Jumlah kapal tanker *back loading* dalam antrian = 38 kapal tanker.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{51223.8}{38} = 1347.994737 \text{ menit /kapal}$$

$$\lambda = 0.000741843 \text{ kapal/menit}$$

Dari perhitungan waktu antar kedatangan kapal tanker *back loading* 35000 - 65000 dwt diperoleh tingkat antar kedatangan kapal tanker di dermaga I dan II yaitu 0.04451056 kapal / jam.

B. Waktu pelayanan

Jumlah waktu pelayanan = 928894 per menit.

Jumlah kapal tanker *back loading* yang dilayani = 38 kapal tanker.

$$\frac{1}{\mu} = \frac{92889}{38} = 2444.447368 \text{ menit /kapal}$$

$$\mu = 0.00040909 \text{ kapal/menit}$$

Dari perhitungan waktu pelayanan kapal tanker *back loading* 35000 - 65000 dwt diperoleh tingkat pelayanan di dermaga I, II yaitu 0.024545425 kapal/jam.

C. Utilitas sistem dari 2 dermaga

$$P = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{0.0445106}{2 \times 0.024545425} = 0.906697668$$

D. Probabilitas pelayanan yang mengganggu atau tidak sibuk di dermaga I dan II

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{0.04451056}{0.00040909}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{0.04451056}{0.00040909}\right)^2}{2! \left(1 - \left(\frac{0.04451056}{2 \times 0.00040909}\right)\right)}} \\ &= \frac{1}{\sum_{n=0}^1 \frac{(1.813395336)^n}{n!} + \frac{(1.813395336)^2}{2!(1 - 0.906697668)}} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{(1.813395336)^0}{0!} + \frac{(1.813395336)^1}{1!}\right) + \frac{3.288402644}{2 \times 0.093302}} \\ &= \frac{1}{1 + 1.813395336 + \frac{3.288402644}{0.186604664}} \\ &= \frac{1}{1 + 1.813395336 + 17.62229608} = \frac{1}{20.43569142} \\ &= 0.048933994 \end{aligned}$$

E. Probabilitas ada pelayanan yang menganggur di dermaga I dan II

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\lambda}{\mu} P_0 \\ &= \frac{0.04451056}{0.00040909} \times 0.048933994 \\ &= 1.813395336 \times 0.048933994 \\ &= 0.088736676 \end{aligned}$$

F. Jumlah kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt yg menunggu untuk diberikan pelayanan dalam antrian

$$\begin{aligned} L_q &= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s P}{s!(1 - \rho)^2} \\ &= \frac{0.048933994 \left(\frac{0.04451056}{0.00040909}\right)^2 \times 0.906697668}{2!(1 - 0.906697668)^2} \\ &= \frac{0.048933994 \times 1.813395336^2 \times 0.906697668}{2 \times 0.093302332^2} \\ &= \frac{0.048933994 \times 3.288402644 \times 0.906697668}{0.01741065} \\ &= \frac{0.145900961}{0.01741065} = 8.379983562 \end{aligned}$$

G. Peluang terjadinya jumlah kapal tanker loading 35000-65000 dwt dalam sistem.

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s! s^{n-s}} P_0 \\ &= \frac{\left(\frac{0.04451056}{0.024545425}\right)^8}{2! \times 2^{8-2}} \times 0.048933994 \\ &= \frac{116.9337874}{128} \times 0.048933994 \\ &= 0.044703416 \end{aligned}$$

H. Rata-rata Jumlah kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt yang menunggu dalam sistem antrian untuk diberi pelayanan di dermaga I, dan II

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = 8.379983562 + \frac{0.04451056}{0.00040909} = +1.813395336 = 10.1933789$$

I. Rata-rata waktu antrian kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt 8.379983562 dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{8.379983562}{0.04451056} = 188.2695603$$

J. Rata-rata waktu yang dihabiskan kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt untuk menunggu dalam sistem antrian

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} = 188.2695603 + \frac{1}{0.024545425} = 188.2695603 + 40.74078978 = 229.01035019$$

Hasil perhitungan ukuran kinerja pada sistem antrian kapal tanker PT. Pertamina di TBBM Wayame Ambon 2012-2016, sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Ukuran Kinerja Pada Sistem Antrian Kapal Tanker PT. Pertamina

Ukuran Kinerja Sistem Antrian	Kapal Tanker Loading 17000-3500 dwt	Kapal Tanker Back Loading 35000-6500 dwt	Satuan
<i>n</i>	20	38	Kapal
<i>P</i>	64.42	90.67	%
<i>P₀</i>	35.58	4.89	%
<i>P_n</i>	22.92	4.47	%
<i>λ</i>	0.0199	0.04459	Kapal/jam
<i>μ</i>	0.0308	0.0245	Kapal/jam
<i>L</i>	1.8108	3501.4410	Kapal/jam
<i>L_q</i>	1.1666	3499.6276	Kapal/jam
<i>W</i>	91.2024	80571.4814	Jam
<i>W_q</i>	58.7554	78624.6607	Jam
<i>s</i>	1	2	Dermaga

Keterangan :

n : Jumlah kapal tanker dalam sistem

P : Tingkat intensitas fasilitas pelayanan

P₀ : Probabilitas tidak ada kapal tanker dalam sistem

P_n : Probabilitas kepastian *n* kapal tanker dalam sistem

λ : Jumlah rata-rata kapal tanker yang datang di dermaga

μ : Jumlah rata-rata kapal tanker yang harus dilayani

L : Jumlah rata-rata kapal tanker yang diharapkan ada dalam sistem

L_q : Jumlah yang diharapkan untuk menunggu dalam antrian

W : Waktu yang diharapkan kapal tanker pada sistem antrian

W_q : Waktu yang diharapkan kapal tanker selama menunggu dalam antrian

s : Jumlah fasilitas pelayanan di dermaga

PENUTUP

SIMPULAN

Waktu antar kedatangan pada kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan *back loading* 35000-65000 dwt berdistribusi poisson yang artinya waktu kedatangan setiap kapal tanker dengan kapal tanker yang lainnya terdapat antrian dalam lokasi bongkar muat, sedangkan pada pola waktu pelayanan kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan *back loading* 35000-65000 dwt berdistribusi eksponensial yang artinya waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk melayani setiap kapal tanker/jam sama.

Model sistem antrian yang digunakan pada pelayanan kapal tanker PT.Pertamina di TBBM Wayame Ambon adalah M/M/I pada model kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dan M/M/pada model kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dengan *S* sebanyak 2 fasilitas pelayanan di dermaga. Dari hasil perhitungan akhir diperoleh probabilitas pelayanan yang menganggur di dermaga III adalah 0.3558 atau 35.58 % dan probabilitas pelayanan yang menganggur di dermaga I dan II adalah 0.0489 atau 4.89%, adapun probabilitas pegawai yang menganggur diantara dermaga I dengan dermaga II yaitu sebesar 0.08874 atau 8.87%. Pada rata-rata jumlah kapal tanker *loading* 17000-65000 dwt yang menunggu untuk diberi pelayanan sebanyak 1.1666 kapal tanker/ jam dan rata-rata jumlah kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt yang menunggu untuk diberi pelayanan sebanyak 3499.6276 kapal tanker/jam, sedangkan rata-rata waktu antrian kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt dalam sistem yaitu 78624.6607 jam dan rata-rata waktu antrian kapal tanker *loading* 17000-35000 dwt dalam sistem adalah 58.7554 jam, dan untuk rata-rata jumlah kapal

tanker *loading* 17000-65000 dwt yang menunggu dalam sistem antrian untuk diberi pelayanan di dermaga III sebanyak 1.8108 kapal/jam dan rata jumlah kapal tanker *back loading* 35000-65000 dwt yang menunggu dalam sistem antrian untuk diberi pelayanan di dermaga I dan II sebanyak 3501.4410 kapal/jam.

SARAN

Data pada penelitian ini dikembangkan dengan memberikan 2 fasilitas pelayanan dermaga untuk bongkar muat kapal tanker di TBBM Wayame Ambon, sehingga pada penelitian-penelitian berikutnya diharapkan mampu mengembangkan dengan menambah fasilitas pelayanan berupa dermaga serta melibatkan parameter-parameter tambahan lainnya seperti biaya layanan pada model antrian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aal, M. M. M., 2020. Survey-Based Calibration of a Parking Entry as a Single-Server Mathematical Queuing Model: A Case Study. *Alexandria Engineering Journal*, 59(2), pp. 829-838.
- Aditya, K. P., 2016. Analisis Kinerja Pelayanan Bongkar Muat pada Terminal Jamrud Berdasarkan Model Sistem Antrian (Studi Kasus pada Terminal Jamrud PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) Cabang Tanjung perak). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB Universitas Brawijaya*, pp. 1-11.
- Ahmad, A. & Mashuri, M., 2016. Analisis Sistem Antrian Kapal Pengangkut Barang di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Sains dan Seni ITS*, 5(1), pp. 96-102.
- B.J, C. & Juan.P, M., 2017. Model Simulasi untuk Menganalisis Kinerja Sistem Antrian Kapal Tanker pada Dermaga PT. Pertamina TBBM Wayame Ambon. *ARIKA*, Pebruari, 11(1), pp. 21 - 34.
- Djamal, N. & Maulana, H. E., 2018. Analisis Antrian Kapal di Dermaga 5 Pelabuhan Banten. *INTECH*, pp. 33-37.
- Harahap, S. A. R., Ujian, S. & Ariswoyo, S., 2014. Analisis Sistem Antrian Pelayanan Nasabah di PT. Bank Negara Indonesia (PERSERO) Tbk. Kantor Cabang UtamaUsu. *Saintia Matematika*, 02(03), p. 277-287.
- Husnan, S., 1982. *Teori Antrian*. Yogyakarta: BPFE.
- Ilhamsyah, F., Sutanto, H. T. & Puji, A. Y., 2017. Analisis Sistem Antrian pada Loading Dock Bongkar Barang di PT Kamadja Logistics Gudang K-66 Contract Logistics Nestle. *Math Unesa Jurnal Ilmiah Matematika*, 2(6), pp. 20-26.
- Istopo, 1999. *Kapal dan Muatannya*. Jakarta: Koperasi Karyawan BP3IP.
- Jimenez, P. C. & Montoya, Y. R., 2017. queueing : A Package For Analysis of Queueing Networks and Models in R. *The R Journal*, 9(2), pp. 116-126.
- Khabibah, R., Sutanto, H. T. & Astuti, Y. P., 2013. Sistem Antrian Pelayanan Bongkar Muat Kapal di Terminal Berlian Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Math Unesa*, pp. 1-6.
- Liu, Z. & Yu, S., 2016. The M/M/C Queueing System in a Random Environment. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 1 April, 436(1), pp. 556-567.
- Nurfitriya, D., Nur'Eni & Utami, I., 2017. Analisis Antrian dengan Model Single Channel Single Phase Service pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) I Gusti Ngurahrai Palu. *Jurnal Scientific Pinis*, April, 3(1), pp. 65-71.
- Nusmesse, P., Rahawarin, A. & D.B, P., 2016. Usulan Penentuan Rute Dalam Pendistribusian BBM Bersubsidi (Premium) Pada PT. Pertamina TBBM Wayame Ambon Ke SPBU di Pulau Ambon Dengan Pendekatan Vehicle Routing Problem. *ARIKA*, Pebruari, 10(1), pp. 1-14.
- Perdana, F. A., Pujiraharjo, A. & Wijatmiko, I., 2017. Karakteristik Antrian Kapal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Waktu Tunggu Kapal (Waiting Time) di Pelabuhan Tanjung Perak. *Rekayasa Sipil*, 11(3), pp. 166-177.
- Retnaningsih, Mumpuni, S. & Irhamah, 2011. *Riset Operasi*. Surabaya: ITS PRESS.
- Salaki, D. T., 2012. Deskripsi Sistem Antrian pada Klinik Dokter Spesialis Penyakit Dalam. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(1), pp. 72-76.
- Subagyo, P. D., 2000. *Dasar-dasar Operation Research*. Yogyakarta: BPFE.
- Sunarya, R., Aritonang, M. & Helmi, 2015. Analisis Penerapan Sistem Antrian Model M/M/S pada PT. Bank Negara Indonesia (PERSERO) Tbk. Kantor Cabang Pontianak (Studi kasus pada BNI Sultan Abdurrahman). *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 04(2), pp. 111-118.
- Titarsole, J. & Camerling, B. J., 2017. Analisis Sistem Antrian pada Area Parkir Mobil Tangki ke Filling Shed dengan Menggunakan Promodel (Studi Kasus di PT Pertamina Terminal BBM Wayame Ambon). *ARIKA*, Pebruari, 11(1), pp. 67 -82.
- Tutuarima, D. & Paillin, D. B., 2016. Analisis Kinerja Sistem Antrian pada Dermaga Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon. *ARIKA*, Pebruari, 10(1), pp. 15-30.