

Strategi Optimal Peningkatkan Efisiensi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Makassar dengan Menggunakan *Discrete-Event Simulation*

The Optimal Strategies for Improving Efficiency at Fuel Oil Terminal Of Makassar Using Discrete-Event Simulation

Erfien Purwanto^{1,*}, Luky Adrianto², Sri Rahardjo³

^{1,3}Sekolah Bisnis Institut Pertanian Bogor

²Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Jl. Raya Pajajaran No. 35, Bogor 16151 - Indonesia.

E-mail : *erwienpurwanto@yahoo.com

Diterima : 3 Desember 2016, revisi 1: 5 Desember 2016, revisi 2: 4 Maret 2017, disetujui: 19 Mei 2017

Abstract

Port terminal has an essential role in the accuracy and speed of distribution of a load of freight, including for the loading and unloading of cargo fuel and LPG in TBBM Makassar. The real conditions in the port terminal experience delays and queuing services which will have an impact on the potential addition of demurrage costs, and therefore requires a strategy to reduce the risk of queues as well as economic consequences, especially for the management of port terminals. This study has the purpose of providing the optimum recommended strategy to improve the efficiency of TBBM Makassar. The port time-integrated activity data will be used to replicate the activity of vessels in TBBM Makassar by using discrete simulation method, then evaluated, and scenario building is made with consideration of improvements that have been determined. Based on simulation using software Arena 14.0, a result of the conditions is obtained, where BOR at Jetty I calculation is 72%, and Jetty II is 77%, with demurrage per year is US\$ 5,740,866.00, of which these conditions have exceeded the limits of the ideal conditions. Based on the analysis of simulation optimum scenarios, the second scenario provides an optimum result that can suppress conditions of BOR at jetty calculation by 51% and Jetty II by 62% and can minimize the total of demurrage to US\$ 2,311,669.00 or a decrease by 59.7% from the initial condition.

Keywords: Efficiency, port simulation, discrete-event simulation, berthing occupancy ratio, demurrage.

Abstrak

Terminal pelabuhan memiliki peranan penting dalam ketepatan dan kecepatan waktu pendistribusian muatan, termasuk kegiatan bongkar dan muat *cargo* BBM dan elpiji di TBBM Makassar. Kondisi saat ini di terminal pelabuhan mengalami keterlambatan pelayanan dan antrian kapal yang akan berdampak pada potensi penambahan biaya *demurrage*, oleh sebab itu dibutuhkan strategi untuk mengurangi resiko antrian serta konsekuensi ekonomi terutama bagi pengelola terminal pelabuhan. Pada penelitian ini memiliki tujuan untuk memberikan rekomendasi strategi yang optimal untuk meningkatkan efisiensi TBBM Makassar. Berdasarkan data-data aktivitas *integrated port time* digunakan untuk meniru pola aktivitas kapal di TBBM Makassar dengan menggunakan metode simulasi diskrit, kemudian dievaluasi dan dibuat skenario perbaikan dengan pertimbangan yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil simulasi yang dijalankan dengan menggunakan *software* Arena 14.0 diperoleh hasil untuk kondisi eksisting di TBBM Makassar, dimana *Berth Occupancy Ratio* untuk Jetty I sebesar 72% dan Jetty II sebesar 77% dengan *demurrage* per tahun sebesar US\$ 5,740,866.00, kondisi ini telah melebihi dari batas ideal. Berdasarkan hasil analisa, skenario kedua memberikan hasil yang optimum sehingga dapat menekan BOR untuk Jetty I sebesar 51% dan Jetty II sebesar 62%, serta mengurangi beban *demurrage* menjadi sebesar US\$ 2,311,669.00 atau penurunan sebesar 59.7% dari kondisi awal.

Kata kunci: Efisiensi, simulasi pelabuhan, *discrete-event simulation*, *berthing occupancy ratio*, *demurrage*.

Pendahuluan

Energi merupakan salah satu elemen penunjang yang penting bagi perkembangan perekonomian suatu negara, khususnya di Indonesia. Pertumbuhan ekonomi yang dinamis menyebabkan adanya peningkatan kebutuhan energi, terkait kebutuhan bahan bakar minyak dan gas yang cukup besar. Untuk mampu memenuhi kebutuhan energi diperlukan juga aktivitas pendistribusian yang efektif dan efisien.

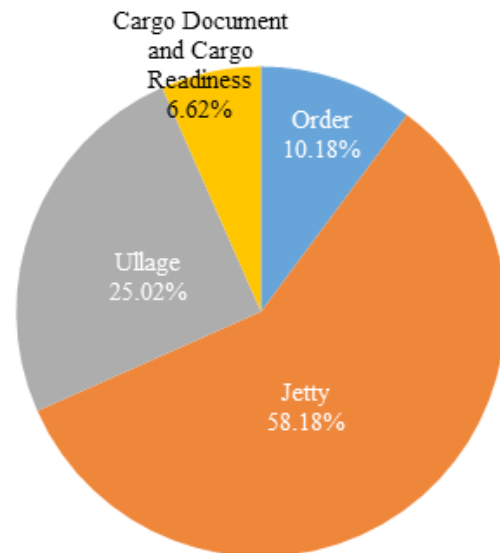
Rujukan [1] menyebutkan bahwa 85% dari kebutuhan minyak dan gas (migas) nasional harus diangkut dengan kapal tanker dan hal tersebut berarti akan mempengaruhi biaya pengadaan migas. Penggunaan kapal pada kegiatan distribusi akan berkaitan dengan fungsi pelabuhan yang memiliki peran dalam kelancaran penyandaran kapal di darat. Selain itu efisiensi dalam manajemen aktivitas pelabuhan juga akan mempengaruhi ketepatan dan kecepatan waktu pendistribusian.

Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Makassar merupakan salah satu terminal khusus milik Pertamina yang memiliki tingkat *occupancy* yang tinggi. *Jetty* yang dimiliki saat ini berjumlah 2 (dua) *jetty* yang disebut dengan *jetty* I dan *jetty* II. Masing-masing *jetty* memiliki kapasitas *Dead Weight Ton (DWT)* max. 18,000 MT dan max. 6,500 MT yang digunakan untuk kegiatan bongkar dan muat untuk *cargo* BBM dan elpiji. Selain itu *jetty* tersebut juga digunakan untuk kegiatan *bunkering* dan merupakan pelabuhan yang beroperasi penuh 7 hari x 24 jam.

Berdasarkan data TBBM Makassar dapat digambarkan bahwa kebutuhan BBM untuk wilayah Makassar saat ini mencapai rata-rata 133,547 KL per bulan atau sekitar 4,943 KL setiap harinya (*Daily Objective Troughput*) dan untuk Elpiji adalah 13,862 MT atau sekitar 456 MT setiap hari. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut depot Makassar mendapatkan suplai utama dari *refinery* Balikpapan dan sebagian dengan melakukan impor dari Singapore/ Malaysia dengan menggunakan armada tanker tipe *General Purpose (GP)*.

Dalam operasionalnya kondisi pelayanan kapal yang telah direncanakan dibandingkan dengan kondisi pelayanan saat ini ditemukan ketidaksesuaian. Kedatangan kapal yang bersifat random atau acak

telah menyulitkan pembuatan perencanaan serta pengambilan keputusan manajerial. Hal ini secara langsung ikut mempengaruhi munculnya antrian kapal sebelum memasuki *jetty*. Antrian *jetty* akan dapat meningkatkan potensi inefisiensi perusahaan yang meliputi biaya penambahan biaya sewa kapal (*demurrage*) yang disebabkan kapal tidak dapat melaksanakan aktivitas sesuai perencanaan (Gambar 1).



Sumber: Hasil olahan, 2016

Gambar 1. Persentase penyebab antrian di *jetty* TBBM Makassar di tahun 2015

Dari kondisi yang ada rata-rata sekitar 45 *call* kapal per bulan dari berbagai tipe yang sandar di TBBM Makassar dan melakukan aktivitas bongkar muat, rata-rata *berthing occupancy ratio* sebesar 66 %, dimana batas ideal untuk *berthing occupancy ratio* suatu pelabuhan untuk dua *berth* adalah 60%, seperti [2].

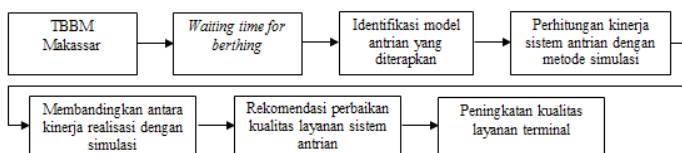
Melihat kondisi tersebut, untuk dapat mengurangi BOR serta mengatasi keterlambatan pelayanan dan antrian yang terjadi pada kondisi eksisting, dibutuhkan rekomendasi strategi yang optimal untuk meningkatkan efisiensi TBBM Makassar. Hal ini bisa didapatkan dengan menggunakan simulasi diskrit untuk diaplikasikan dengan mempertimbangkan adanya perubahan variabel-variabel pada pola kedatangan kapal dan pelayanannya. Metode simulasi diskrit dipilih karena simulasi ini dapat digunakan untuk sistem yang kompleks dan memiliki sifat-sifat stokastik yang sulit dibentuk dengan menggunakan model

matematis. Dalam penerapannya penelitian akan menggunakan beberapa skenario sesuai rencana investasi perusahaan.

Penelitian ini ditekankan pada bagaimana waktu *turnaround* kapal diukur, untuk menentukan proses operasi terminal yang memiliki dampak kepada keseluruhan *turnaround* kapal, untuk mengidentifikasi operasional yang saat ini dilakukan dan yang tidak dapat dikontrol oleh terminal, serta sehubungan dengan masih banyaknya tanker yang mengalami *anchorage* menunggu untuk sandar, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: 1). Bagaimana model simulasi antrian yang diterapkan pada TBBM Makassar saat ini? 2). Bagaimana merancang model simulasi antrian yang optimal untuk TBBM Makassar? Dari perumusan permasalahan, secara garis besar penelitian bertujuan untuk meningkatkan kualitas pelayanan sistem penyandaran tanker di TBBM Makassar, dengan jalan sebagai berikut: 1). Mengidentifikasi model simulasi antrian yang diterapkan TBBM Makassar saat ini. 2). Menganalisis model simulasi antrian yang seharusnya diterapkan TBBM Makassar yang dapat menghasilkan solusi yang optimal.

Metodologi

Dalam penelitian ini menggunakan kerangka pemikiran (Gambar 2).



Sumber: Hasil olahan, 2016

Gambar 2. Kerangka pemikiran

Gambar L3 (lampiran) merupakan kerangka metodologi penelitian strategi meningkatkan efisiensi di Pelabuhan TBBM Makassar.

Adapun penjelasan metodologi penelitian untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

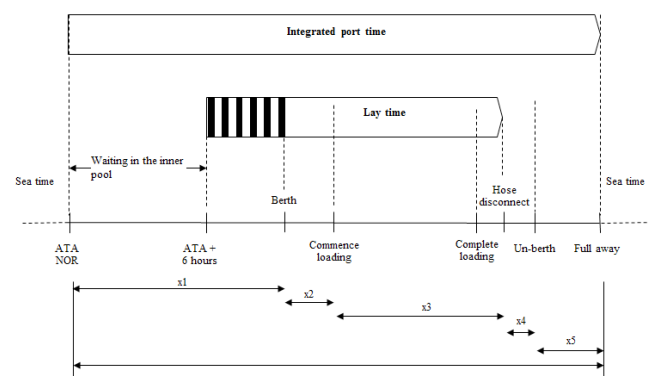
A. Tahap perumusan dan penentuan masalah, serta tujuan penelitian

Merupakan kegiatan identifikasi masalah yang didapat dari pengamatan secara tidak langsung terhadap kondisi permasalahan eksisting yang

terjadi di pihak terkait dalam hal ini adalah pengelolaan TBBM Makassar. Berdasarkan identifikasi tersebut kemudian akan dapat dirumuskan masalah, tujuan, dan manfaat dari penelitian.

B. Tahap pengumpulan dan pengolahan data

Pengumpulan data ini dilakukan pada seluruh kapal yang sandar di TBBM Makassar selama tahun 2015 dengan total sebanyak 459 *call* yang diperoleh dari Marine Region VII Makassar. Setiap jenis data dikumpulkan berdasarkan kapal yang masuk ke *jetty*, dimana data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data sekunder *integrated port time* yang merupakan total waktu labuh kapal menghabiskan waktu di pelabuhan dihitung sejak kapal menyampaikan ATA (*Actual Time Arrival*) atau NOR (*Notice of Readiness*) tender + 6 jam sampai dengan kapal ATD (*Actual Time Departure*) atau *full away*, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: TBBM Makassar, 2015

Gambar 4. Deskripsi aktivitas *Integrated Port Time*

Adapun aktivitas dalam *Integrated Port Time* dikelompokkan dalam variabel-variabel sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Variabel data

Variabel	Keterangan	Perhitungan	Satuan
x1	Waktu persiapan penyandaran	NOR tendered s.d. berthed	Jam
x2	Waktu persiapan loading / discharging	Berthed s.d. commence loading / discharging	Jam
x3	Waktu proses loading / discharging	Commence loading / discharging s.d. hose disconnected	Jam
x4	Waktu penyelesaian dokumen kargo dan kapal	Hose disconnected s.d. Unberth	Jam
x5	Waktu persiapan sailing / shifting	Unberth s.d. Actual Time Departure (ATD)	Jam

Sumber: Marine TBBM Makassar, 2015

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang dimiliki oleh TBBM Makassar. Setiap jenis data dikumpulkan berdasarkan kapal yang masuk ke *jetty*, dengan demikian data disajikan terpisah berdasarkan sarana tambat yang digunakan oleh kapal. Setelah data-data waktu setiap aktivitas kapal telah dikumpulkan, maka perlu ditentukan jenis distribusinya. Penentuan tersebut menggunakan *input analyzer* yang merupakan salah satu fasilitas yang tersedia dalam *software* Arena 14.0. Data yang telah diolah tersebut digunakan untuk dimasukkan ke dalam model simulasi.

C. Tahap simulasi kondisi eksisting

- Perancangan model simulasi
Membuat model konseptual yang nantinya akan diubah menjadi model simulasi pada *software* Arena 14.0 dengan modul-modul yang telah disediakan oleh *software* tersebut untuk mendeskripsikan aktifitas-aktifitas yang telah dibuatkan logikanya pada model konseptual.
- Verifikasi
Verifikasi model simulasi dapat dilakukan dengan memilih menu "*check model*" pada program Arena 14.0. Dari *dialog box* yang muncul maka bagian model dijalankan (*run*) sudah tidak terdapat *error* dan simulasi dapat dijalankan.
- Validasi
Setelah kedua model simulasi kondisi *existing* telah berhasil dijalankan, maka langkah selanjutnya adalah uji validasi model. Model simulasi dijalankan dengan durasi 30 hari dengan 12 replikasi untuk memperoleh variabilitas data dan kemudian kedatangan kapal yang diperoleh dari 12 kali replikasi simulasi dibandingkan dengan 12 data waktu sandar kapal dan waktu *demurrage* yang diperoleh dari pengamatan di sistem nyata.

Metode yang digunakan untuk pengujian validasi model pada penelitian ini adalah metode *Welch T-Interval*. Dimana memiliki hipotesa awal sebagai berikut:

- $H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0$
- $H_1 = \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
- Jumlah sampel pada masing-masing populasi (n_1) dan (n_2) tidak harus sama
- Variasi antar populasi 1 dengan populasi 2 tidak harus sama $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma$

Rumus pendekatan validasi :

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

- Perhitungan jumlah replikasi

Langkah awal penentuan jumlah replikasi dilakukan *running* sebanyak 10 kali terlebih dahulu untuk mendapatkan *error* dan standar deviasi, setelah itu berdasarkan perhitungan akan ditentukan kembali jumlah replikasi minimal yang harus dilakukan.

Rumus perhitungan jumlah replikasi:

$$\alpha = 1 - \text{confidence interval}$$

$$t_{n-1, \alpha/2} =$$

$$\text{halfwidth} = \frac{t_{n-1, \alpha/2} \times s}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Error terhadap mean} = \text{halfwidth} / \text{mean}$$

D. Tahap pengembangan simulasi skenario perbaikan

Pada tahap ini, dilakukan *running* simulasi model yang sebelumnya skenario perbaikannya telah ditentukan di awal. Selanjutnya akan dilakukan analisa terhadap *output* yang dihasilkan dari hasil simulasi model sehingga dapat diketahui apakah hasil simulasi tersebut memenuhi kebutuhan yang diinginkan atau tidak.

E. Tahap kesimpulan dan saran

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari penelitian ini yang berisi kesimpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan saran rekomendasi yang bisa diberikan kepada pihak terkait.

Analisis dan Pembahasan

A. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Hasil dari pengolahan data distribusi ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Distribusi data waktu aktivitas kapal di TBBM Makassar

Jetty 1			
No	Tipe Kapal	Variabel Data	Eksprei Distribusi
1	BL	x1	2 + ERLA(38.4, 1)
		x2	0.5 + ERLA(0.188, 4)
		x3	NORM(8.25, 2.49)
		x4	(-0.5 + GAMM(1.37, 2.28))
		x5	NORM(0.75, 0.433)
2	Small 1	x1	(-0.001 + LOGN(101, 638))
		x2	(-0.5 + LOGN(2.15, 1.64))
		x3	NORM(10, 4.95)
		x4	(-0.5 + LOGN(3.86, 3.2))
		x5	(-0.5 + LOGN(1.79, 0.957))
3	Small 2	x1	GAMM(46.6, 0.81)
		x2	LOGN(1.98, 2.44)
		x3	NORM(11.4, 6.54)
		x4	LOGN(3.09, 3.54)
		x5	ERLA(3.62, 1)
4	GP	x1	GAMM(39.1, 0.801)
		x2	(-0.001 + LOGN(3.47, 4.8))
		x3	2 + GAMM(11.5, 2.14)
		x4	LOGN(4.56, 3)
		x5	LOGN(1.37, 0.892)

Sumber: Hasil analisis, 2015

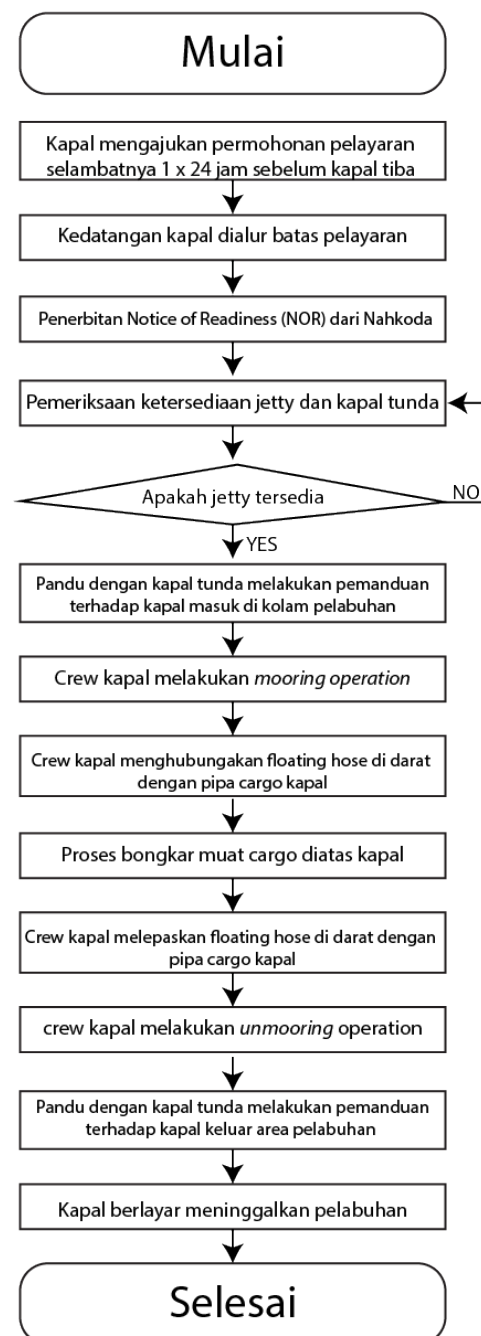
Jetty 2			
No	Tipe Kapal	Variabel Data	Eksprei Distribusi
1	BL	x1	ERLA(111, 1)
		x2	(-0.001 + LOGN(2.7, 7.58))
		x3	1 + LOGN(8.44, 5.82)
		x4	ERLA(3.47, 1)
		x5	ERLA(2.73, 1)
2	Small 1	x1	LOGN(104, 439)
		x2	LOGN(2.29, 3.5)
		x3	GAMM(4.91, 2.49)

		x4	ERLA(2.7, 2)
		x5	LOGN(1.11, 0.914)
3	Small 2	x1	GAMM(108, 0.821)
		x2	GAMM(1.57, 1.52)
		x3	NORM(11.4, 6.54)
		x4	ERLA(1.56, 3)
		x5	LOGN(1.37, 1.48)

Sumber: Hasil analisis, 2015

B. Perancangan Model Simulasi

Model konseptual dibuat sebelum perancangan model simulasi dengan *software* Arena 14.0 sebagai representasi dari sistem eksisting (Gambar 6).



Sumber: Hasil olahan, 2015

Gambar 6. Model konseptual

Tabel 3. Perbandingan kedatangan kapal hasil simulasi

Bulan Ke-	Jumlah Kapal	
	Eksisting	Simulasi
1	30	29
2	30	45
3	41	42
4	25	40
5	43	43
6	36	31
7	40	43
8	44	37
9	42	38
10	38	43
11	43	42
12	37	35
Sample Mean	37.42	39
Sample std. dev	6.126816	5.116817
Sample Variance	37.53788	26.18182

Sumber: Hasil analisis, 2015

C. Validasi Model

Tabel 3 menunjukkan perbandingan kedatangan kapal simulasi dengan kedatangan kapal yang terjadi di sistem nyata TBBM Makassar.

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$$df = 21.322 \sim 21$$

Didapatkan dari tabel nilai,

$$hw = 4.79212$$

Sehingga *confidence interval*-nya adalah :

$$\begin{aligned} [(x1-x2)-hw \leq \mu1-\mu2 \leq (x1-x2)+hw] \\ -6.375 \leq \mu1-\mu2 \leq 3.209 \end{aligned}$$

Nilai 0 berada pada rentang *confidence interval*, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil simulasi dengan kondisi *real system* sehingga model simulasi dapat dikatakan *valid*.

D. Perhitungan Jumlah Replikasi

Tabel 4 memperlihatkan perhitungan jumlah replikasi dengan metode *absolute* dengan nilai *error* yang akan ditanggung sebesar nilai *half width*-nya dan selang kepercayaan 95%.

Tabel 4. Hasil simulasi dengan replikasi awal sebanyak 10 kali

Replikasi	Jumlah Kapal
1	463
2	439
3	496
4	486
5	458
6	460
7	451
8	444
9	477
10	459
Mean	463.3
Std. deviation	18.08652046
Variance	327.1222222

Sumber: Hasil analisis, 2015

Dari hasil tersebut diatas, kemudian data diolah kembali sebagai berikut:

$N = 10$ (replikasi awal)

$n-1 = 9$

confidence interval = 95%

$\alpha = 1 - 95\% = 5\% = 0.05$

$$t_{n-1, \alpha/2} = 2,26216$$

$$\begin{aligned} half\ width &= \frac{t_{n-1, \alpha/2} \times s}{\sqrt{n}} \\ &= 12.938 \end{aligned}$$

Error terhadap mean = *half width* / *mean*.
= 2.8%

Nilai *error* yang diinginkan adalah 1% sehingga nilai *half width* yang baru adalah:

$$463,3 \times 1\% = 4.633, \beta = 4.63$$

$$n' = \left(\frac{z_{\alpha/2} s^1}{\beta} \right)^2 = 58.4 \approx 58$$

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan tersebut, agar hasil *output* dari simulasi yang akan dilakukan nantinya memiliki nilai *error* sebesar 1% dari hasil simulasi dengan kondisi sebenarnya, maka jumlah replikasi model yang dilakukan sebanyak 58 kali.

E. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting di TBBM Makassar, Tabel L1 (lampiran) menunjukkan data evaluasi yang berkaitan dengan jumlah kapal yang dilayani baik yang *demurrage* maupun *non-demurrage*, serta

data evaluasi yang berkaitan dengan *jetty* yaitu total *laytime*, *Berth Occupancy Ratio*, total *queue time waiting jetty*. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa jumlah kapal yang mengalami *demurrage* tergolong tinggi mencapai 365 unit. Hal ini memberikan dampak langsung terhadap tingginya *demurrage cost* yang dihasilkan. Pada hasil evaluasi tingkat penggunaan dermaga (BOR) didapatkan bahwa TBBM Makassar memiliki nilai BOR yang melebihi batas standar, standar BOR adalah 60%, yaitu sebesar 72% pada *jetty* I dan 77% pada *jetty* II.

F. Simulasi Skenario Perbaikan 1

Simulasi skenario pada penelitian ini adalah menambahkan satu *jetty* dengan kapasitas maksimal 6.500 DWT dari kondisi eksisting. Hasil simulasi skenario di TBBM Makassar menunjukkan data evaluasi yang berkaitan dengan kapal yaitu jumlah kapal yang dilayani baik yang *demurrage* maupun *non-demurrage*, serta data evaluasi yang berkaitan dengan *jetty*, yaitu total *laytime*, *Berth Occupancy Ratio*, total *queue time waiting jetty* (Tabel L2).

Dari tabel L2 (lampiran), BOR pada *jetty* I, *jetty* II, dan *jetty* III di TBBM Makassar sebesar 63%, 59% dan 31%. Selain itu, dari tabel tersebut menunjukkan nilai rata-rata *demurrage* yang harus dibayarkan pihak pengelola pelabuhan pada pemilik kapal yang bersandar di TBBM Makassar sebesar US\$ 4,874,706 per tahun.

G. Simulasi Skenario Perbaikan 2

Simulasi skenario pada penelitian ini adalah menambahkan satu *jetty* dengan kapasitas maksimal 6.500 DWT dari kondisi eksisting dan memberikan *assign* khusus untuk *jetty* 1 hanya untuk kapal tipe GP.

Hasil simulasi skenario di TBBM Makassar menunjukkan data evaluasi yang berkaitan dengan kapal, yaitu jumlah kapal yang dilayani baik yang *demurrage* maupun *non-demurrage*, serta data evaluasi yang berkaitan dengan *jetty*, yaitu total *laytime*, *Berth Occupancy Ratio*, total *queue time waiting jetty* (Tabel L3).

Dari tabel L3 (lampiran), BOR pada *jetty* I, *jetty* II dan *jetty* III di TBBM Makassar

sebesar 51%, 62% dan 35%. Selain itu, dari tabel tersebut menunjukkan nilai rata-rata *demurrage* yang harus dibayarkan pihak pengelola pelabuhan pada pemilik kapal yang bersandar di TBBM Makassar sebesar US\$ 2,311,669 per tahun.

H. Simulasi Skenario Perbaikan 3

Simulasi skenario pada penelitian ini adalah menambahkan satu *jetty* dengan kapasitas maksimal 6.500 DWT dari kondisi eksisting dan pada *jetty* I khusus untuk kapal tipe GP memiliki waktu proses ideal. Hasil simulasi skenario di TBBM Makassar menunjukkan data evaluasi yang berkaitan dengan kapal, yaitu jumlah kapal yang dilayani baik yang *demurrage* maupun *non-demurrage*, serta data evaluasi yang berkaitan dengan *jetty*, yaitu total *laytime*, *Berth Occupancy Ratio*, total *queue time waiting jetty* (Tabel L4).

Dari tabel L4 (lampiran), BOR pada *jetty* I, *jetty* II dan *jetty* III di TBBM Makassar sebesar 55%, 60% dan 32%. Selain itu, dari tabel tersebut menunjukkan nilai rata-rata *demurrage* yang harus dibayarkan pihak pengelola pelabuhan pada pemilik kapal yang bersandar di TBBM Makassar sebesar US\$ 2,382,945 per tahun.

I. Pembahasan Hasil Simulasi

Hasil simulasi kondisi eksisting maupun hasil simulasi perbaikan 1, 2, dan 3 menunjukkan rata-rata BOR setiap *jetty* dan rata-rata *demurrage* per tahun yang diinformasikan sesuai Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi hasil evaluasi data simulasi perbaikan

No	Perbandingan	BOR			Total <i>Demurrage Cost</i> (US\$)
		<i>Jetty</i> I	<i>Jetty</i> II	<i>Jetty</i> III	
1	Eksisting	72%	77%	-	5,740,866
2	Skenario perbaikan 1	63%	59%	31%	4,874,706
	Penurunan dari eksisting	9%	18%		866,160
	Prosentase penurunan	12.5%	23.4%		15.1%
3	Skenario perbaikan 2	51%	62%	35%	2,311,669
	Penurunan dari eksisting	21%	15%		3,429,197
	Prosentase penurunan	29.2%	19.5%		59.7%
4	Skenario perbaikan 3	55%	60%	32%	2,382,945
	Penurunan dari eksisting	17%	17%		3,357,921
	Prosentase penurunan	23.6%	22.1%		58.5%

Sumber: Hasil analisis, 2015

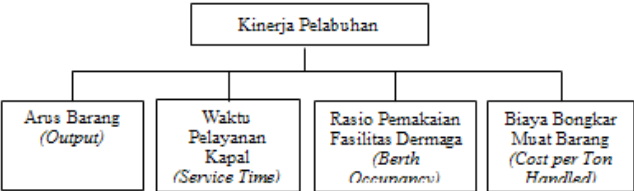
Dari Tabel 9 dapat dilihat dengan adanya skenario perbaikan dapat mengurangi BOR pada setiap *jetty* di TBBM Makassar dan juga mengurangi potensi *demurrage*. Rujukan

[3] menyampaikan bahwa perubahan dalam biaya efisiensi kapal dari setiap pengurangan waktu penyelesaian di pelabuhan dan waktu tunggu dalam melakukan akses ke pelabuhan adalah sangat penting untuk pemilik kapal atau penyewa dan di dalam banyak kasus juga bagi pengguna terminal. Apabila waktu penyelesaian kapal lebih cepat di pelabuhan, hal ini berarti akan mengurangi biaya sandar dan berarti akan lebih banyak *voyages* yang dapat dicapai dalam waktu yang ditentukan. *Waiting cost* karena padatnya pelabuhan akan mengurangi pendapatan bersih dari pemilik kapal dan pasti akan menaikkan biaya pengiriman bagi pengguna terminal.

Kinerja Pelabuhan

Pelabuhan dalam beberapa dekade terakhir telah menjadi bagian penting dalam aktivitas ekonomi khususnya logistik. Rujukan [4] berpendapat bahwa evolusi pengembangan-pengembangan pada fungsi pelabuhan mengarah pada perubahan pada tipe kargo yang diterima, aktivitas pelabuhan, serta berbagai tingkatan kepentingan yang terlibat dalam kepelabuhan. Rujukan [5] menyatakan bahwa pelabuhan adalah bagian dalam aktivitas bongkar-muat kapal. Lalu lintas pergerakan menuju pelabuhan merupakan fenomena yang kompleks dari sifat random (acak) pada waktu kedatangan dan waktu pelayanan kapal. Hal ini akan sangat mempengaruhi penilaian kinerja pelabuhan.

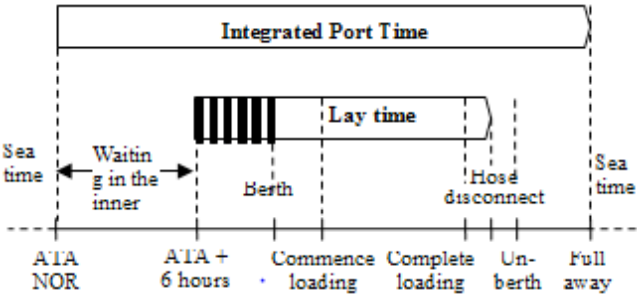
Rujukan [6] menyatakan terdapat empat indikator penting untuk mengukur tingkat efisiensi kegiatan operasional pelabuhan (Gambar 7).



Sumber: Lasse, 2012
Gambar 7. Indikator kinerja pelabuhan

Integrated Port Time

Dihitung sejak tanker menyampaikan ATA (*Actual Time Arrival*) dan NOR (*Notice of Readiness*) *Tender* + 6 jam sampai dengan tanker *un-berthed* dan *full away* (Gambar 8).



Sumber: Marine Terminal Bahan Bakar Minyak Makassar, 2015
Gambar 8. *Integrated port time*

Simulasi Kejadian Diskrit

Simulasi kejadian diskrit adalah simulasi yang membahas model suatu sistem yang selalu berkembang karena adanya representasi perubahan variabel-variabel pada kondisi dan waktu tertentu. Kondisi tertentu ini merupakan kejadian di mana suatu peristiwa terjadi dan kejadian didefinisikan sebagai kejadian atau peristiwa yang pada saat yang sama dapat mengubah kondisi suatu sistem. Dalam beberapa simulasi kejadian diskrit, *event* yang ada dalam model ini dipergunakan untuk tujuan pokok dalam penelitian perilaku sistem dan tidak untuk melakukan perubahan terhadap sistem, seperti [7].

Kesimpulan

Dari perhitungan metode simulasi diperoleh bahwa sistem yang ada saat ini (eksisting) perhitungan BOR *jetty* I adalah 72% dan *jetty* II adalah 77% dengan *demurrage* per tahun sebesar US\$ 5,740,866.00, dimana kondisi ini telah melebihi batas dari kondisi ideal. Dari hasil analisis dan pembahasan simulasi skenario perbaikan disimpulkan bahwa dengan penambahan *jetty* III kapasitas DWT 6,500 MT dapat meminimalkan jumlah *demurrage*, dimana dengan skenario 1 pada *jetty* I BOR berkurang menjadi sebesar 63%, pada *jetty* II BOR menjadi sebesar 59%, dan *jetty* III sebesar 31% dengan total *demurrage* per tahun sebesar US\$ 4,874,706.00 (turun 15.1%). Dengan skenario 2 pada *jetty* I terjadi pengurangan BOR menjadi sebesar 51%, sedangkan di *jetty* II BOR menjadi sebesar 62% dan *jetty* III sebesar 35% dengan total *demurrage* per tahun sebesar US\$ 2,331,669.00 (turun 59.7 %). Dan pada skenario 3 *jetty* I terjadi penurunan BOR menjadi sebesar 55%, *jetty* II BOR menjadi sebesar 60% dan *jetty*

III sebesar 32% dengan total *demurrage* per tahun sebesar US\$ 2,382.945,00 (turun 58.5 %).

Berdasarkan simulasi tersebut diatas penambahan *jetty* dengan kapasitas 6,500 MT (*jetty* III) dan dengan penggunaan skenario 2 akan dapat dicapai hasil yang paling efisien dengan penurunan *demurrage* sebesar 59.7 %.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, adalah sebagai berikut:

Skenario perbaikan yang sudah dibuat dalam penelitian ini diharapkan akan dapat diimplementasikan oleh perusahaan terkait, dengan mempertimbangkan faktor keekonomian dan keterbatasan yang ada untuk mengurangi potensi *demurrage*.

Pembuatan skenario simulasi dapat ditambahkan variabel pengerukan alur atau penambahan tanki darat untuk optimalisasi perhitungan.

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk mengatur penjadualan kedatangan kapal, sehingga dapat meminimalkan antrian kapal yang masuk serta memperkirakan *excess laytime* yang terjadi.

Ucapan Terima Kasih

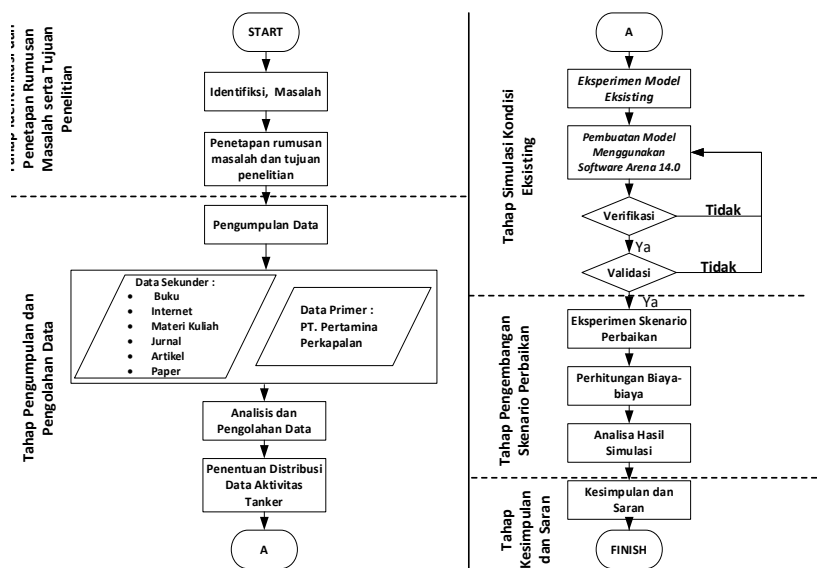
Penulis E.P. mengucapkan terima kasih kepada Bapak Harris Abdi Sembiring Meliala selaku Marine Manager Region VII Makassar - PT Pertamina (Persero) yang telah memberikan dukungan dalam hal pengumpulan data. Selain itu penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Luky Adrianto, MSc dan Dr. Ir. Sri Rahardjo, MPM, MBA, M.Phil, MM selaku komisi pembimbing yang telah memberikan bimbingan terhadap penulisan tesis dan jurnal.

Daftar Pustaka

- [1] I. Hasyim. *Siapa Bilang Indonesia Tak Butuh Tanker*. Investor Daily (2005).
- [2] C.D. Memos, G.P. Tsinker. *Port Engineering (Planning, Construction, Maintenance, and Security)*. USA. John Wiley & Sons, Corp (2004).
- [3] S.P. Strandenes. *Port Pricing Structures and Ship Efficiency*. J Network Economic (2004) 3(2).
- [4] S.H. Loh, V.V. Thai. *Managing Port-Related Supply Chain Disruption: A Conceptual Paper*. J The Asian Journal of Shipping and Logistic (2014) 30(1):97-116.

- [5] E.O. Oyatoye, S. Olanrewaju, J.O. Chinweze *Application of Queueing Theory to Port Congestion Problem in Nigeria*. J European Journal of Business and Management 3 (2011).
- [6] D.A. Lasse. *Manajemen Muatan Aktivitas Rantai Pasok di Area Pelabuhan*. Jakarta. Rajawali Pers (2012).
- [7] B.S.L. Djati. *Simulasi Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Penerbit Andi (2007).

Lampiran



Sumber: Hasil olahan, 2016

Gambar L1. Kerangka metodologi penelitian

Tabel L1. Hasil evaluasi data simulasi eksisting di TBBM Makassar

Replikasi	Jumlah Kapal			BOR (%)		Total Excess Time (Hours)		Total Demurrage Cost	Total Jetty Queue Time (Hours)
	Berthing-Unberthing	Demurrage (unit)	Non-Demurrage (unit)	Jetty I	Jetty II	Jetty I	Jetty II		
1	463	364	99	72%	73%	7354.9	16695	\$5,578,900	6280.4
2	439	344	95	70%	74%	6641	16447	\$5,311,300	6425.1
3	435	330	105	80%	87%	7633.5	19846	\$6,072,800	14453
4	486	387	99	71%	81%	7882	19096	\$6,017,900	8200
5	458	347	111	73%	72%	7485.6	15242	\$5,204,300	7066
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56	474	368	106	72%	80%	7528.4	19876	\$6,138,300	9063
57	461	369	92	71%	76%	7956.7	18622	\$5,891,700	6991
58	478	376	102	77%	82%	7819.9	17597	\$5,698,600	11530
Rata-rata	463	365	98	72%	77%	7398.9	18169	\$5,740,866	7951.32

Sumber: Hasil analisis, 2015

Tabel L2. Hasil simulasi skenario perbaikan 1 di TBBM Makassar

Replikasi	Jumlah Kapal			BOR (%)			Total Excess Time (Hours)			Total Demurrage Cost	Total Jetty Queue Time (Hours)
	Berthing-Unberthing	Demurrage (unit)	Non-Demurrage (unit)	Jetty I	Jetty II	Jetty III	Jetty I	Jetty II	Jetty III		
1	459	287	172	71%	53%	31%	5795.7	12686	0	\$4,698,606	7240
2	454	277	177	72%	58%	30%	6102	13795	0	\$5,224,006	8388
3	475	292	183	72%	58%	30%	6373	13686	0	\$5,287,906	10068
4	498	299	199	67%	58%	35%	5674	14682	0	\$4,933,706	5404
5	476	265	211	62%	58%	34%	5669	12967	0	\$4,797,006	3739
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56	408	243	165	55%	54%	26%	4480	12006	0	\$4,064,906	5206
57	490	292	198	61%	64%	34%	5172	14845	0	\$4,587,106	4128
58	464	265	199	58%	59%	32%	4908	13313	0	\$4,430,506	5158
Rata-rata	461	284	178	63%	59%	31%	5534.15	14069	0	\$4,874,706	5326.03

Sumber: Hasil analisis, 2015

Tabel L3. Hasil simulasi skenario perbaikan 2 di TBBM Makassar

Replikasi	Jumlah Kapal			BOR (%)			Total Excess Time (Hours)			Total Demur- rage Cost	Total Jetty Queue Time (Hours)
	<i>Berthing- Unberthing</i>	<i>Demurrage (unit)</i>	<i>Non- Demurrage (unit)</i>	<i>Jetty I</i>	<i>Jetty II</i>	<i>Jetty III</i>	<i>Jetty I</i>	<i>Jetty II</i>	<i>Jetty III</i>		
1	484	157	327	57%	62%	33%	0	15740	0	\$2,542,100	3464.4
2	453	155	298	51%	60%	32%	0	12528	0	\$1,989,800	3122
3	471	157	314	56%	61%	34%	0	13768	0	\$2,225,600	3079.1
4	479	165	314	50%	62%	37%	0	13266	0	\$2,119,700	3372
5	495	157	338	53%	69%	38%	0	14095	0	\$2,306,900	3164
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56	443	144	299	43%	60%	38%	0	12693	0	\$2,047,500	2021.5
57	484	169	315	53%	65%	38%	0	16433	0	\$2,615,500	3588.5
58	456	141	315	48%	61%	35%	0	12623	0	\$2,033,100	3165.1
Rata-rata	465	158	307	51%	62%	35%	0	14435	0	\$2,311,669	2965.42

Sumber: Hasil analisis, 2015

Tabel L4. Hasil simulasi skenario perbaikan 3 di TBBM Makassar

Replikasi	Jumlah Kapal			BOR (%)			Total Excess Time (Hours)			Total Demurrage Cost	Total Jetty Queue Time (Hours)
	<i>Berthing Unberthing</i>	<i>Demurrage (unit)</i>	<i>Non- Demurrage (unit)</i>	<i>Jetty I</i>	<i>Jetty II</i>	<i>Jetty III</i>	<i>Jetty I</i>	<i>Jetty II</i>	<i>Jetty III</i>		
1	474	158	316	57%	58%	32%	1107.6	13015	0	\$2,270,800	2696
2	453	161	292	59%	56%	30%	776.8	13147	0	\$2,261,000	4190.4
3	479	170	309	50%	65%	35%	780.57	13663	0	\$2,258,200	2479
4	518	187	331	62%	64%	37%	591.34	16181	0	\$2,730,300	4865.1
5	474	172	302	58%	58%	33%	770.24	15483	0	\$2,631,700	3314
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56	448	153	295	55%	55%	30%	739.37	13329	0	\$2,244,000	1989.4
57	475	160	315	61%	60%	33%	703.31	13629	0	\$2,306,300	3945
58	469	165	304	53%	60%	34%	593.15	14460	0	\$2,405,600	1866.8
Rata-rata	465	168	297	55%	60%	32%	799.21	14118	0	\$2,382,945	2750.36

Sumber: Hasil analisis, 2015

Halaman ini sengaja dikosongkan