



SIMULASI SISTEM PELAYANAN BONGKAR MUAT KAPAL UNTUK MENGURANGI WAITING TIME MENGGUNAKAN SOFTWARE ARENA

David Hizkia Wardana¹, Herlina²

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Nginden Semolo No. 45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

Email : davidhizkia@surel.untag-sby.ac.id¹, herlina@untag-sby.ac.id²

Abstract

PT Pelindo (Persero) branch of Tanjung Perak, the Jamrud Terminal division is a subsidiary of BUMN PT Pelabuhan Indonesia (Persero). This company has the duty to regulate and manage port business entities in the field of multipurpose terminal operations in Indonesia. In the process of loading and unloading services, problems are found, namely the length of the loading and unloading process which causes long waiting times. Ships waiting in line to get loading and unloading services can wait a maximum of about 138 hours, which can then get services for the loading and unloading process. There were long queues from 15 October to 21 October with 9-13 ships waiting to be served. The purpose of this research is to find out the average length of ship service time and to reduce ship waiting time. The intended target or scope is the North Jamrud and West Jamrud terminal divisions which are used for international loading and unloading. The method used to solve this problem is a discrete simulation method using the Arena software. Number out results were obtained from the Arena software simulation in the initial scenario of 39 ships. Several repair scenarios were carried out and the best repair scenario was obtained, namely the 3rd repair by adding 3 servers and obtaining a number out of 40 ships.

Keywords : Simulation, Port, Arena, Loading and Unloading

ABSTRAK

PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud merupakan anak perusahaan dari BUMN PT Pelabuhan Indonesia (Persero). Perusahaan ini mempunyai tugas untuk mengatur dan mengelola entitas bisnis kepelabuhan dalam bidang operasi terminal *multipurpose* di Indonesia. Dalam proses pelayanan bongkar muat kapal didapatkan permasalahan yaitu lamanya proses bongkar muat kapal yang menyebabkan waktu tunggu (*waiting time*) yang lama. Kapal yang menunggu antrian untuk mendapatkan pelayanan bongkar muat bisa menunggu paling lama sekitar 138 jam yang kemudian bisa mendapatkan pelayanan untuk proses bongkar muat kapal. Terdapat antrian yang panjang dari tanggal 15 Oktober sampai dengan 21 Oktober dengan kapal yang menunggu antrian untuk dilayani sebanyak 9 - 13 kapal. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui lama waktu rata-rata pelayanan kapal serta untuk mengurangi waktu tunggu (*waiting time*) kapal. Sasaran atau ruang lingkup yang dituju yaitu di divisi terminal jamrud utara dan jamrud barat yang digunakan untuk bongkar muat internasional. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini yaitu metode simulasi diskrit dengan menggunakan *software* Arena. Didapatkan hasil *number out* dari simulasi *software* Arena pada skenario awal sebesar 39 kapal. Dilakukan beberapa skenario perbaikan dan

didapatkan skenario perbaikan yang terbaik yaitu perbaikan ke-3 dengan menambahkan 3 server serta didapatkan *number out* sebesar 40 kapal.

Kata Kunci : Simulasi, Pelabuhan, Arena, Bongkar Muat

PENDAHULUAN

PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud berlokasi di JL Tanjung Perak Timur, no.610, Pelabuhan Tanjung Perak, Perak Utara, Kec. Pabean Cantikan, Kota Surabaya, Jawa Timur dan merupakan anak perusahaan dari BUMN PT Pelabuhan Indonesia (Persero). Perusahaan ini mempunyai tugas untuk mengatur (mengelola) entitas bisnis kepelabuhan dalam bidang operasi terminal *multipurpose* di Indonesia, antara lain seperti kargo umum, curah cair, curah kering dan lain-lain.

Banyaknya aktivitas pelayanan yang dilakukan oleh PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud mengakibatkan proses antrian kapal yang cukup lama dan membuat kapal harus menunggu terlebih dahulu untuk mendapatkan pelayanan kapal. Biasanya untuk proses pelayanan kapal dalam bongkar muat (*cargo*) dapat diselesaikan selama 1-3 hari, jika terjadi kendala seperti cuaca yang tidak mendukung dan jumlah tonase untuk bongkar atau muat yang banyak, maka pelayanan kapal dapat diselesaikan selama 3-5 hari bahkan bisa juga lebih dari 5 hari.

Jumlah kapal yang dilayani oleh PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud pada bulan Oktober 2022. Dengan jumlah masing-masing kapal yang dilayani dituliskan pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Jumlah kapal yang dilayani pada bulan Oktober 2022

No	Tanggal	Jumlah Kapal yang sedang dilayani di Jamrud Utara	Jumlah Kapal yang sedang dilayani di Jamrud Barat	Antrian Kapal
1	1 Oktober 2022	3	1	2
2	2 Oktober 2022	3	1	3
3	3 Oktober 2022	3	1	1
4	4 Oktober 2022	3	1	1
5	5 Oktober 2022	3	1	2
6	6 Oktober 2022	3	1	2
7	7 Oktober 2022	1	0	4
8	8 Oktober 2022	1	1	4
9	9 Oktober 2022	3	1	1
10	10 Oktober 2022	4	1	0
11	11 Oktober 2022	3	1	2
12	12 Oktober 2022	2	1	3
13	13 Oktober 2022	2	0	1
14	14 Oktober 2022	3	0	5
15	15 Oktober 2022	3	1	9
16	16 Oktober 2022	3	1	11
17	17 Oktober 2022	3	1	9
18	18 Oktober 2022	3	1	11
19	19 Oktober 2022	4	1	13
20	20 Oktober 2022	4	1	10

21	21 Oktober 2022	4	1	9
22	22 Oktober 2022	4	1	5
23	23 Oktober 2022	4	1	4
24	24 Oktober 2022	4	1	3
25	25 Oktober 2022	4	1	3
26	26 Oktober 2022	4	1	1
27	27 Oktober 2022	4	1	1
28	28 Oktober 2022	4	1	0
29	29 Oktober 2022	4	1	0
30	30 Oktober 2022	3	1	0
31	31 Oktober 2022	1	0	1

Pada tabel 1.1 terdapat beberapa antrian pelayanan kapal yang cukup banyak, yaitu terjadi pada tanggal 15 Oktober sampai dengan 21 Oktober dengan kapal yang menunggu antrian untuk dilayani sebanyak 9 - 13 kapal. Dengan banyaknya antrian kapal tersebut akan menyebabkan proses antrian yang panjang atau terjadi penumpukan antrian. Dalam proses antrian pelayanan kapal tersebut, ada kapal yang menunggu paling lama sekitar 3 - 5 hari untuk mendapatkan giliran dalam proses bongkar muat atau pelayanan kapal. Antrian tersebut terjadi dikarenakan tingkat kedatangan yang mendadak meningkat serta kurangnya kemampuan dalam melayani antrian tersebut atau bisa dibilang tingkat kedatangan lebih besar dibandingkan dengan kemampuan untuk melayani pada waktu tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rata - rata waktu pelayanan kapal serta untuk mengetahui bagaimana cara agar dapat mengurangi waktu tunggu (*waiting time*) kapal. Metode yang digunakan adalah dengan pendekatan simulasi diskrit dengan menggunakan *software* Arena.

STUDI KEPUSTAKAAN

Sistem

Menurut Asmungi (2004) sistem adalah sebuah kumpulan komponen atau elemen yang berinteraksi satu dengan yang lainnya dalam rangka mencapai tujuan tertentu dan terjadi dalam lingkungan yang kompleks. Sistem bisa diartikan juga sebagai elemen-elemen yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi dalam melakukan kegiatan bersama untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Teori Antrian

Antrian adalah suatu garis tunggu dari entitas yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Sistem antrian merupakan himpunan dari pelayanan, entitas, suatu aturan yang mengatur kedatangan entitas tersebut dan proses pelayanannya. Pada hakikatnya, persoalan antrian adalah sekitar pendistribusian sumberdaya kepada para pelanggan (entitas) yang menginginkan mendapatkan layanan atau juga disebut dengan *resource sharing*.

Disiplin Antrian

Disiplin antrian adalah aturan untuk para entitas (pelanggan) yang akan dilayani atau *service discipline* yang memuat *order* (urutan). Aturan pelayanan menurut urutan kedatangan antara lain sebagai berikut:

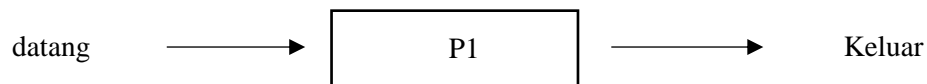
- a. FIFO (Pertama Masuk Pertama Keluar)
FIFO (*First In First Out*) atau biasa disebut sebagai FCFS (*First Come First Served*) merupakan suatu aturan yang akan dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang pertama kali datang lebih awal.
- b. LIFO (Terakhir Masuk Pertama Keluar)
LIFO (*Last In First Out*) atau biasa disebut sebagai LCFS (*Last Come First Served*) merupakan antrian yang datang paling akhir itu yang akan pertama kali dilayani.
- c. SIRO (Pelayanan dalam Urutan Acak)
SIRO (*Service In Random Order*) atau biasa disebut RSS (*Random Selection For Service*) merupakan pelayanan dilakukan secara acak.
- d. PRI (Pelayanan berdasarkan Prioritas)
Pelayanan ini didasarkan prioritas yang khusus.

Model - model Antrian

Ada beberapa model sistem antrian, antara lain sebagai berikut:

1. *Single Channel - Single Phase* (M/M/1)

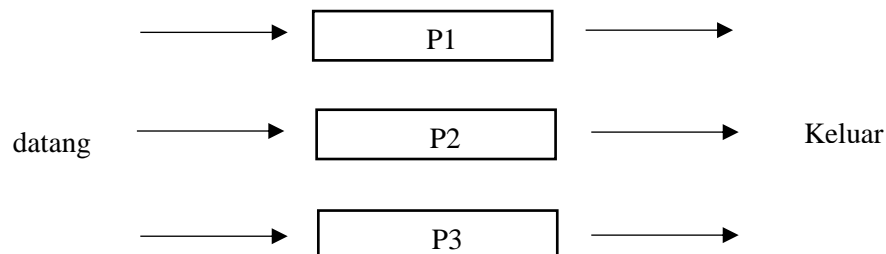
Model ini hanya memiliki satu jalur untuk memasuki sistem dan hanya ada satu stasiun pelayanan.



Gambar 2. 1 *Single channel - single phase*

2. *Multichannel - Single Phase* (M/M/S)

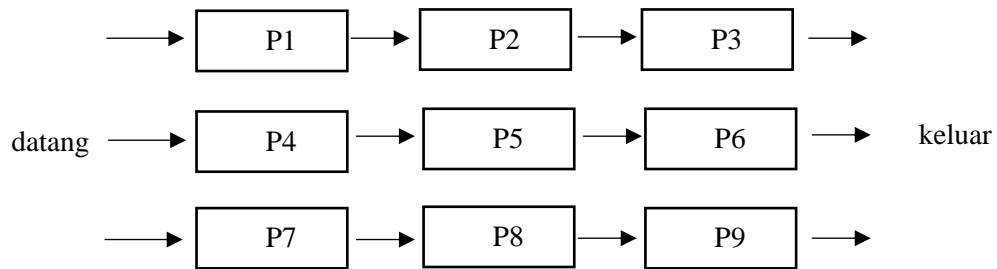
Model ini memiliki lebih dari satu jalur untuk memasuki sistem, namun hanya ada satu stasiun pelayanan.



Gambar 2. 2 *Multichannel - single phase*

3. *Multichannel – Multiphase (M/D/S)*

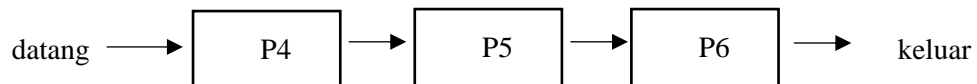
Model ini memiliki lebih dari satu jalur untuk memasuki sistem dan memiliki lebih dari satu stasiun pelayanan.



Gambar 2. 3 *Multichannel - Multiphase*

4. *Single Channel – Multiphase (M/D/1)*

Model ini hanya memiliki satu jalur untuk memasuki sistem, tetapi ada lebih dari satu stasiun pelayanan yang berurutan



Gambar 2. 4 *Single channel - multiphase*

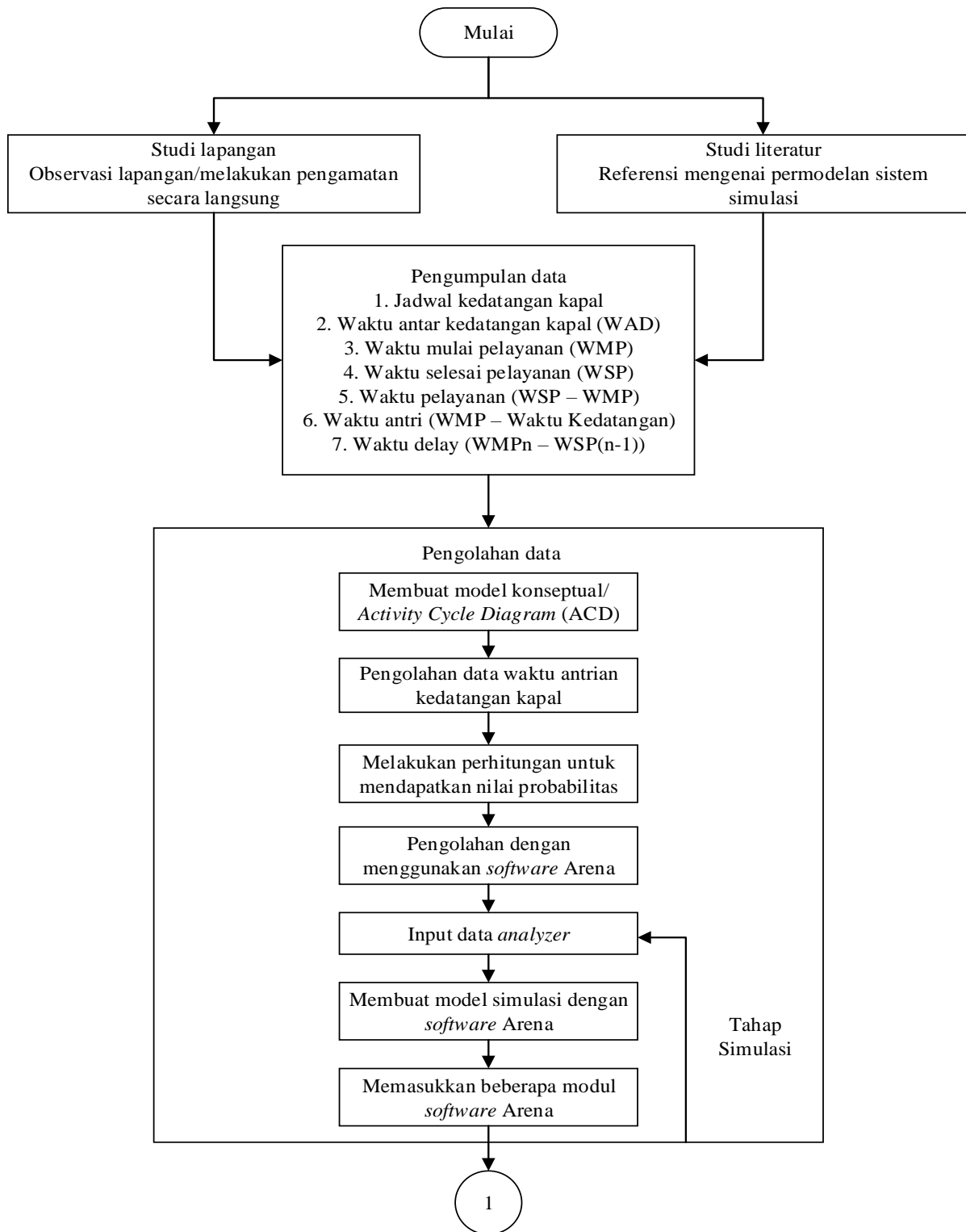
Simulasi

Simulasi merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang luas untuk meniru perilaku sistem nyata yang biasanya dengan menggunakan perangkat lunak (Kelton, 2015). Simulasi banyak digunakan dan berlaku di berbagai bidang antara lain bidang industri, aplikasi dan lain - lain. Menurut Asmungi (2004) simulasi merupakan salah satu metoda untuk menyelesaikan persoalan. Simulasi juga bisa diartikan sebagai sebuah usaha untuk menyalin fitur, tampilan, dan karakteristik sebuah sistem nyata. Jadi simulasi merupakan upaya menirukan atau tiruan dari suatu sistem nyata (*real system*) yang menjadi objek kajian dalam rangka mencari jawaban atau persoalan sistem tersebut.

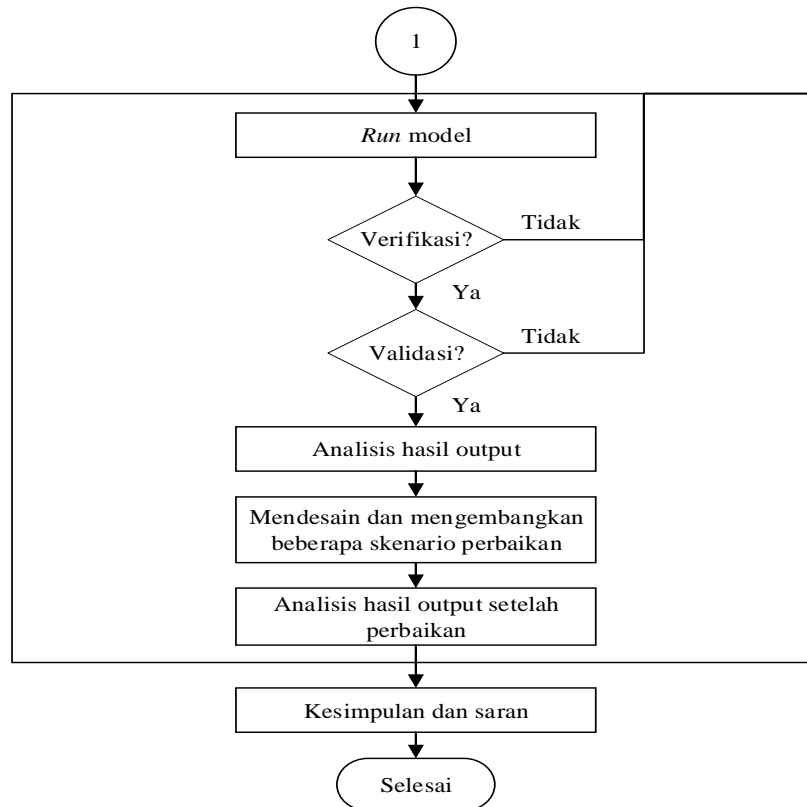
Software Arena

Program Arena adalah sebuah *program* atau *software* simulasi yang diterbitkan oleh sistem *modelling corp*. *Software arena* ini berbasis pada orientasi objek, *Arena* menyediakan alternatif dan template yang dapat dipertukarkan dari model simulasi grafik dan model simulasi analisis yang dikombinasikan untuk menciptakan model simulasi yang bervariasi dan cukup luas. *Software Arena* ini memiliki sistem *drag drop*, memiliki kemampuan animasi 2 dimensi dan juga memiliki tingkat kompatibilitas yang baik. *Arena* di spesialisasikan untuk menyelesaikan masalah simulasi sistem diskrit dan mempunyai kelebihan yaitu memiliki kemampuan pengolahan data statistik, walaupun tidak begitu lengkap.

METODE PENELITIAN



Gambar 3. 1 Flowchart metode penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart metode penelitian (lanjutan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Terdapat 4 elemen - elemen sistem yaitu entitas (*entity*), aktivitas (*activity*), sumberdaya (*resource*), dan kontrol (*control*). Elemen - elemen tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Komponen sistem

<i>System</i>	<i>Entity</i>	<i>Activities</i>	<i>Resource</i>	<i>Control</i>	<i>Event</i>	<i>State of Variable</i>
PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud	Pegawai, operasional, security dan tkbm	Melakukan proses pelayanan bongkar muat kapal	Alat berat bongkar muat (HMC dan HPC) dan tenaga kerja	Peraturan dan kebijakan bongkar muat kapal	Pelayanan bongkar muat kapal	Jumlah server sibuk dan mengganggu
	Kapal	Melakukan proses tambatan atau sandar ke dermaga	Alat berat bongkar muat <i>shipe crane</i> dan tenaga kerja	Jadwal kedatangan kapal	Kedatangan dan keluaran kapal	Jumlah kapal yang ada dalam sistem antrian

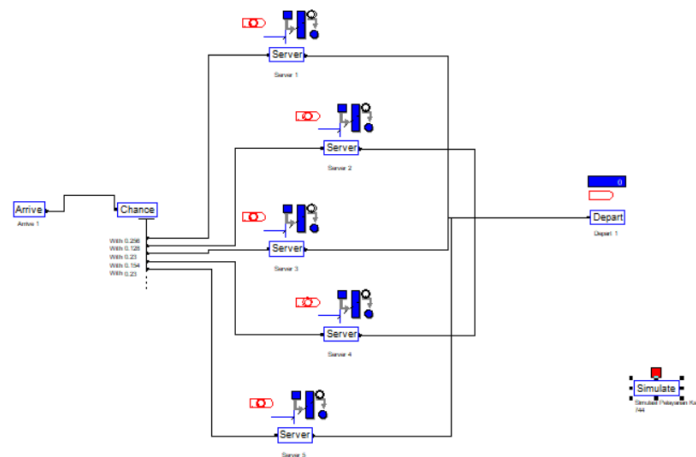
Dilakukan pengolahan data menggunakan *software* Arena, kemudian mencari pola distribusi untuk WAD, WP1, WP2, WP3, WP4, WP5 dengan menggunakan *input analyzer*, dan didapatkan pola distribusi sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Pola distribusi

No	Input data	Pola Distribusi
1	WAD	Berdistribusi <i>Gamma</i> dengan <i>expression</i> (21.9, 0.834).
2	WP1	Berdistribusi <i>Expo</i> dengan <i>expression</i> (15.6).
3	WP2	Berdistribusi <i>Expo</i> dengan <i>expression</i> (13.6).
4	WP3	Berdistribusi <i>Weibull</i> dengan <i>expression</i> (0.169, 0.186).
5	WP4	Berdistribusi <i>Lognormal</i> dengan <i>expression</i> (4.13, 16.4).
6	WP5	Berdistribusi <i>Expo</i> dengan <i>expression</i> (13.5).

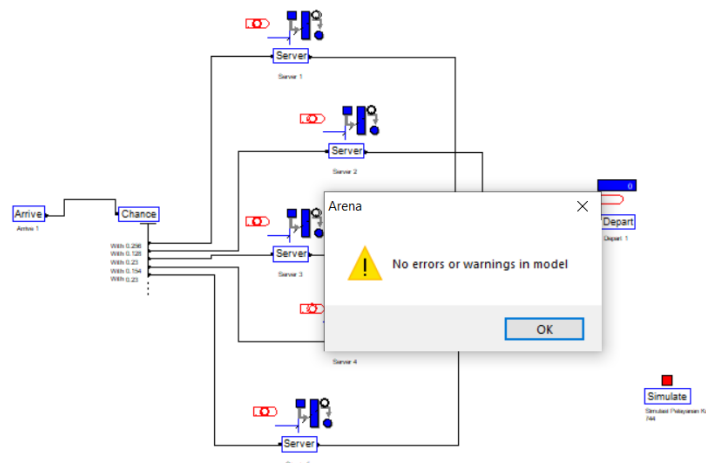
Membuat skenario simulasi sangat penting sebelum dilakukannya sebuah simulasi. Skenario perlu dilakukan untuk merencanakan bagaimana simulasi tersebut dapat berjalan. Skenario yang dibuat yaitu dengan menempatkan 4 server pelayanan pada jamrud utara dan 1 server pelayanan pada jamrud selatan.

Modul - modul *Software Arena* yang akan digunakan dalam pembuatan logika pemodelan pelayanan kapal antara lain : *Arrive*, *Chance*, *Server*, *Depart* dan *Simulate*. Logika pemodelan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Logika pemodelan pelayanan kapal

Dilakukan pengecekan model, apakah model yang dibuat mengalami *error* atau tidak yaitu dengan cara memilih *menu run* kemudian pilih *check model* (f4).



Gambar 4. 2 pengecekan model

Penentuan Jumlah Replikasi

Melakukan beberapa replikasi adalah setara dengan mengambil beberapa sampel dalam statistik. Dalam penelitian ini dilakukan pencarian replikasi untuk mendapatkan hasil yang diwakilkan atau *representative*.

Tabel 4. 3 Replikasi arena

Replikasi Ke-	Output Aktual	Output Simulasi
	Kapal Keluar	Number Out Kapal
1	39	45
2	39	34
3	39	38
4	39	43
5	39	28
6	39	40
7	39	39
8	39	42
9	39	29
10	39	37
Rata - rata	39	37,5
Standar Deviasi	0	5,681353516

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan rata - rata output simulasi (*number out*) sebesar 37.5 dengan standar deviasi sebesar 5,681. Penentuan validasi model dapat dilakukan dengan penentuan jumlah replikasi dan perhitungan nilai t_{hitung} .

Penentuan jumlah t_{hitung} dapat menggunakan rumus:

$$df = (n - k)$$

Diketahui: df = Derajat kebebasan

n = Jumlah populasi

k = Banyaknya proses

Perhitungan t_{hitung} sebagai berikut:

$$df = (39 - 8) = 31$$

Didapatkan nilai t_{hitung} sebesar 31 dengan taraf signifikansi sebesar 0,05 dan didapatkan nilai pada t_{tabel} sebesar 2,03951.

Perhitungan penentuan jumlah replikasi minimum didapatkan hasil sebagai berikut:

$$e = \frac{t\alpha}{2} n - 1 \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Diketahui: α = standar *error* = 0,05

n = Jumlah replikasi awal = 10

s = standar deviasi = 5,681

$$e = 2,03951 \times \frac{5,681}{\sqrt{10}}$$

$$e = 3,66$$

$$n = \left(\frac{z\alpha/2 s}{e} \right)^2$$

Diketahui: n = Jumlah replikasi

e = estimasi tingkat *error* parameter

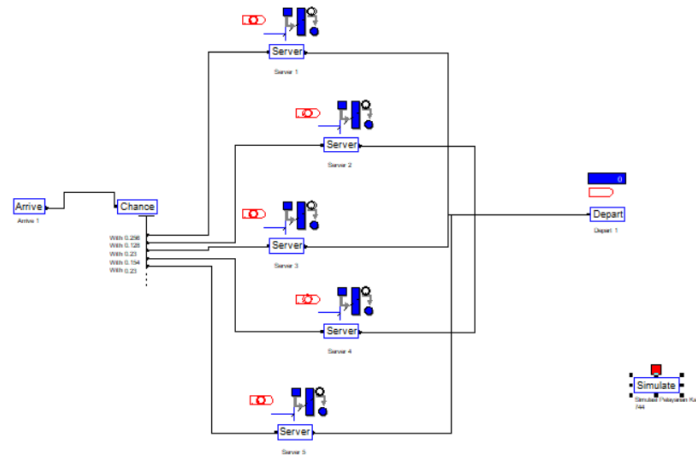
s = standar deviasi

$$n = \left(\frac{1,96 / 5,681}{3,66} \right)^2$$

$$n = 9,254 = 10$$

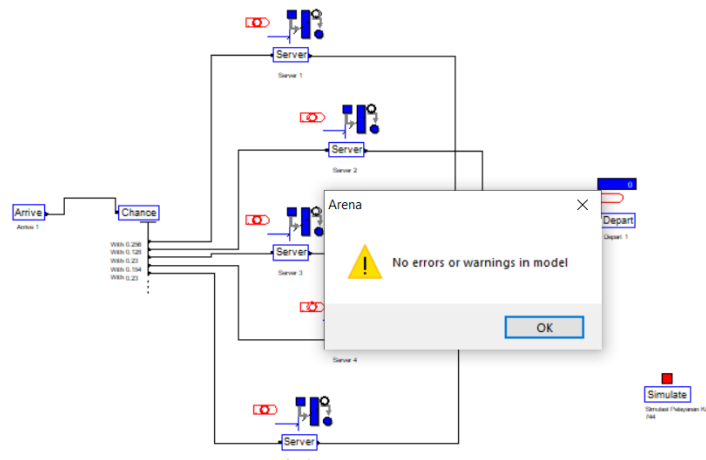
Didapatkan minimum replikasi yaitu sebesar 10 replikasi dengan tingkat *error* atau *half width* sebesar 3,66. Kemudian dilakukan replikasi sebesar 31 untuk meningkatkan nilai kepercayaan serta mengurangi tingkat *error* atau *half width*.

Membuat model simulasi dan memasukkan beberapa modul *software* Arena antara lain modul *Arrive*, modul *Chance*, modul *Server*, modul *Depart* dan modul *Simulate*. Model simulasi dapat dilihat pada gambar 4.3.



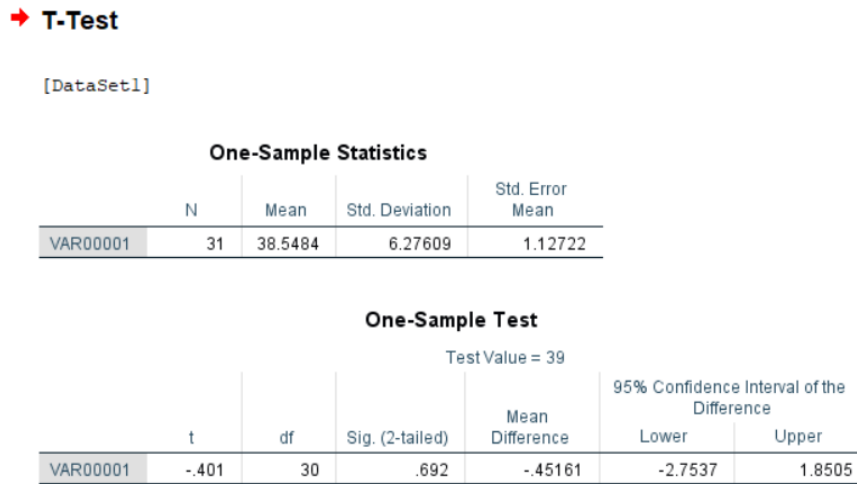
Gambar 4. 3 Model sistem keseluruhan

Dilakukan verifikasi model, apakah model yang dibuat mengalami *error* atau tidak yaitu dengan cara memilih *menu run* kemudian pilih *check model (f4)*.



Gambar 4. 4 Verifikasi model

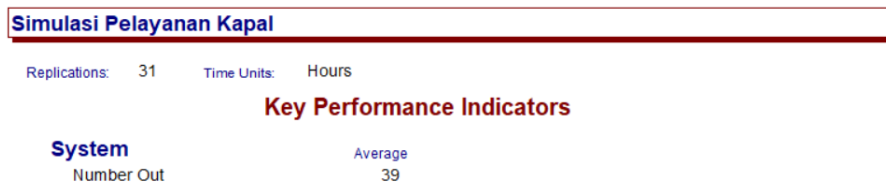
Setelah proses verifikasi selesai, selanjutnya adalah tahap validasi. Tahap validasi dilakukan dengan bantuan *software* SPSS dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Hasil uji validasi

Berdasarkan hasil pada gambar 4.22 didapatkan nilai sig.(2-tailed) (0,692) dengan sig.(1-tailed) (0,346) $\geq 0,05$ sehingga H_0 diterima dan tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara hasil output sistem nyata dengan hasil output simulasi.

Dari hasil *output* menggunakan *software* Arena didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Key performance indicators

Terdapat *number out* sebesar 39, yang artinya bahwa sistem pelayanan sistem antrian kapal ini mampu melayani 39 *entity* dalam satuan waktu.

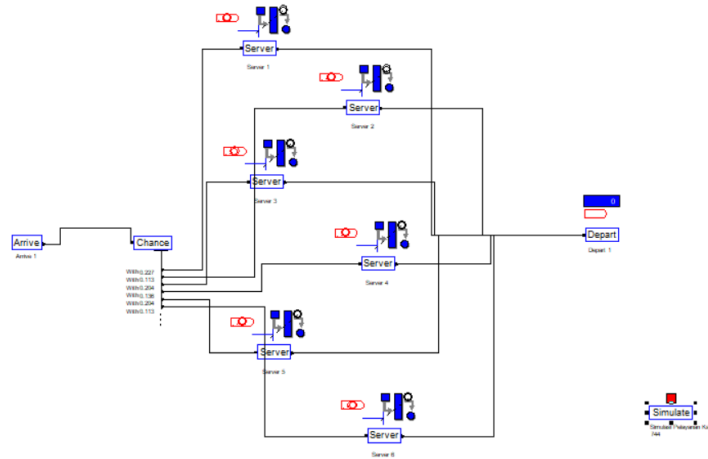
Tabel 4. 4 *Waiting time*

No	Output	Average	Max Average
1	Waiting time server 1	4,8007 jam	23,3718 jam
2	Waiting time server 2	1,1214 jam	8,1935 jam
3	Waiting time server 3	3,3051 jam	64,2713 jam
4	Waiting time server 4	0,3096 jam	6,2802 jam
5	Waiting time server 5	2,4047 jam	12,9824 jam

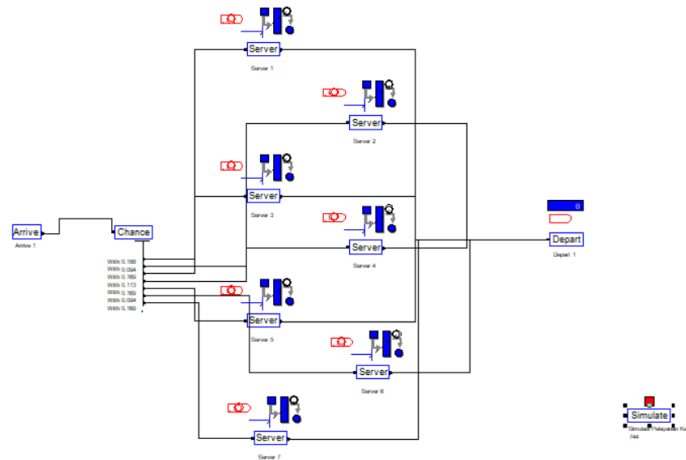
Skenario perbaikan yang dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Melakukan skenario perbaikan dengan menambahkan satu server untuk meningkatkan pelayanan. Membuat model perbaikan dengan *software* Arena yaitu menambahkan satu server ke dalam model skenario perbaikan.

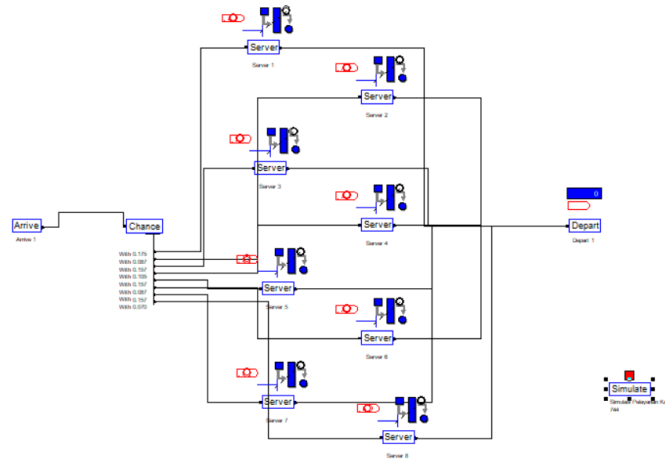
2. Melakukan skenario perbaikan dengan menambahkan dua server untuk meningkatkan pelayanan. Membuat model perbaikan dengan *software* Arena yaitu menambahkan dua server ke dalam model skenario perbaikan.
3. Melakukan skenario perbaikan dengan menambahkan tiga server untuk meningkatkan pelayanan. Membuat model perbaikan dengan *software* Arena yaitu menambahkan tiga server ke dalam model skenario perbaikan.



Gambar 4. 7 Skenario perbaikan penambahan server ke-6



Gambar 4. 8 Skenario perbaikan penambahan server ke-7



Gambar 4. 9 Skenario perbaikan penambahan server ke-8

Didapatkan hasil skenario awal, hasil setelah perbaikan penambahan server ke-6, penambahan server ke-7 dan penambahan server ke-8 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil rata - rata (*average*) menggunakan *software* Arena

	Skenario awal	Perbaikan ke-1	Perbaikan ke-2	Perbaikan ke-3
<i>Number out</i>	39	39	39	40
<i>Waiting time</i>				
Server 1	4,8007 jam	2,8636 jam	3,9376 jam	3,5495 jam
Server 2	1,1214 jam	1,0904 jam	0,9413 jam	0,8905 jam
Server 3	3,3051 jam	1,5986 jam	16,1241 jam	4,4112 jam
Server 4	0,3096 jam	0,1351 jam	0,0206 jam	0,1315 jam
Server 5	2,4047 jam	2,4427 jam	1,8899 jam	1,5763 jam
Server 6	-	0,0011 jam	0,00 jam	0,00 jam
Server 7	-	-	2,5636 jam	2,3345 jam
Server 8	-	-	-	0,00 jam

Tabel 4. 6 Hasil maksimal rata - rata (*max average*) menggunakan *software* Arena

	Skenario awal	Perbaikan ke-1	Perbaikan ke-2	Perbaikan ke-3
<i>Number out</i>	39	39	39	40
<i>Waiting time</i>				
Server 1	23,3718 jam	14,8298 jam	23,5032 jam	16,6184 jam
Server 2	8,1935 jam	10,5087 jam	24,3372 jam	7,4838 jam
Server 3	64,2713 jam	31,0657 jam	268,33 jam	57,2235 jam
Server 4	6,2802 jam	2,6733 jam	0,6386 jam	3,6706 jam
Server 5	12,9824 jam	14,6172 jam	17,0227 jam	10,5774 jam
Server 6	-	0,0362 jam	0,00 jam	0,00 jam
Server 7	-	-	24,3340 jam	51,0249 jam
Server 8	-	-	-	0,00 jam

Pembahasan

Dari hasil simulasi menggunakan *software* Arena pada sistem antrian pelayanan bongkar muat kapal di PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud, dengan dilakukannya beberapa perbaikan yaitu penambahan satu server, penambahan dua server dan penambahan tiga server. Didapatkan pembahasan sebagai berikut:

1. Didapatkan keluaran rata - rata sistem dapat melayani kapal (*number out*) pada skenario awal adalah 39 kapal, *number out* rata - rata pada perbaikan ke-1 adalah 39 kapal, *number out* rata - rata perbaikan ke-2 adalah 39 kapal, *number out* rata - rata perbaikan ke-3 adalah 40 kapal.
2. Dari beberapa hasil skenario perbaikan yang sudah dilakukan, didapatkan hasil skenario yang terbaik yaitu pada skenario perbaikan ke-3 dengan menambahkan 3 server.

KESIMPULAN

Hasil dari simulasi pada sistem antrian pelayanan bongkar muat kapal di PT Pelindo (Persero) cabang Tanjung Perak, divisi Terminal Jamrud adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil rata - rata waktu pelayanan pada server 1 sebesar 62,4 jam, pada server 2 sebesar 108,8 jam, pada server 3 sebesar 79,33 jam, pada server 4 sebesar 58,67 jam dan pada server 5 sebesar 60,11 jam.
2. Didapatkan hasil rata - rata waktu tunggu (*waiting time*) pada skenario awal pada server 1 sebesar 4,8007 jam, pada server 2 sebesar 1,1214 jam, pada server 3 sebesar 3,3051 jam, pada server 4 sebesar 0,3096 jam dan pada server 5 sebesar 2,4047 jam. Sedangkan hasil rata - rata waktu tunggu (*waiting time*) pada usulan perbaikan ke-3 pada server 1 sebesar 3,5495 jam, pada server 2 sebesar 0,8905 jam, pada server 3 sebesar 4,4112 jam, pada server 4 sebesar 0,1315 jam, pada server 5 sebesar 1,5763 jam, pada server 6 sebesar 0,00 jam, pada server 7 sebesar 2,3345 jam dan pada server 8 sebesar 0,00 jam. Dengan hasil *max* rata - rata waktu tunggu (*waiting time*) pada skenario awal pada server 1 sebesar 23,3718 jam, pada server 2 sebesar 8,1935 jam, pada server 3 sebesar 64,2713 jam, pada server 4 sebesar 6,2802 jam dan pada server 5 sebesar 12,9824 jam. Sedangkan hasil *max* rata - rata waktu tunggu (*waiting time*) pada usulan perbaikan ke-3 pada server 1 sebesar 16,6184 jam, pada server 2 sebesar 7,4838 jam, pada server 3 sebesar 57,2235 jam, pada server 4 sebesar 3,6706 jam, pada server 5 sebesar 10,5774 jam, pada server 6 sebesar 0,00 jam, pada server 7 sebesar 51,0249 jam dan pada server 8 sebesar 0,00 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmungi. (2007). *Simulasi Komputer Sistem Diskrit*. Yogyakarta: Andi.
- Budiharti, N. (2015). *Simulasi Sistem Industri*. Malang: CV. Dream Litera Buana.
- Devani, V. (2022). Optimalisasi Jumlah Fasilitas Pelayanan Provider dengan Menggunakan Metoda Multi Channel - Single Phase dan Simulasi Antrian. *ejournal.uin-suska.ac.id*, 218 - 226.
- Haerany, H. (2021). Efektivitas Dwelling Time di Terminal Petikemas . *Core.ac.uk*.

- Hawari, N. (2021). Analisis Proses Bongkar Muat Perusahaan Jasa Ekspedisi Dengan Pendekatan Simulasi Diskrit Untuk Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat Melalui Perbaikan Skenario. *repository.uisi.ac.id*.
- Kakiay, T. J. (2004). *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Andi.
- Kelton, W. D. (2010). *Simulation With Arena (Second Edition)*. Indian: McGraw Hill Education.
- Kelton, W. D. (2015). *Simulation With Arena (Sixth Edition)*. Indian: McGraw Hill Education.
- Khotimah, B. K. (2015). *Teori Simulasi dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi dan Terapan*. Bangkalan: CV. Wade Group.
- Laksana, W. B. (2021). Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Server Terhadap Pelanggan Percetakan XYZ Menggunakan Arena. *jurnal.umk.ac.id*, 80 - 86.
- Langgeng, H. B. (2022). Analisis Sistem Antrian Pelayanan Bongkar Muat Kapal Tongkang Batu Bara pada Mother Vessel untuk Meminimalisir Waktu Bongkar Muat pada PT. Handil Bhakti Persada. *www.trijurnal.trisakti.ac.id*, 133 - 143.
- Lasse, D. (2014). *Manajemen Kepelabuhan*. Surabaya: Raja Grafindo Persada.
- Marsudi, M. (2022). Kajian Operasional Terminal Peti Kemas Pelabuhan Laut Menggunakan Software Arena. *Uniska-bjm.ac.id*.
- Nasution, M. N. (2004). *Manajemen Transportasi (Edisi Kedua)*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Nugroho, S. (2020). Optimasi Alokasi Lapangan Penumpukan Petikemas Ekspor Pelabuhan: Studi Kasus Terminal Peti Kemas Banjarmasin. *Dephub.go.id*.
- Panggabean, R. (2016). *Politik Hukum Tata Kelola Kepelabuhan Nasional*. Jakarta: CV. Warta Bagja.
- Prabowo, R. (2016). *Simulasi Sistem Industri*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Rinaldy, A. (2022). Analisis Simulasi Antrian Penumpang di Check-in Counter Bandara Menggunakan Discrete Event Simulation. *journal.universitaspahlawan.ac.id*, 3449 - 3460.
- Rossetti, M. D. (2016). *Simulation Modeling and Arena (Second Edition)*. Fayetteville, AR 72701, United States: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Salo, L. A. (2021). Model Simulasi Perencanaan Pengiriman Bahan Baku Tepung Terigu Untuk Meningkatkan Service Level. *Ukitoraja.ac.id*.
- Subagyo, P. (2017). *Statistika Terapan*. Yogyakarta: CV. ANDI.
- Wakarmamu, C. R. (2020). Rekomendasi Skenario Bongkar Muat Peti Kemas Dengan Menggunakan Pendekatan Simulasi Pada PT.X. *jurnal.untan.ac.id*, 139 - 143.