



TESIS – BM5407

**PENINGKATAN KINERJA BONGKAR MUAT
NON-PETIKEMAS MELALUI EFISIENSI
WAKTU DI PELABUHAN TANJUNG PERAK
MENGUNAKAN PROSES MINING DAN
ANALISIS SIMULASI**

**ALVIN SYARIFUDIN SHAHAB
09211950053015**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. tech. M. Isa Irawan, MT**

**Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Alvin Syarifudin Shahab

NRP: 09211950053015

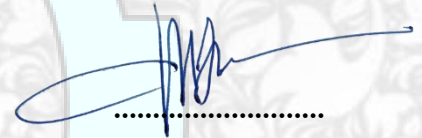
Tanggal Ujian: 3 Juni 2021

Periode Wisuda: Maret 2021

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Prof. Dr. tech. M. Isa Irawan, MT
NIP: 195903181987011001

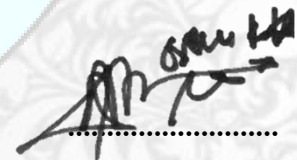


Penguji:

1. Prof. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D.
NIP: 197004272005012001



2. Faizal Mahananto, Ph.D
NIP: 198510312019031009



Kepala Departemen Manajemen Teknologi

Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital



Prof. Ir. I Nyoman Pujuwan, M.Eng, Ph.D, CSCP

NIP: 196912311994121076

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PENINGKATAN KINERJA BONGKAR MUAT NON-PETIKEMAS MELALUI EFISIENSI WAKTU DI PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGGUNAKAN PROSES MINING DAN ANALISIS SIMULASI

Nama : Alvin Syarifudin Shahab
NRP : 09211950053015
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. tech. M. Isa Irawan, MT

ABSTRAK

Jumlah proses bongkar muat merupakan salah satu indikator perkembangan suatu wilayah dan bagi Pelindo 3 merupakan proses utama dalam bisnisnya. Salah satu jenis pelayanan bongkar muat di Pelindo 3 adalah bongkar muat non petikemas untuk muatan *general cargo*, curah cair, curah kering ataupun curah gas. Dalam menyelenggarakan pelayanan bongkar muat terdapat 2 indikator dasar yang menjadi acuan yaitu BT (*Berth Time*) untuk lama kapal berada di dermaga dan juga T/G/H (*Ton/Gang/Hours*) untuk besaran produksi bongkar muat. Kedua hal tersebut yang menjadi acuan dalam menentukan kinerja sebuah pelabuhan. Pada pelabuhan Tanjung Perak indikator T/G/H dalam rentang tahun 2018 hingga 2020 tidak mencapai batas minimal yang ditentukan. Oleh karena itu diperlukan evaluasi kinerja waktu bongkar muat terhadap aktivitas – aktivitas yang mengalami hambatan (*bottleneck*) agar dapat diminimalisasi dan dilakukan peningkatan kinerja.

Pada penelitian ini tahapan evaluasi kinerja adalah identifikasi alur proses bisnis berdasarkan SOP yang berlaku dengan menggunakan YAWL untuk mendapatkan *event log*. Hasil *event log* yang didapat dari sistem kemudian dilakukan proses mining menggunakan *tools* ProM untuk mengidentifikasi pola detail aktivitas serta aktivitas yang memiliki hambatan terbesar. Hasil dari proses mining untuk aktivitas yang memiliki hambatan terbesar dilakukan analisis dengan menggunakan analisis simulasi *queueing system* dengan menggunakan *tools* ARENA. Analisis tersebut digunakan untuk mendapatkan data lama waktu tunggu pada tiap aktivitas, jumlah barang/pelanggan di dalam antrian, dan probabilitas layanan untuk menjadi sibuk berdasarkan penentuan variabel operasional pada aktivitas. Hasil analisis tersebut digunakan untuk melakukan rekayasa ulang proses bisnis dengan membandingkan hasil analisis kondisi eksisting dengan penambahan jumlah SDM, peralatan atau layanan sehingga menjadi lebih optimal. Hasil rekayasa ulang dilakukan validasi dengan acuan kinerja KPI T/G/H.

Hasil dari penelitian ini didapatkan 3 aktivitas yang memiliki hambatan terbesar dalam proses bisnis yaitu proses bongkar muat, pencatatan *timesheet* dan pencatatan realisasi dengan waktu tunggu paling tinggi adalah 48 jam. Untuk peningkatan efisiensi waktu diusulkan perubahan spesifikasi peralatan pada proses

bongkar muat dengan hasil proses paling cepat adalah 16jam dengan KPI T/G/H diatas 150 dan penambahan SDM pada proses pencatatan realisasi dan *timesheet* dengan hasil paling cepat adalah 0.38 jam untuk pencatatan *timesheet* dan 5.92 jam untuk realisasi.

Kata kunci: analisis simulasi *queueing system*, bongkar muat non petikemas, *event log*, proses mining, rekayasa ulang proses bisnis

IMPROVING THE PERFORMANCE OF NON-CONTAINER LOADING PROCESS THROUGH TIME EFFICIENCY AT TANJUNG PERAK PORT USING MINING PROCESSES AND SIMULATION ANALYSIS

Name : Alvin Syarifudin Shahab
Student ID : 09211950053015
Supervisor : Prof. Dr. tech. M. Isa Irawan, MT

ABSTRACT

The number of loading and unloading processes is an indicator of the development of an area and for Pelindo 3 is the primary process in its business. One type of loading and unloading service at Pelindo 3 is non-container loading and unloading for general cargo, liquid bulk, dry bulk or gas bulk. In carrying out loading and unloading services, two primary indicators are used as references, namely BT (Berth Time) for the length of time the ship is at the dock and T/G/H (Ton/Gang/Hours) for the quantity of loading and unloading production. These two things become references in determining the performance of a port. At the port of Tanjung Perak, the T/G/H indicator from 2018 to 2020 did not reach the specified minimum limit. Therefore, it is necessary to evaluate the loading and unloading activities that experience bottlenecks to minimize and improve performance.

In this research, the performance evaluation stage identifies business process flows based on applicable SOP using YAWL to obtain event logs. The event log results obtained from the system are then carried out by the mining process using ProM tools to identify detailed activities and activities with the most significant obstacles. The mining process results for activities with the most significant obstacles are analyzed using a queuing system simulation analysis using ARENA tools. This analysis is used to obtain data on the length of waiting time for each activity, the number of goods/customers in the queue and the probability of the service being busy based on determining operational variables in the activity. The analysis results are used to re-engineer the business process by comparing the results of the analysis of existing conditions with the addition of the number of human resources, equipment or services so that it becomes more optimal. The result of reengineering is validated regarding the performance of T/G/H.

This study's results obtained three activities with the biggest bottlenecks in the business process: the loading and unloading process, the timesheet and the realization entries with the highest waiting time is 48 hours. It is proposed to change equipment specifications to increase time efficiency in the loading and unloading process. The fastest process results are 16 hours with KPI T/G/H above 150. Additional human resources in the realization and timesheets entries with the most immediate results are 0.38 hours for timesheets and 5.92 hours for realization entries.

Keywords: Business process reengineering, event log, non-container loading and unloading, process mining, queueing system simulation analysis

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis yang berjudul **“PENINGKATAN KINERJA BONGKAR MUAT NON-PETIKEMAS MELALUI EFISIENSI WAKTU DI PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGGUNAKAN PROSES MINING DAN ANALISIS SIMULASI”**. Tesis ini diajukan untuk memenuhi prasyarat dalam menyelesaikan studi magister di Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Konsentrasi Manajemen Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian proposal tesis, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Atas bantuan yang telah diberikan, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan., M.Eng., Ph.D., CSCP. selaku Kepala Departemen Manajemen Teknologi Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital.
2. Prof. Dr. tech. M. Isa Irawan, MT selaku Pembimbing Tesis yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, masukan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
3. Seluruh dosen pengajar yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang telah diajarkan kepada penulis serta seluruh karyawan MMT-ITS yang telah banyak membantu dalam berbagai hal selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan doa, ilmu, dan segala hal yang mendukung kesuksesan dan kelancaran tesis ini.
5. Teman-teman MTI Profesional angkatan 2019 yang selalu memotivasi, mendukung, memberi masukan, dan selalu memberi suntikan semangat kepada penulis.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberikan berbagai macam bantuan dalam penyusunan tesis ini.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Kontribusi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Kegiatan Bongkar Muat	7
2.2 Proses Bisnis Bongkar Muat Non Petikemas	8
2.1.1 Permohonan	8
2.1.2 Bongkar Muat	9
2.1.3 Realisasi	9
2.1.4 Pra Nota.....	9
2.3 Kinerja Pelayanan.....	9
2.4 YAWL (<i>Yet Another Workflow Language</i>).....	11
2.5 <i>Event Log</i>	14
2.6 Proses Mining.....	15
2.7 Analisis Simulasi Dengan <i>Queueing System</i>	16
2.7.1 <i>Single-Server Model</i>	17
2.7.2 <i>Multiple-Server Model</i>	18
2.7.3 <i>Software ARENA</i> \.....	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23

3.1	Rancangan Penelitian	23
3.2	Jenis Data Dan Metode Pengumpulan.....	24
3.3	Studi Literatur.....	24
3.4	Pengumpulan Data	24
3.5	Analisis Dan Interpretasi Model.....	24
3.5.1	Memodelkan SOP menggunakan YAWL.....	25
3.5.2	Analisis Hasil Dengan Proses Mining	27
3.6	Merekayasa Ulang Model	28
3.7	Validasi hasil rekayasa dan estimasi KPI.....	30
3.8	Pembuatan Laporan	31
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1	Deskripsi Data	33
4.2	Model Proses Bisnis Dengan Proses Mining	34
4.3	Validasi Model Proses Mining	35
4.4	Analisis Dan Interpretasi Proses Mining.....	36
4.5	Model Aktivitas Dengan ARENA.....	37
4.5.1	Model Dermaga Jamrud Utara	39
4.5.2	Model Dermaga Jamrud Barat	41
4.5.3	Model Dermaga Jamrud Selatan	42
4.5.4	Model Dermaga Nilam Timur.....	43
4.5.5	Model Dermaga Nilam Kade Intan	45
4.5.6	Model Dermaga Mirah Bogasari.....	45
4.5.7	Model Dermaga Mirah.....	46
4.5.8	Model Pencatatan <i>Timesheet</i> Terminal Jamrud	48
4.5.9	Model Pencatatan <i>Timesheet</i> Terminal Nilam	49
4.5.10	Model <i>Pencatatan Timesheet</i> Terminal Mirah	50
4.5.11	Model Pencatatan Realisasi Terminal Jamrud	51
4.5.12	Model Pencatatan Realisasi Terminal Nilam.....	53
4.5.13	Model Pencatatan Realisasi Terminal Mirah	54
4.6	Penentuan Parameter Simulasi ARENA	55
4.7	Validasi Model Simulasi ARENA.....	57
4.8	Analisis Dan Interpretasi Model ARENA.....	58

4.8.1	Analisis Hasil Simulasi Proses Bongkar Muat	58
4.8.2	Analisis Hasil Simulasi Proses <i>Pencatatan timesheet</i>	61
4.8.3	Analisis Hasil Simulasi Proses <i>Entry Realisasi</i>	63
4.9	Skenario Rekayasa Ulang Model	64
4.9.1	Skenario Rekayasa Proses Bongkar Muat.....	64
4.9.2	Skenario Rekayasa Proses Pencatatan Timesheet dan Realisasi.....	65
4.10	Hasil Rekayasa Ulang Model	66
4.10.1	Hasil Rekayasa Proses Bongkar Muat	66
4.10.2	Hasil Rekayasa Proses Pencatatan <i>Timesheet</i>	70
4.10.3	Hasil Rekayasa Proses <i>Entry Realisasi</i>	71
4.11	Resume Skenario	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran	76
5.3	Implikasi Manajerial.....	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		81
BIODATA PENULIS.....		105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Indikator T/G/H tiap tahun.....	2
Gambar 2.1 Proses bongkar muat non petikemas	8
Gambar 2.2 Kinerja pelayanan kapal	10
Gambar 2.3 Contoh proses model pada YAWL	12
Gambar 3.1 Diagram Alir	23
Gambar 3.2 Proses utama bongkar muat non petikemas	25
Gambar 3.3 Proses bisnis bongkar muat level 1	25
Gambar 3.4 Proses bisnis realisasi level 1	25
Gambar 3.5 proses pengaturan waktu	26
Gambar 3.6 proses menjalankan model	26
Gambar 3.7 proses filter eventlog	27
Gambar 3.8 Parameter modul create	29
Gambar 3.9 Parameter modul proses	29
Gambar 3.10 Parameter modul dispose	29
Gambar 4.1 Grafik jumlah data per terminal	33
Gambar 4.2 Hasil eventlog YAWL.....	34
Gambar 4.3 Ringkasan data aktivitas log.....	34
Gambar 4.4 Hasil algoritma alpha++	35
Gambar 4.5 Hasil throughput tiap case	36
Gambar 4.6 <i>Bottleneck</i> aktivitas bongkar muat	36
Gambar 4.7 Arti kode warna	37
Gambar 4.8 <i>Bottleneck</i> pada aktivitas realisasi.....	37
Gambar 4.9 Model pemilihan dermaga.....	38
Gambar 4.10 Distribusi kedatangan kapal	39
Gambar 4.11 Model dermaga jamrud utara	40
Gambar 4.12 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud utara.....	40
Gambar 4.13 Distribusi lama proses kargo curah cair jamrud utara.....	40
Gambar 4.14 Model dermaga jamrud barat	41
Gambar 4.15 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud barat.....	41

Gambar 4.16 Distribusi lama proses kargo curah cair jamrud barat	42
Gambar 4.17 Model dermaga jamrud selatan	42
Gambar 4.18 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud selatan	43
Gambar 4.19 Model dermaga nilam timur	43
Gambar 4.20 Distribusi lama proses kargo curah kering nilam timur	44
Gambar 4.21 Distribusi lama proses kargo curah cair nilam timur	44
Gambar 4.22 Model dermaga nilam kade intan	45
Gambar 4.23 Distribusi lama proses kargo curah cair nilam kade intan	45
Gambar 4.24 Model dermaga mirah bogasari.....	46
Gambar 4.25 Distribusi lama proses kargo curah kering mirah bogasari	46
Gambar 4.26 Model dermaga mirah	46
Gambar 4.27 Distribusi lama proses kargo curah kering mirah.....	47
Gambar 4.28 Distribusi lama proses kargo curah cair mirah.....	47
Gambar 4.29 Distribusi kedatangan pencatatan <i>timesheet</i> terminal jamrud	48
Gambar 4.30 Distribusi lama proses <i>pencatatan timesheet</i> terminal jamrud.....	48
Gambar 4.31 Model pencatatan <i>timesheet</i> terminal jamrud.....	49
Gambar 4.32 Distribusi kedatangan pencatatan <i>timesheet</i> terminal nilam	49
Gambar 4.33 Distribusi lama proses pencatatan <i>timesheet</i> terminal nilam	50
Gambar 4.34 Model pencatatan <i>timesheet</i> terminal nilam.....	50
Gambar 4.35 Distribusi kedatangan pencatatan <i>timesheet</i> terminal mirah	50
Gambar 4.36 Distribusi pencatatan <i>timesheet</i> terminal mirah	51
Gambar 4.37 Model pencatatan <i>timesheet</i> terminal mirah.....	51
Gambar 4.38 Distribusi kedatangan realisasi terminal jamrud	51
Gambar 4.39 Distribusi pencatatan realisasi terminal jamrud	52
Gambar 4.40 Model pencatatan realisasi terminal jamrud.....	52
Gambar 4.41 Distribusi kedatangan pencatatan realisasi terminal nilam	53
Gambar 4.42 Distribusi pencatatan realisasi terminal nilam	53
Gambar 4.43 Model pencatatan realisasi terminal nilam.....	53
Gambar 4.44 Distribusi kedatangan pencatatan realisasi terminal mirah	54
Gambar 4.45 Distribusi pencatatan realisasi terminal mirah	54
Gambar 4.46 Model pencatatan realisasi terminal mirah.....	54

Gambar 4.47 Pengaturan total replikasi	56
Gambar 4.48 Hasil uji <i>Chi Square test</i> proses bongkar muat	57
Gambar 4.49 Hasil uji <i>Chi Square test</i> pencatatan <i>timesheet</i>	58
Gambar 4.50 Hasil uji <i>Chi Square test</i> pencatatan realisasi	58
Gambar 4.51 Pengaturan beban grab	66
Gambar 4.52 Grafik perbandingan lama bongkar muat skenario 1	67
Gambar 4.53 Perbandingan KPI skenario 1	67
Gambar 4.54 Perbandingan lama bongkar muat skenario 2	68
Gambar 4.55 Perbandingan KPI skenario 2	68
Gambar 4.56 Perbandingan lama bongkar muat skenario 3	69
Gambar 4.57 Perbandingan KPI skenario 3	69
Gambar 4.58 Model simulasi penambahan <i>resource</i> pencatatan <i>timesheet</i>	70
Gambar 4.59 Tingkat penurunan <i>waiting time</i> pencatatan <i>timesheet</i>	71
Gambar 4.60 Model simulasi penambahan <i>resource</i> realisasi.....	72
Gambar 4.61 Tingkat penurunan <i>waiting time</i> pencatatan realisasi	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Model split dan join pada YAWL.....	12
Tabel 2.1 Model split dan join pada YAWL (lanjutan)	13
Tabel 2.2 Penelitian sebelumnya.....	19
Tabel 2.2 Penelitian sebelumnya (lanjutan).....	20
Tabel 4.1 Komponen Data Bongkar Muat	33
Tabel 4.2 Komponen Data Bongkar Muat (lanjutan).....	34
Tabel 4.3 Distribusi tonase jamrud utara	41
Tabel 4.4 Distribusi tonase jamrud barat	42
Tabel 4.5 Distribusi tonase jamrud barat	43
Tabel 4.6 Distribusi tonase jamrud nilam timur.....	44
Tabel 4.7 Distribusi tonase nilam kade intan	45
Tabel 4.8 Distribusi tonase mirah bogasari.....	46
Tabel 4.9 Distribusi tonase dermaga mirah.....	47
Tabel 4.10 Hasil simulasi per tambatan proses bongkar muat.....	58
Tabel 4.11 Hasil simulasi per terminal proses bongkar muat	60
Tabel 4.12 Data peralatan per terminal	61
Tabel 4.13 Hasil simulasi pencatatan timesheet per terminal	62
Tabel 4.14 Perbandingan waiting time timesheet per terminal.....	62
Tabel 4.15 hasil simulasi pencatatan realisasi.....	63
Tabel 4.16 Perbandingan waiting time realisasi per terminal	64
Tabel 4.17 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 1	66
Tabel 4.18 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 2	68
Tabel 4.18 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 3	69
Tabel 4.20 Hasil simulasi rekayasa model pencatatan timesheet	71
Tabel 4.21 Hasil simulasi rekayasa model pencatatan realisasi.....	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses bongkar muat non petikemas merupakan salah satu bisnis inti dari PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) selain petikemas, serta menjadi salah satu tumpuan dalam proses logistik barang nasional. Barang non petikemas terdiri dari barang berupa curah kering, curah cair dan *general cargo*. Pada PT Pelindo III proses bongkar muat dilaksanakan di seluruh regional mulai dari regional Jawa Timur, Jawa Tengah, Kalimantan hingga Bali Nusa Tenggara. Setiap regional tersebut memiliki beberapa terminal yang melayani bongkar muat non petikemas.

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan terbesar dan tersibuk kedua di Indonesia setelah pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta yang menangani bongkar/muat petikemas dan non petikemas. Hal tersebut dikarenakan selain menjadi gerbang penghubung bagi arus logistik di wilayah Indonesia Timur, juga karena meningkatnya pertumbuhan ekonomi di wilayah Jawa Timur. Keadaan tersebut menyebabkan meningkatnya arus distribusi dan bongkar muat baik untuk barang luar negeri dan dalam negeri.

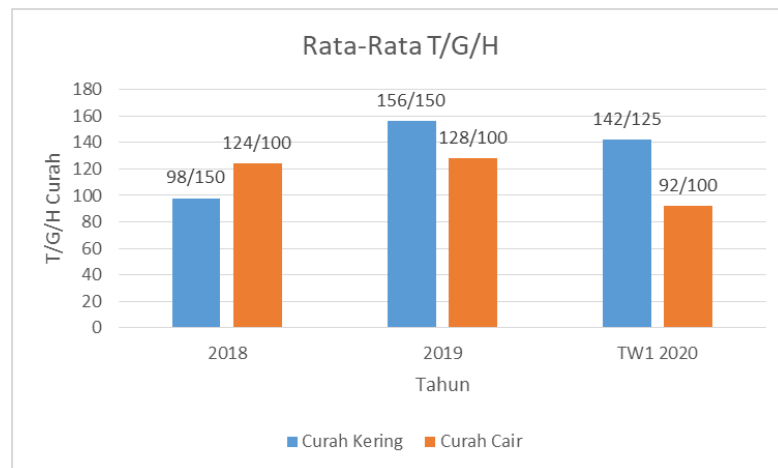
Kegiatan bongkar muat non petikemas ini dimulai dari ketika kapal mengikat tali di dermaga hingga kapal melepas tali tambat dimana lama kegiatan tersebut membutuhkan setidaknya selang waktu beberapa hari yang disebut dengan *Berth Time*. Untuk proses setiap layanan bongkar/muat non petikemas di Pelindo III antara lain (1) permohonan Bongkar/Muat, (2) penetapan bongkar/muat, (3) perhitungan dan pembayaran EPB, (4) *gate in* (5) *start work* bongkar/muat (6) pencatatan tally (7) *end work* bongkar/muat, (8) realisasi bongkar/muat, (9) *gate out*, (10) pra nota.

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kinerja proses bongkar muat yaitu pada ketersediaan fasilitas bongkar muat di terminal dikarenakan perbedaan jenis muatan yang membutuhkan peralatan berbeda kemudian cara penanganan yang berbeda untuk tiap – tiap tipe kemasan barang serta adanya jeda waktu untuk pergantian shift, istirahat ataupun jika terjadi kerusakan alat. Salah satu kebijakan

PT. Pelindo III adalah memperbolehkan untuk penggunaan jasa ataupun peralatan bongkar muat diluar perusahaan dalam proses bongkar muat sehingga lama proses bongkar muat juga menjadi bervariasi.

Dalam proses bongkar muat, Pelindo III telah memiliki indikator kinerja tersendiri yang diatur dalam peraturan direksi perusahaan untuk mengukur produktivitas dari pelayanan bongkar muat. Indikator tersebut bernama *service level agreement (SLA) Curah* dalam KPI Fokus Pelangan dengan acuan berupa perhitungan *ton/gang/hours (T/G/H)*. Satuan produktivitas ini merupakan satuan terkecil yang mengacu kepada banyaknya ton muatan yang dapat dibongkar dalam tiap jamnya oleh tiap gang kerja, dimana nilai ini mempengaruhi nilai ET (*effective time*) dan BT (*berth time*). Semakin rendah nilai T/G/H maka lama kapal sandar di dermaga menjadi semakin lama sehingga terjadi penumpukan dan semakin tinggi nilai T/G/H maka semakin efektif bongkar muat yang dilakukan dan semakin cepat kapal sandar di dermaga.

Berdasarkan data KPI T/G/H pada gambar 1.1 dari tahun 2018 hingga triwulan 1 2020 terlihat produktivitas bongkar muat memiliki selisih antara realisasi dan target yang tidak signifikan serta beberapa kali tidak mencapai target yang telah ditentukan oleh manajemen.



Gambar 1.1 Indikator T/G/H tiap tahun

Besaran nilai T/G/H pada prakteknya di lapangan dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya jumlah SDM, jumlah alat bongkar/muat, kecepatan proses serta kecepatan dari keseluruhan proses bisnis bongkar muat mulai dari *gate*

in hingga realisasi dan *gate out*. Jika terjadi antrian atau hambatan di salah satu proses dari keseluruhan rangkaian yang ada maka nilai dari indikator ini menjadi tidak tercapai dikarenakan proses bongkar muat dilakukan secara berurutan.

Berdasarkan rata-rata waktu yang diambil dari pencatatan proses bongkar muat pada *software* perusahaan dari tahun 2018-2020 rata-rata lama bongkar muat dari awal kegiatan hingga selesainya kegiatan adalah 3.5 hari. Variabel yang mempengaruhi hal tersebut adalah jumlah petugas baik pada realisasi ataupun bongkar muat serta jumlah peralatan. Hipotesis awal dari penelitian ini adalah karena lama waktu bongkar muat yang cukup lama mengindikasikan adanya *bottleneck* pada aktivitas tersebut sehingga diperlukan analisis lebih lanjut.

Untuk meningkatkan efisiensi kinerja waktu bongkar muat maka perlu diketahui aktivitas yang menghambat proses bongkar muat terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan perbaikan. Pada penelitian ini akan diawali dengan menggambar proses bisnis berdasarkan *Standard Operating Procedure (SOP)* yang sudah ada dan menggambar kembali menggunakan YAWL (*Yet Another Workflow Language*).

Acuan penentuan waktu pada tiap aktivitas pada YAWL menggunakan eventlog pada *software* perusahaan yang terdiri dari *id* (nomor id kapal), *start_date* (tanggal mulai aktivitas), *end_date* (tanggal akhir aktivitas), dan aktivitas (keterangan aktivitas yang dilakukan). Penggunaan YAWL untuk memudahkan dalam analisa kinerja waktu proses bongkar/muat karena dapat menghasilkan *event log* dari setiap aktivitas yang ada. Menurut (Verdigis, Tiwari, & Basim, 2008), YAWL yang tergolong *business process model language* merupakan salah satu teknik pemodelan proses bisnis terbaru serta memiliki tingkat kompleksitas yang rendah jika dibandingkan model formal/model matematika dengan hasil performa yang sama dan dapat diintegrasikan dengan *tools* proses mining yang ada.

Selanjutnya hasil *event log* YAWL dilakukan proses mining dengan menggunakan *tools* ProM untuk mendapatkan aktivitas dalam proses bisnis yang memiliki hambatan terbesar. Menurut (Aguirre, Parra, & Alvarado, 2012), proses mining merupakan cara objektif untuk mendapatkan pengetahuan sehingga dapat melakukan optimasi proses bisnis dari hasil analisis *event log*. Data *event log* kemudian dilakukan proses mining dengan algoritma alpha++ untuk mendapatkan

waktu *max*, *min* dan *average* serta aktivitas yang memiliki antrian atau hambatan terbesar.

Aktivitas dengan hambatan terbesar selanjutnya dilakukan analisis simulasi menggunakan analisis simulasi teori *queueing system* untuk mendapatkan waktu yang optimal dan mengurangi antrian yang terjadi dengan menggunakan *tools* ARENA berdasarkan data *arrival rate* dan *service rate* dari data *event log*. Menurut (Green, 2006) model *queueing system* memerlukan sedikit data dan menghasilkan rumus yang relatif sederhana untuk memprediksi berbagai ukuran kinerja sehingga dapat lebih siap digunakan dalam mendapatkan solusi optimal. Dalam proses ini dengan menggunakan *tools* ARENA akan dilakukan simulasi menggunakan variabel jumlah SDM, peralatan atau layanan yang berbeda dengan penambahan jumlah variabel tersebut disetiap simulasinya. Hasil lama proses simulasi akan digunakan sebagai validasi terhadap total lama pelayanan sistem nyata yang menjadi acuan kinerja T/G/H.

Berdasarkan permasalahan diatas, diharapkan hasil penelitian didapatkan aktivitas-aktivitas didalam proses bisnis yang memiliki hambatan terbesar serta mengetahui kinerja waktu yang ideal untuk kegiatan bongkar muat bisa tercapai. Semakin banyak tonase yang dapat diproses, maka akan dapat menaikkan produksi dan arus proses bongkar muat menjadi lebih cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Di kegiatan mana saja penumpukan antrian dalam proses bongkar muat di pelabuhan Tanjung Perak?
2. Bagaimana meningkatkan efisiensi waktu dalam proses bongkar muat non petikemas di pelabuhan Tanjung Perak?
3. Bagaimana estimasi KPI T/G/H dengan efisiensi waktu proses bongkar muat non petikemas di pelabuhan Tanjung Perak?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki ruang lingkup yang akan menjadi batasan dalam penelitian ini. Batasan penelitian ini antara lain:

1. Bongkar muat yang berlaku di Pelabuhan Tanjung Perak.
2. Pelayanan bongkar muat ini hanya untuk pelayanan *truck loosing* baik pada proses bongkar ataupun muat.
3. Acuan kinerja yang digunakan dalam evaluasi adalah T/G/H (*ton/gang/hours*) untuk bongkar/muat.
4. Variabel dalam simulasi yang dilakukan perubahan adalah jumlah layanan, sdm atau jumlah peralatan sesuai dengan aktivitasnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah diuraikan sebelumnya, penelitian bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi kegiatan yang menyebabkan penumpukan antrian dalam proses bongkar muat di pelabuhan tanjung perak.
2. Meningkatkan efisiensi kinerja waktu dalam proses bongkar muat di pelabuhan tanjung perak.
3. Mengestimasi KPI T/G/H dengan efisiensi waktu proses bongkar muat non petikemas di pelabuhan Tanjung Perak.

1.5 Kontribusi Penelitian

1. Kontribusi Teoritis:

- Dapat menganalisa kinerja proses bongkar muat non petikemas berdasarkan *daily report/event log* sistem dari aplikasi *general cargo* di pelabuhan Tanjung Perak.
- Membuat model simulasi bongkar/muat non petikemas berdasarkan *event log* sistem

2. Kontribusi praktis:

- Dapat membantu memperbaiki layanan bongkar muat non petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan layanan bongkar/muat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kontribusi penelitian, batasan penelitian serta sistematika penulisan.

2. BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian terhadap teori dan penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya. Kajian pustaka ini bertujuan untuk memperkuat dasar dan alasan dilakukan penelitian.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai rancangan penelitian, lokasi dan tempat penelitian, serta tahapan-tahapan sistematis yang digunakan selama melakukan penelitian.

4. DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian ini, baik jurnal, buku, maupun artikel.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kegiatan Bongkar Muat

Menurut pasal 1 ayat 14 Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2010 tentang angkutan di perairan, kegiatan bongkar muat barang adalah kegiatan usaha yang bergerak dalam bidang bongkar dan muat barang dari dan ke kapal di pelabuhan yang meliputi kegiatan *stevedoring*, *cargodoring*, dan *receiving/delivery*.

Stevedoring adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/tongkang/truk/atau memuat barang dari dermaga/tongkang/truk ke dalam kapal sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan alat bongkar muat. *Cargodoring* adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala di dermaga dan mengangkat dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan barang atau sebaliknya. Proses bongkar muat pada kapal dilakukan sesuai pola operasi yang ditetapkan perusahaan dimana pada PT.Pelindo 3 dilakukan sesuai zonasi palka pada kapal.

Pada kegiatan bongkar muat non petikemas, muatan yang ditangani memiliki perbedaan pada jenis kemasan dari kegiatan bongkar muat kontainer antara lain:

1. Muatan campuran (*General Cargo*)

Merupakan jenis muatan yang terdiri dari berbagai macam jenis kemasan seperti peti, drum, kaleng, karung dll.

2. Muatan unit (*Unitized Cargo*)

Merupakan jenis muatan yang dibentuk menjadi unit – unit muatan yang terdiri dari beberapa buah barang digabungkan menjadi satu antara lain: *paletelized cargo*, *bundles cargo* dan *unibag cargo*.

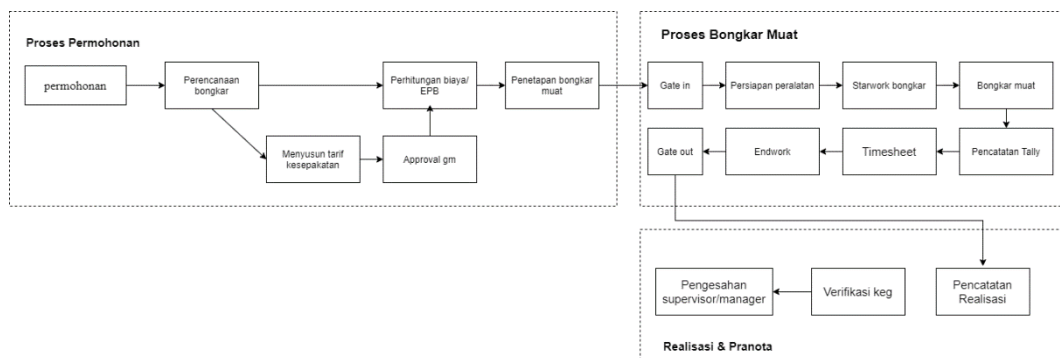
3. Muatan Curah

Merupakan jenis muatan yang tidak menggunakan kemasan pembungkus. Muatan ini terbagi menjadi 3 yaitu: Curah Kering, Curah Cair, dan Curah Gas.

Berdasarkan perbedaan jenis kemasan kegiatan bongkar muat non kontainer membutuhkan keahlian TKBM (Tenaga Kerja Bongkar Muat) dan peralatan yang berbeda dalam menangani kegiatan ini.

2.2 Proses Bisnis Bongkar Muat Non Petikemas

Berdasarkan Peraturan direksi Pelindo 3 Nomor PER.68/PJ.05/P.III-2017 tentang pelayanan jasa barang non petikemas terdapat 3 tahapan utama dalam proses bongkar muat non petikemas yaitu permohonan, bongkar muat, realisasi dan pra nota seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses bongkar muat non petikemas

2.1.1 Permohonan

Proses bongkar muat diawali dengan permohonan bongkar muat oleh pengguna jasa kepada petugas administrasi. Petugas administrasi melakukan pengecekan dokumen dan ketika dokumen lengkap maka petugas mencetak PPB (Permohonan Pelayanan Barang).

Petugas Administrasi bersama dengan pengguna jasa kemudian menyusun perencanaan bongkar barang mulai dari *operation plan* hingga jumlah TKBM (Tenaga Kerja Bongkar Muat) dan kebutuhan peralatan. Berdasarkan perencanaan tersebut petugas administrasi melakukan perhitungan EPB atau jika pengguna jasa membutuhkan kerjasama jangka panjang maka pengguna jasa dapat menyusun tarif kesepakatan dengan persetujuan General Manager.

Pengguna jasa diharuskan untuk membayar biaya terlebih dahulu kemudian petugas administrasi akan memberikan informasi kepada pengguna jasa untuk mengikuti *meeting* penetapan.

2.1.2 Bongkar Muat

Proses bongkar muat dimulai dengan proses *startwork* bongkar/muat yaitu pencatatan pekerjaan yang dilakukan oleh foreman di setiap awal *shift* hingga pencatatan *endwork* pada akhir *shift* dan pada proses bongkar muat ini KPI T/G/H dihitung. Proses bongkar/muat dilakukan oleh petugas TKBM (Tenaga Kerja Bongkar Muat) sesuai dengan zonasi palka dimana untuk satu palka terdiri dari beberapa orang dalam 1 gang TKBM. Pencatatan tonase yang dibongkar dilakukan oleh petugas tally dan direkap pada lembar *tally sheet* dimana data tersebut akan digunakan pada SPMK ketika supir truk keluar melalui *gate out*.

Pada setiap akhir bongkar/muat pengawas akan menyerahkan dokumen cetak *daily report/timesheet*, verifikasi kegiatan dan *manifest* bongkar/muat kepada petugas setingkat supervisor.

2.1.3 Realisasi

Pada proses ini petugas administrasi melakukan realisasi berdasarkan form cetak LKBM (Lembar Kerja Bongkar Muat) yang telah ditandatangani oleh supervisor/asisten manajer/manajer. Apabila realisasi jasa bongkar/muat telah diverifikasi dan sesuai maka dilakukan pengesahan.

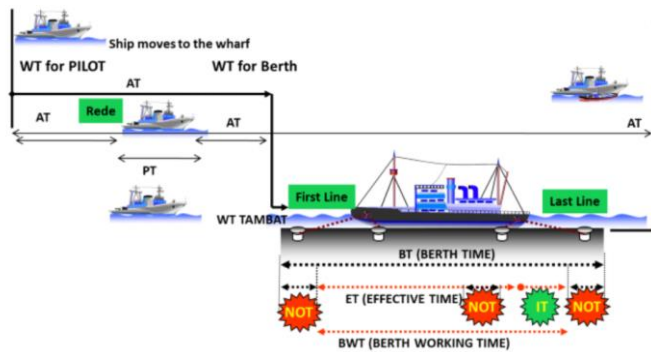
Apabila terdapat ketidaksesuaian data pada saat verifikasi, maka realisasi jasa bongkar/muat yang telah diverifikasi dikembalikan untuk dilakukan perbaikan oleh pejabat struktural yang berwenang. Realisasi ini dilakukan maksimal 1 jam setelah kegiatan bongkar/muat selesai.

2.1.4 Pra Nota

Proses pra nota dilakukan ketika proses realisasi telah diverifikasi dan dinyatakan selesai. Pra nota berisi rekapitulasi biaya dari realisasi pelayanan jasa bongkar/muat beserta biaya penggunaan alat/ tenaga jasa lainnya. Pranota yang telah dicetak dilakukan pengecekan, penandatanganan dan pengesahan oleh pejabat setempat sesuai kelas cabang.

2.3 Kinerja Pelayanan

Kinerja pelayanan dibagi menjadi beberapa jenis yaitu kinerja kapal, kinerja petikemas dan non petikemas serta kinerja utilisasi fasilitas.



Gambar 2.2 Kinerja pelayanan kapal

Indikator kinerja tersebut telah diatur dalam keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM. 002/38/13/18/DJPL-11 tentang standar kinerja pelayanan operasional Pelabuhan. Pada kinerja pelayanan kapal penilaian berada pada setiap proses mulai dari kedatangan kapal hingga kapal melepas tali tambatan seperti pada gambar 2.2.

Berdasarkan gambar 2.2 pada peraturan ini telah ditetapkan 9 indikator kinerja antara lain:

1. *Postpone Time (PT)*

Adalah waktu tertunda yang tidak bermanfaat selama kapal berada di lokasi lego jangkar pelabuhan atas kehendak pihak kapal atau pihak eksternal, yang terjadi sebelum atau sesudah kapal melakukan kegiatan bongkar muat.

2. *Waiting Time (WT)*

Adalah waktu tunggu pelayanan kapal.

3. *Approach Time (AT)*

Untuk kapal masuk dihitung saat kapal mulai bergerak dari lokasi lego jangkar sampai ikat tali di tambatan (*first line*), dan untuk kapal keluar dihitung mulai lepas tali (*last line*) sampai dengan kapal mencapai ambang luar.

4. *Not Operating Time (NOT)*

Jumlah jam yang direncanakan untuk tidak melaksanakan kegiatan selama kapal berada di tambatan, termasuk waktu istirahat dan pada saat kapal akan berangkat dari tambatan.

5. *Idle Time* (IT)

Jumlah jam bagi satu kapal yang tidak terpakai selama waktu kerja bongkar muat di tambatan yang tidak direncanakan. Jumlah jam pada indikator ini tidak termasuk jam istirahat. Pada umumnya nilai *Idle Time* disebabkan jika terjadi kerusakan alat ataupun kejadian yang tidak dapat diprediksi.

6. *Effective Time* (ET)

Adalah jumlah jam yang digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat

7. *Berth Working Time* (BWT)

Adalah jumlah jam kerja bongkar muat yang tersedia/direncanakan selama kapal berada di tambatan.

8. *Berthing Time* (BT)

Adalah jumlah jam selama kapal berada di tambatan sejak tali pertama diikat di dermaga sampai tali terakhir dilepaskan dari dermaga.

9. *Turn Round Time* (TRT)

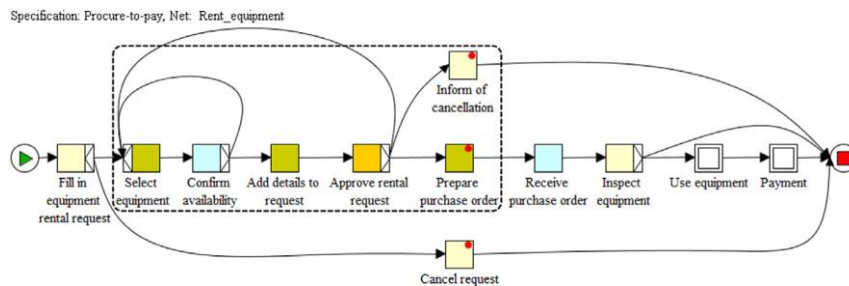
Adalah jam kapal berada di pelabuhan, yang dihitung sejak kapal tiba (*Time of Arrival*) di lokasi lego jangkar (*Anchorage Area*) sampai kapal meninggalkan pelabuhan mencapai ambang luar.

Perhitungan kinerja pada pelayanan bongkar muat non petikemas dimulai dari kapal tambat hingga kapal lepas tali (*Last Line*) atau indikator *Berth Time* (BT). Untuk satuan yang digunakan dalam penilaian kinerja bongkar muat non petikemas terdiri dari 3 yaitu *Ton/Gang/Hour* (T/G/H) yang merupakan satuan terkecil dalam penilaian kinerja kemudian *Ton/Ship/Day* (T/S/D) dan *Ton/Ship/Hour* (T/S/H).

2.4 YAWL (*Yet Another Workflow Language*)

YAWL adalah sistem manajemen proses bisnis serta merupakan salah satu *tools* yang digunakan untuk mensimulasikan dan membuat *workflow* dari suatu proses bisnis. YAWL dibuat berdasarkan Petri nets dan untuk mengatasi keterbatasan dari Petri nets.

YAWL dapat menangani berbagai macam model *workflow* dan dapat menangani transformasi data yang kompleks. YAWL menggunakan sebuah bahasa permodelan yang ringkas dan terstruktur sehingga dapat memposisikannya secara unik dibandingkan dengan *business process model tools* yang ada. Dalam model YAWL digambarkan dengan menggunakan panah dan beberapa operator seperti pada gambar 2.3.



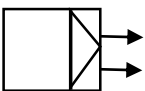
Gambar 2.3 Contoh proses model pada YAWL

Sumber (Aguirre, Parra, & Alvarado, 2012)

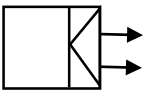
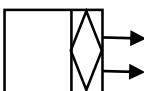
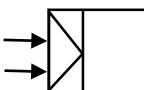
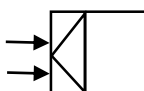
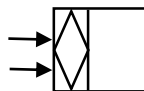
Salah satu fitur dari YAWL adalah dapat membentuk sebuah log aktifitas atau *event log* dari model yang telah dibuat. Data log menyimpan semua aksi mulai dari sebuah task berjalan hingga selesainya *task* atau *event* tersebut dengan berbagai macam format untuk memudahkan integrasi dengan *tools* lain (Adams, Hense, & ter Hofstede, 2020). Log ini adalah sumber informasi yang berharga tentang cara proses bisnis sebenarnya dilakukan, dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan operasional. Hasil dari log yang dihasilkan oleh YAWL dapat digunakan dalam proses mining untuk menganalisa hambatan ataupun untuk membuat skenario antisipasi kedepannya.

Pada YAWL terdapat 6 model jalur aktivitas pada setiap proses bisnis yaitu join AND, join XOR, split AND, split XOR, split OR, dan join OR. Pada tabel 2.1 menggambarkan model *split* dan *join* pada YAWL beserta penjelasannya.

Tabel 2.1 Model split dan join pada YAWL

Nama	Simbol	Deskripsi
Tipe Split		
XOR - Split		Digunakan untuk mentrigger hanya satu arus keluar. Simbol ini baik digunakan untuk

Tabel 2.2 Model split dan join pada YAWL (lanjutan)

		memilih alternatif yang memungkinkan secara otomatis ketika sebuah <i>task</i> selesai.
AND - Split		Digunakan untuk memulai beberapa pekerjaan secara simultan. Dapat dilihat sebagai spesialisasi dari OR-Split dimana pekerjaan akan ditrigger untuk jalan pada setiap arus keluar
OR - Split		Digunakan untuk mentrigger beberapa arus, namun tidak semua arus keluar ke <i>task</i> yang lain. Simbol ini baik digunakan jika kita tidak mengetahui apa yang akan terjadi hasil dari ketika pekerjaan paralel berjalan, hingga model berjalan.
Tipe Join		
AND - Join		Task dengan AND – Join akan menunggu untuk menerima pekerjaan selesai dari semua arus masuk. Simbol ini biasa digunakan untuk sinkronisasi aktivitas sebelumnya yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan baru dimulai.
XOR - Join		Simbol XOR - Join akan memulai sebuah pekerjaan ketika salah satu pekerjaan dari arus masuk telah selesai. Simbol ini biasa digunakan ketika dalam proses bisnis memperbolehkan pekerjaan baru untuk dikerjakan saat salah satu pekerjaan sebelumnya selesai.
OR - Join		Simbol OR – Join akan memastikan bahwa pekerjaan baru akan menunggu hingga pekerjaan sebelumnya selesai atau tidak.

2.5 Event Log

Event log merupakan kumpulan eksekusi proses yang menyimpan beberapa aktifitas bisnis yang berbeda dan merupakan komponen utama sebelum melakukan analisis. *Event log* dibagi menjadi 3 bagian yaitu kasus, jejak dan aktivitas.

- Kasus dan Jejak

Sebuah kasus adalah catatan peristiwa yang terkait dengan satu contoh proses yang dijalankan. Kasus bisa dijelaskan sebagai proses produksi suatu barang. Sedangkan jejak adalah urutan kejadian yang termasuk dalam kasus yang sama. Contoh pada suatu log kejadian (L):

$$L=[\langle a, c, d \rangle^{45}, \langle b, c, d \rangle^{42}, \langle a, c, d \rangle^{38}, \langle b, c, e \rangle^{22}]$$

Dalam *event log* terdapat:

1. Terdapat 4 jejak yaitu (b, c, d), (a, c, d), (b, c, e).
2. Terdapat 147 kasus karena (a, c, d) dilakukan sebanyak 45 kali, (b,c, d) sebanyak 42 kali, (a, c, e) sebanyak 38 kali, dan (b, c, e) sebanyak 22 kali.

- Aktivitas

Aktivitas adalah bagian dari sub-presentasi log peristiwa proses produksi suatu barang atau produksi tertentu contoh di log peristiwa di Persamaan 1, log peristiwa berisi lima aktivitas yaitu {a, b, c, d, e}.

Pada (Sarno, Haryadita, Sarwosri, & Solichah, 2015), melakukan optimasi proses bisnis dengan menggunakan CPM berdasarkan *single timestamp event log*. *Event log* yang digunakan berisi id kasus, aktifitas, waktu dan biaya dimana dari data tersebut didapatkan hasil durasi model proses terendah sehingga proses bisnis menjadi lebih cepat.

Pada (van Beest & Maruster, 2007) mendapatkan *event log* dari ERP yang ada pada perusahaan dimana perlu dilakukan perubahan format data dari beberapa format menjadi satu dengan format yang dibutuhkan oleh *tools* proses mining yang akan digunakan dan data yang akan dilakukan analisis. Pada penelitian tersebut *event log* berisi *id, timestamp, rec id, log id, user id, order id, activity, type log, code*, dan *event type*.

Berdasarkan penelitian tersebut untuk bisa melakukan optimasi proses bisnis *event log* minimal harus memiliki *timestamp*, id kasus, dan aktifitas serta penambahan data dapat disesuaikan dengan tujuan analisis.

2.6 Proses Mining

Proses mining merupakan sebuah metode untuk memecah aktivitas – aktivitas pada suatu proses yang terstruktur berdasarkan log data (*event log*) dari proses lampau dan eksekusi dari aplikasi. Tujuan utama dari proses mining adalah untuk mengumpulkan data secara otomatis serta mendapatkan proses pengetahuan dari log data yang ada (Hongtao, Yong, & Jiansa, 2006).

Dalam hal proses bisnis, sebuah proses bisnis dapat dilakukan analisis menggunakan beberapa perspektif dalam proses mining seperti data dan workflow organisasi. Penggunaan proses mining umumnya digunakan pada 3 macam aktivitas berikut:

1. Menemukan model proses

Terdapat beberapa algoritma untuk mendapatkan model dari sebuah proses yaitu algoritma alpha, heuristic miner dan genetic miner. Selain dari model dengan algoritma tersebut struktur organisasi dapat diketahui seperti pergantian tugas antar departemen dan pengguna.

2. Pemeriksaan kesesuaian

Pada aktivitas ini dilakukan perbandingan antara hasil dari aktivitas nyata dengan log peristiwa yang didapatkan untuk mendapatkan penyimpangan yang terjadi jika timbul ketidaksesuaian hasil.

3. Optimasi

Pada aktivitas ini proses mining digunakan untuk mengoptimasi proses dengan penambahan data seperti durasi dari eksekusi sebuah task, ketergantungan antara data dan alur di dalam proses dan lain-lain.

Pada penelitian (Norambuena, 2018) menunjukkan pentingnya integrasi proses mining dengan metode simulasi dalam melakukan *business process reengineering*. Dengan mengintegrasikan simulasi dan proses mining maka analisis perbandingan dapat mudah dilakukan baik dengan menggunakan simulasi berbasis *workflow tools* ataupun *agent based simulation*. Dalam proses mining terdapat

beberapa tantangan yang harus diperhatikan yaitu data tidak terstruktur, data memiliki *noise*, dan level abstraksi yang rendah.

Pada penelitian (Tamburis & Esposito, 2020) menunjukkan alur teknik proses mining untuk mendapatkan pengetahuan mengenai alur proses bisnis dan juga melakukan validasi terhadap alur proses yang berjalan dengan hasil simulasi. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan mulai dari pengambilan *event log* dari *software* perusahaan, pembuatan model hingga analisis proses mining dengan menggunakan *tools* prom 6. Hasil dari penelitian ini didapatkan alur integrasi dalam proses mining dan teknik simulasi berbasis workflow.

2.7 Analisis Simulasi Dengan *Queueing System*

Teori antrian ditemukan ketika terjadi permasalahan kemacetan di jaringan telepon dan ditemukan oleh A. K. Erlang seorang matematikawan Denmark. Pada *Queueing system* dikenal istilah *waiting line* yang terbentuk karena orang atau barang datang pada fungsi layanan atau server lebih cepat daripada yang bisa dilayani. Menurut (Taylor, 2013) penentuan manajemen *waiting line* dilakukan berdasarkan 2 hal yaitu:

1. *Arrival Rate*

Merupakan laju ketika pelanggan atau barang tiba di fasilitas layanan selama periode waktu tertentu. Laju ini dapat diperkirakan dari data empiris yang diperoleh dari mempelajari sistem atau sistem serupa, atau dapat juga dari rata-rata data empiris tersebut.

2. *Service Rate*

Merupakan jumlah rata-rata pelanggan atau barang yang dapat dilayani selama jangka waktu tertentu. *Service rate* dan *arrival rate* memiliki kesamaan karena merupakan variabel acak dan didefinisikan dalam distribusi probabilitas.

Pada *Queueing System* memiliki 2 model pendekatan berdasarkan jumlah *waiting line* atau layanan yang digunakan pada sebuah sistem yaitu *single-server model* dan *multiple-server model*.

2.7.1 *Single-Server Model*

Dalam model ini hanya menggunakan 1 layanan atau *waiting line* dalam menangani permintaan yang ada, dimana mengikuti karakteristik berikut:

1. Jumlah populasi tidak terbatas
2. *Poisson arrival rate*
3. Waktu layanan eksponensial

Untuk mendapatkan probabilitas bahwa tidak ada pelanggan di dalam sistem antrian ataupun yang sedang dilayani menggunakan formula 2.1.

$$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \quad (2.1)$$

dengan:

$\lambda = \text{arrival rate}$ (rata-rata kedatangan per periode waktu)

$\mu = \text{service rate}$ (rata-rata jumlah pelayanan per periode waktu)

Untuk mendapatkan probabilitas bahwa terdapat n pelanggan/barang dalam sistem antrian adalah dengan formula 2.2.

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot P_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \quad (2.2)$$

Jumlah rata-rata pelanggan/barang di dalam antrian baik yang sedang dilayani ataupun di dalam *waiting line* menggunakan formula 2.3.

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (2.3)$$

Sedangkan jumlah rata-rata pelanggan di dalam *waiting line* dengan formula 2.4.

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2.4)$$

Jumlah rata-rata waktu seorang pelanggan yang dibutuhkan dalam sistem antrian mulai menunggu hingga dilayani menggunakan formula 2.5.

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{L}{\lambda} \quad (2.5)$$

Sedangkan jumlah rata-rata waktu seorang pelanggan menunggu di dalam antrian hingga dilayani menggunakan formula 2.6.

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2.6)$$

Untuk mendapatkan probabilitas server/layanan menjadi sibuk adalah dengan formula 2.7.

$$U = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.7)$$

2.7.2 Multiple-Server Model

Dalam model ini hanya menggunakan lebih dari 1 layanan atau *waiting line* dalam menangani permintaan yang ada, dimana mengikuti karakteristik berikut:

1. Jumlah populasi tidak terbatas
2. *Poisson arrival rate*
3. Waktu layanan eksponensial

Untuk mendapatkan probabilitas bahwa tidak ada pelanggan di dalam sistem antrian ataupun yang sedang di layani menggunakan formula 2.8.

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu-\lambda}\right)} \quad (2.8)$$

Dimana:

$\lambda = \text{arrival rate}$ (rata-rata kedatangan per periode waktu)

$\mu = \text{service rate}$ (rata-rata jumlah pelayanan per periode waktu)

$c = \text{jumlah server}$

Untuk mendapatkan probabilitas bahwa terdapat n pelanggan/barang dalam sistem antrian adalah dengan formula 2.9.

$$P_n = \frac{1}{c!c^{n-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0, \text{ untuk } n > c; P_n = \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0, \text{ untuk } n \leq c \quad (2.9)$$

Jumlah rata-rata pelanggan/barang di dalam antrian baik yang sedang dilayani ataupun di dalam *waiting line* menggunakan formula 2.10.

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{(c-1)!(c\mu-\lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.10)$$

Sedangkan jumlah rata-rata pelanggan butuhkan dalam di dalam sistem antrian adalah dengan formula 2.11.

$$W = \frac{L}{\lambda} \quad (2.11)$$

Untuk mendapatkan jumlah rata-rata pelanggan di dalam antrian menggunakan formula 2.12.

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.12)$$

Sedangkan jumlah rata-rata waktu seorang pelanggan menunggu di dalam antrian menunggu untuk dilayani adalah dengan formula 2.13.

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda} \quad (2.13)$$

Untuk mendapatkan probabilitas server/layanan menjadi sibuk adalah dengan menggunakan formula 2.14.

$$P_w = \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \frac{c\mu}{c\mu - \lambda} P_0 \quad (2.14)$$

Pada tabel 2.2 merupakan jurnal dan penelitian lain yang dijadikan kajian dalam penyusunan penelitian ini dimana menunjukkan hasil yang memuaskan dalam melakukan optimasi dari permasalahan yang diangkat.

Tabel 2.3 Penelitian sebelumnya

No	Peneliti	Rangkuman
1	(Dutkova, Achimsky, & Hostakova, 2019)	Pada penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi biaya dengan cara menggabungkan metode simulasi biaya menggunakan markov dengan teori antrian. Penelitian ini menggunakan 3 macam simulasi dengan teori antrian untuk jumlah <i>counter</i> pelayanan pada interval waktu yang berbeda untuk menganalisis lama antrian. Hasil dari penelitian ini didapatkan jumlah <i>counter</i> optimal dalam interval yang berbeda untuk menghemat biaya.
2	(Shone, Glazebrook, & Zografos, 2019)	Pada penelitian bertujuan untuk optimalisasi keputusan operasional taktis selama periode sibuk pada server. Dalam menentukan <i>service times</i> dan variabel operasional lain pada penelitian ini menggunakan teori antrian erlang dan <i>markov</i> untuk meminimalkan biaya.

Tabel 2.4 Penelitian sebelumnya (lanjutan)

		Dalam mengatasi permasalahan pada <i>dynamic programming</i> pada MDP peneliti mengandalkan <i>heuristic policies</i> . Eksperimen numerik menunjukkan bahwa heuristik berbasis ADP memerlukan sedikit upaya komputasi, dan mampu meningkatkan secara substansial kinerja kebijakan pengambilan keputusan.
3	(Jain, Bedekar, Jayakrishna, Vimal, & Kumar, 2020)	Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan skenario antrian untuk bandara internasional dan domestik untuk menciptakan arus penumpang dan bagasi yang seragam. Penelitian ini menggunakan simulasi antrian berbasis teori <i>queueing system</i> untuk digunakan dalam mengidentifikasi kemacetan dalam sistem. Penelitian ini menggunakan 3 model scenario dengan berbeda jumlah sdm / server dan hasilnya waktu tunggu di pos pemeriksaan keamanan berkurang 0,10 dari 0,43.
4	(Songchitruksa & Hard, 2008)	Pada penelitian ini menggunakan metode <i>queueing analysis</i> dan <i>simulation model</i> dengan bahasa S. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dampak pengguna jalan dalam hal lama <i>delay</i> untuk semua kendaraan, panjang antrian, rata-rata antrian, maksimum <i>delay</i> , serta total traffic <i>delay</i> per jam. Hasil dalam penelitian ini memberikan pedoman yang cepat dan berguna yang dapat digunakan oleh surveyor jalan untuk memperkirakan dampak pengguna jalan sebelum survei dan untuk merencanakan prosedur survei yang sesuai.

2.7.3 *Software ARENA*

Software Arena memberikan kemudahan dalam memodelkan dan mensimulasikan sebuah proses. *Arena* didesain untuk menganalisa perubahan yang ada secara signifikan dan kompleks yang biasanya berupa sistem rantai pasok, manufaktur, pemrosesan, logistik, distribusi, dan jasa. *Arena* dapat menunjukkan beberapa hal seperti:

- a. Analisis mendetail dari segala tipe manufaktur, termasuk komponen pengendalian bahan.
- b. Analisis yang kompleks dari pelayanan pelanggan dan sistem manajemen pelanggan.
- c. Mengidentifikasi kejadian leher botol seperti antrian, dll

Dalam memodelkan proses dengan *arena*, *arena* memiliki 3 macam pembagian panel seperti berikut:

1. *Basic Process*, *advance process*, dan *advance transfer panel* adalah modul-modul yang digunakan untuk menyempurnakan model.
2. *Reports* panel adalah panel yang digunakan untuk memperlihatkan hasil model yang disimulasikan.
3. *Navigate* panel menunjukkan tampilan yang berbeda dari model yang dibuat.

Pada penelitian (Kim, Jie, & Choi, 2018) menggunakan *software ARENA* dalam mensimulasikan proses unmaned security screening point untuk menganalisis tingkat rata-rata *waiting time* terhadap jumlah layanan yang disediakan dengan menggunakan teori antrian. Dalam proses simulasi dilakukan dalam rentang waktu 15 jam dan hasil dari penelitian ini dilakukan penambahan jumlah layanan hingga 11 layanan untuk dapat menurunkan *waiting time* hingga lebih dari 90%.

Pada penelitian (Ghaleb, Suryahatmaja, & Alharkan, 2015) menggunakan *software ARENA* dalam mensimulasikan *waiting time* dan jumlah orang dalam antrian dalam restoran. Dalam penentuan distribusi kedatangan pelanggan peneliti menggunakan *ARENA input analyzer* dengan data kedatangan pelanggan dalam 5 minggu sehingga distribusi bersifat objektif.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

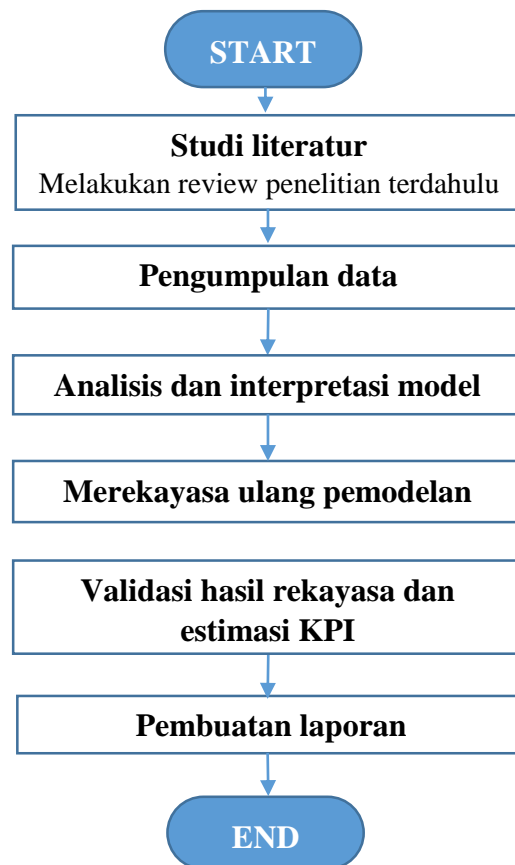
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini, dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian. Tahapan-tahapan ini digambarkan dalam suatu kerangka penelitian yang kemudian disebut dengan metodologi penelitian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam proyek akhir ini digambarkan dalam diagram alir 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang bersifat kuantitatif. Hal ini dikarenakan dalam proses bongkar muat di Pelindo 3 keseluruhan data tercatat

dalam sistem bongkar muat mulai dari awal permohonan hingga pra nota sehingga data tersebut dapat menggambarkan keseluruhan proses bisnis.

3.2 Jenis Data Dan Metode Pengumpulan

Data bongkar muat yang digunakan adalah data sekunder, yaitu data pencatatan proses bongkar muat non petikemas dari *software* perusahaan di pelabuhan tanjung perak tahun 2018 hingga tahun 2020. Data ini merupakan hasil unduhan dari *software* tersebut.

3.3 Studi Literatur

Pada penelitian ini referensi yang digunakan oleh penulis adalah berbagai macam literatur yang berhubungan dengan proses mining, *business process reengineering*, *queueing system* dan pemodelan sistem dengan menggunakan YAWL baik dari jurnal internasional ataupun buku. Berdasarkan literatur tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang cukup lengkap dan memberikan kontribusi kerangka kerja dari penelitian ini dalam melakukan analisis kinerja waktu bongkar muat non petikemas pada pelabuhan Tanjung Perak menggunakan proses mining.

3.4 Pengumpulan Data

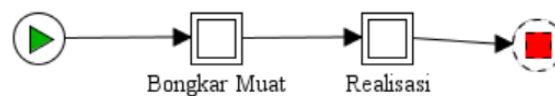
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data dari sistem *software* proses bongkar muat non petikemas di PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) dalam periode tahun 2018 hingga 2020. Data tersebut meliputi keseluruhan proses bongkar muat yang terbagi menjadi id (nomor id kapal), *start_date* (tanggal mulai aktivitas), *end_date* (tanggal akhir aktivitas), dan aktivitas (keterangan aktivitas yang dilakukan). Data tersebut digunakan untuk menentukan waktu operasional per aktivitas dalam proses pembuatan simulasi serta dokumen SOP yang digunakan untuk menentukan alur pelayanan bongkar muat.

3.5 Analisis Dan Interpretasi Model

Pada penelitian ini proses analisis dan interpretasi model terbagi menjadi beberapa tahapan mulai dari memodelkan SOP dengan YAWL hingga melakukan proses mining akan dijelaskan lebih detail pada sub bab selanjutnya.

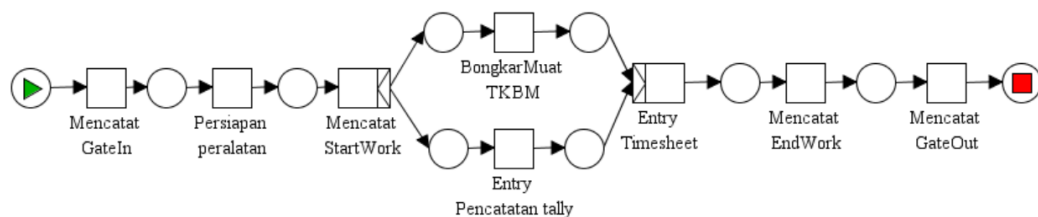
3.5.1 Memodelkan SOP menggunakan YAWL

Penggunaan YAWL ditujukan untuk memudahkan proses mining dan juga memverifikasi data yang didapatkan. Data yang dibutuhkan dalam proses ini adalah SOP bongkar muat serta event log yang terdiri dari id (nomor id kapal), *start_date* (tanggal mulai aktivitas) dan *end_date* (tanggal akhir aktivitas) dari software Pelindo 3. Berdasarkan data SOP dilakukan pembuatan model proses bisnis bongkar muat dengan YAWL yang akan terbagi menjadi 2 model utama yaitu bongkar muat dan realisasi yang ditunjukkan pada gambar 3.2.

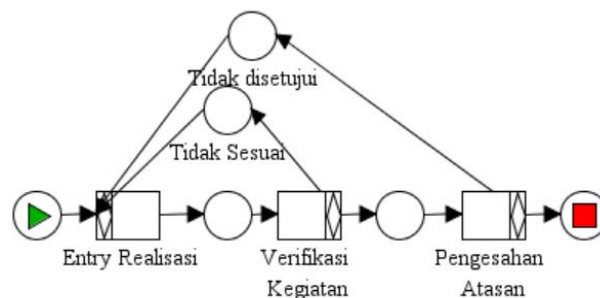


Gambar 3.2 Proses utama bongkar muat non petikemas

Pada masing – masing blok bongkar muat dan realisasi terdapat 1 level lagi yang terdiri dari beberapa kegiatan untuk memperdetailkan kegiatan. Adapun penggambaran detail level 1 untuk blok bongkar muat dan realisasi sebagai berikut.

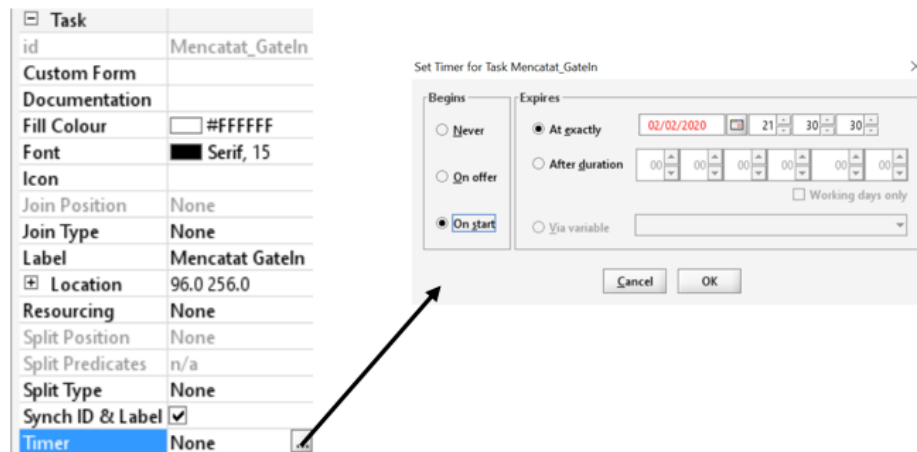


Gambar 3.3 Proses bisnis bongkar muat level 1



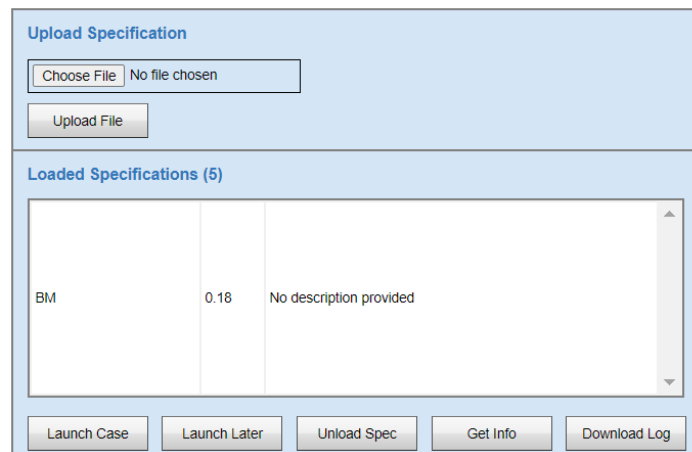
Gambar 3.4 Proses bisnis realisasi level 1

Selanjutnya adalah melakukan pengaturan waktu menggunakan data log sistem tersebut pada tiap-tiap aktivitas yang ada pada blok proses dengan memanfaatkan fitur timer pada YAWL seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 proses pengaturan waktu

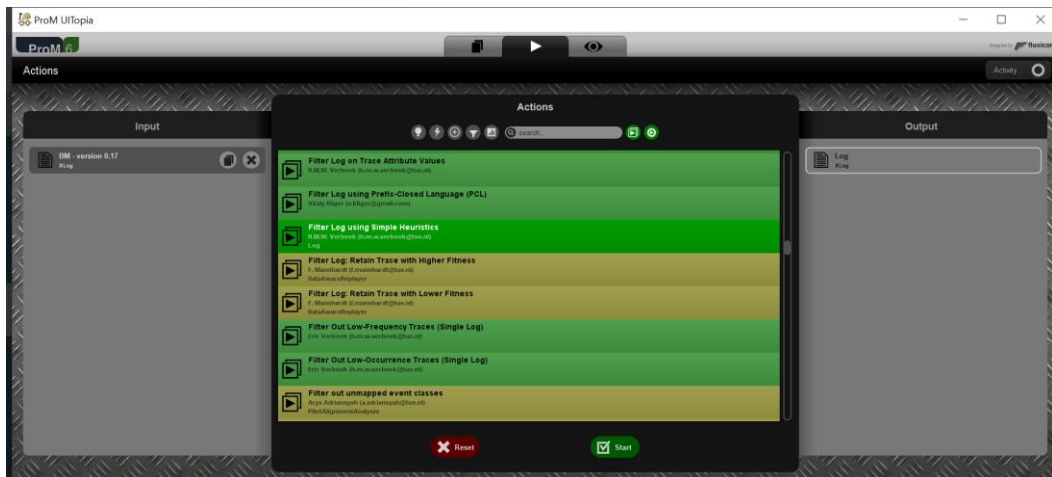
Setelah dilakukan proses pengaturan waktu tersebut maka model dapat diupload pada *YAWL engine* dan menjalankannya pada server tomcat yang muncul dengan membuka browser pada server lokal yaitu pada <http://localhost:8080> seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 proses menjalankan model

Berdasarkan hasil model yang dijalankan oleh *YAWL* maka akan didapatkan hasil *eventlog* yang berformat xes.

Langkah berikutnya adalah melakukan filter *eventlog* dari *YAWL* yang berformat xes menjadi menjadi mxml dengan menggunakan *tools* ProM pada plugin *Heuristic Miner* agar dapat dilakukan proses mining.



Gambar 3.7 proses filter *eventlog*

Proses filter dengan *heuristic miner* pada gambar 3.8 akan melakukan filter pada event yang dihasilkan oleh YAWL dimana terdapat 6 macam *event* yaitu *schedule, assign, start, complete, pi_abort* dan *ate_abort*. *Event* yang akan digunakan pada proses mining adalah *event start*.

3.5.2 Analisis Hasil Dengan Proses Mining

Data *event log* yang telah didapatkan dari pemodelan YAWL selanjutnya dilakukan proses mining dengan menggunakan *tools* ProM. ProM adalah salah satu aplikasi yang digunakan untuk menganalisa proses mining. Dengan menggunakan plug in di ProM yaitu *conformance analysis* untuk mengekstraksi informasi tentang waktu eksekusi, waktu tunggu serta waktu sojourn dari proses bisnis. Waktu eksekusi adalah waktu antara awal dan selesainya aktivitas. Waktu tunggu adalah waktu selama berlangsungnya perintah eksekusi dari awal mulai proses hingga selesainya proses. Waktu sojourn adalah total waktu untuk keseluruhan pelaksanaan proses dari awal hingga akhir. Pada tahapan ini dilakukan analisis dengan menggunakan algoritma alpha++ dalam plugin ProM untuk dapat menghasilkan pola aktivitas / model dari sebuah *case*. Model yang dihasilkan dapat berupa model asli yang telah digambarkan sebelumnya ataupun sebuah model penyempurnaan dari sebelumnya. Penggunaan algoritma alpha++ dikarenakan algoritma ini merupakan algoritma perbaikan dari kekurangan algoritma sebelumnya yaitu alpha dalam melakukan proses mining.

3.6 Merekayasa Ulang Model

Pada tahap merekayasa ulang model akan dibagi menjadi dua tahapan dimana tahapan pertama adalah memodelkan proses bisnis yang memiliki hambatan secara detail pada *tools* ARENA kemudian melakukan pengoptimalan waktu berdasarkan hasil simulasi.

Dalam proses mengoptimalkan waktu dengan analisis simulasi *queueing system* dilakukan dengan cara melakukan analisis pada aktivitas yang memiliki hambatan terbesar. Proses ini membutuhkan data waktu rata-rata aktivitas, waktu maksimal dan minimal aktivitas yang didapat dari hasil proses mining serta variabel operasional dalam teori *queueing system* sebagai berikut:

1. *Arrival rate*

Variabel ini didapatkan dengan menggunakan rata-rata kedatangan barang/pelanggan pada aktivitas berdasarkan data *event log*.

2. *Service rate*

Variabel ini didapatkan dengan menggunakan rata-rata lama pelayanan untuk aktivitas yang akan dianalisis berdasarkan data *event log*.

3. Jumlah server/layanan

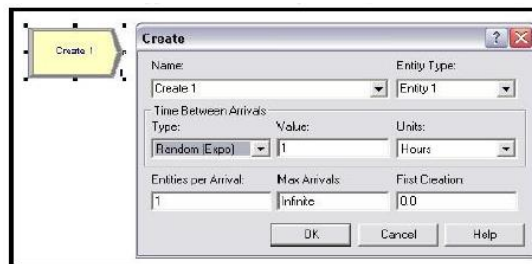
Variabel ini didapatkan dengan menggunakan data dari *software* bongkar muat untuk aktivitas yang terdapat pada sistem.

Setelah didapatkan variabel tersebut kemudian dilakukan penentuan model analisis baik *single-server model* atau *multiple-server model* yang akan diterapkan berdasarkan jumlah server/layanan yang digunakan pada aktivitas tersebut. Selanjutnya dilakukan pembuatan simulasi aktivitas berdasarkan proses dari aktivitas tersebut pada *software* ARENA sesuai langkah-langkah berikut:

1. Membuat model sesuai alur aktivitas yang terdiri dari 3 komponen utama yaitu modul *create*, modul proses dan modul *dispose*. Modul *create* adalah awal mula berangkatnya *entity* pada proses simulasi. Modul proses disesuaikan dengan proses pada aktivitas yang akan disimulasikan bisa berbentuk 1 proses ataupun terpecah menjadi beberapa *station*. Modul *dispose* menentukan jumlah *entity* yang dikeluarkan dari proses simulasi.
2. Kemudian dilakukan penentuan distribusi kedatangan terhadap aktivitas dengan menggunakan data *eventlog* dan ARENA *input analyzer*. Data jeda

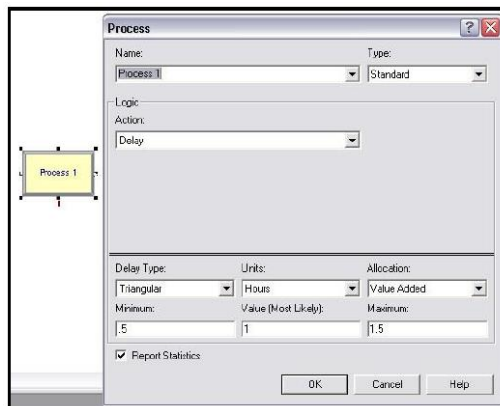
waktu tiap kedatangan dimasukkan kedalam notepad dan dilakukan import pada ARENA. Setelah dilakukan import melakukan fit data pada ARENA untuk mendapatkan rangkuman distribusi tersebut.

3. Selanjutnya memasukkan parameter data pada tiap modul. Pada modul *create* diperlukan data tipe distribusi kedatangan, jumlah *entity* tiap kedatangan, maksimal kedatangan dan satuan waktu seperti pada gambar 3.2.



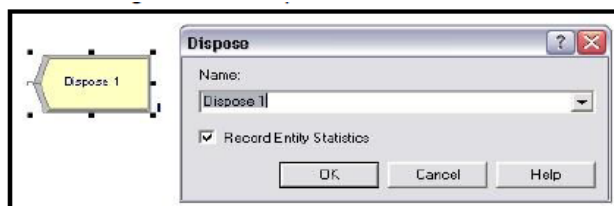
Gambar 3.8 Parameter modul *create*

Pada modul proses dimasukkan data berupa prioritas aktivitas, satuan waktu, *resources* yang dibutuhkan dan waktu *delay* seperti gambar 3.3.



Gambar 3.9 Parameter modul proses

Pada modul dispose dimasukkan data jumlah *entity* yang akan dikeluarkan dari sistem simulasi seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.10 Parameter modul *dispose*

4. Melakukan *running* pada *tools* ARENA untuk mendapatkan hasil proses simulasi

Hasil simulasi ARENA akan didapatkan lama waktu tunggu barang/pelanggan, jumlah barang/pelanggan di dalam antrian, dan probabilitas layanan untuk menjadi sibuk.

Berdasarkan hasil tersebut kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan ketika jumlah layanan ditambahkan. Metode ini dipilih karena dalam proses bisnis bongkar muat variabel yang mempengaruhi adalah waktu proses, jumlah sdm ataupun jumlah peralatan dan berdasarkan penelitian tentang antrian sebelumnya cocok dalam mengoptimalkan performa antrian yang terjadi pada sebuah aktivitas.

Tahapan kedua adalah melakukan rekayasa ulang proses berdasarkan hasil analisis simulasi *queueing system* yang telah dilakukan. Rekayasa ulang proses pada tahap ini ditujukan untuk menguji hasil analisis sebelumnya dengan hasil simulasi ulang dengan parameter tambahan yang didapatkan.

3.7 Validasi hasil rekayasa dan estimasi KPI

Dalam melakukan validasi ini akan dilakukan perbandingan antara hasil rekayasa ulang proses bisnis pada aktivitas-aktivitas yang telah dianalisis sebelumnya dengan hasil sistem secara nyata. Setelah dilakukan uji hasil tersebut dilakukan pengecekan model simulasi ARENA dengan menggunakan *Chi-Square test for Association* apakah model simulasi dapat merepresentasikan model nyata.

Proses selanjutnya adalah melakukan estimasi KPI untuk T/G/H dimana KPI ini didapatkan dari formula 3.1.

$$TGH = \frac{\text{Jumlah tonase bongkar muat}}{\text{jumlah gang} \times \text{waktu efektif}} \quad 3.1$$

Jumlah tonase bongkar/muat didapatkan dari hasil simulasi dengan *tools* ARENA yaitu dengan memodelkan tonase atau volume tiap terminal yang berhasil diselesaikan begitu juga sedangkan waktu efektif dan jumlah gang didapatkan dari lama aktivitas bongkar/muat dari jumlah parameter aktivitas dan hasil lama waktu aktivitas.

Hasil estimasi tersebut akan dibandingkan dengan nilai KPI T/G/H eksisting dan nilai minimal KPI sesuai peraturan DJPL. Proses selanjutnya adalah

melakukan perkiraan biaya yang dibutuhkan ketika dilakukan penambahan jumlah layanan tersebut untuk menjadi referensi bagi manajemen dalam peningkatan kinerja bongkar muat non petikemas di pelabuhan Tanjung Perak.

3.8 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan adalah tahapan yang dilakukan dari awal sampai akhir. Pada setiap proses penelitian, mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan akan didokumentasikan pada laporan penelitian ini. Sehingga penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian terkait.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

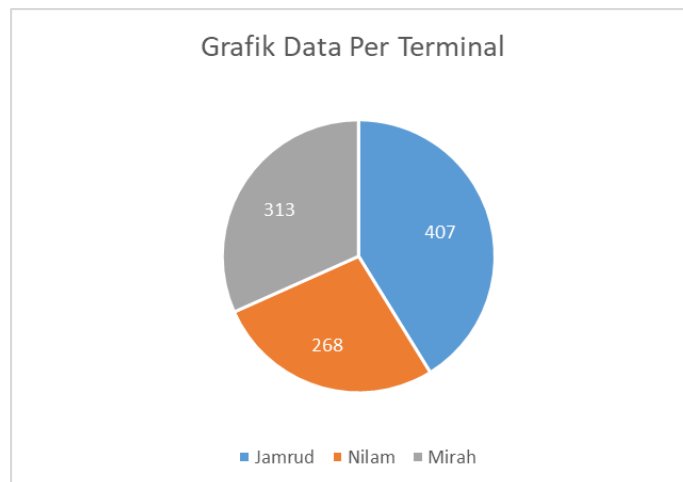
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan proses penelitian yang telah dilakukan dan dianalisis agar memperoleh hasil penelitian. Proses penelitian dimulai dari pengumpulan data, hasil pemodelan YAWL kemudian proses mining hingga rekayasa model dengan tools ARENA serta validasi model simulasi.

4.1 Deskripsi Data

Data yang didapatkan dari *software* bongkar muat dari tahun 2018 hingga 2020 berjumlah 988 data. Jumlah data tersebut adalah data yang memiliki kelengkapan mulai dari proses *gate in* hingga realisasi.

Peneliti telah membuat ringkasan berdasarkan data per terminal. Hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik jumlah data per terminal

Data tersebut memiliki komponen berupa id (nomor id kapal), *start_date* (tanggal mulai aktivitas) dan *end_date* (tanggal akhir aktivitas) dan aktivitas seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komponen Data Bongkar Muat

id	<i>start_date</i>	<i>end_date</i>	aktivitas
1912021094	12/24/2019 22:20	12/24/2019 22:20	Mencatat_GateIn
1912021094	12/24/2019 22:25	12/24/2019 22:35	Persiapan_peralatan
1912021094	12/24/2019 22:40	12/24/2019 22:40	Mencatat_StartWork
1912021094	12/24/2019 22:41	12/26/2019 16:01	BongkarMuat_TKBM
1912021094	12/26/2019 16:02	12/26/2019 16:02	Entry_Pencatatan_tally

Tabel 4.2 Komponen Data Bongkar Muat (lanjutan)

id	start_date	end_date	Aktivitas
1912021094	12/26/2019 23:20	12/26/2019 23:20	Entry_Timesheet
1912021094	12/26/2019 23:20	12/26/2019 23:20	Mencatat_EndWork
1912021094	12/26/2019 23:22	12/26/2019 23:23	Mencatat_GateOut
1912021094	12/26/2019 23:23	12/27/2019 2:54	Entry_Realisasi
1912021094	12/27/2019 2:59	12/27/2019 2:59	Verifikasi_Kegiatan
1912021094	12/27/2019 3:11	12/27/2019 3:11	Pengesahan_Aatasan

4.2 Model Proses Bisnis Dengan Proses Mining

Pada sub bab ini hasil dari eventlog yang dihasilkan dari YAWL memiliki format xes dimana didalamnya terdiri dari keseluruhan case yang telah dijalankan seperti pada gambar 4.2

```

20 <string key="concept:name" value="EM - version 0.18"/>
21 <trace>
22 <string key="concept:name" value="27"/>
23 <event>
24 <date key="time:timestamp" value="2020-12-27T13:07:27.943+0700"/>
25 <string key="concept:name" value="Mencatat_GateIn"/>
26 <string key="lifecycle:transition" value="schedule"/>
27 <string key="concept:instance" value="27.1"/>
28 </event>
29 <event>
30 <date key="time:timestamp" value="2020-12-27T13:07:27.953+0700"/>
31 <string key="concept:name" value="Bongkar Muat"/>
32 <string key="lifecycle:transition" value="unknown"/>
33 <string key="concept:instance" value="27.1"/>
34 </event>
35 </event>

```

Gambar 4.2 Hasil eventlog YAWL

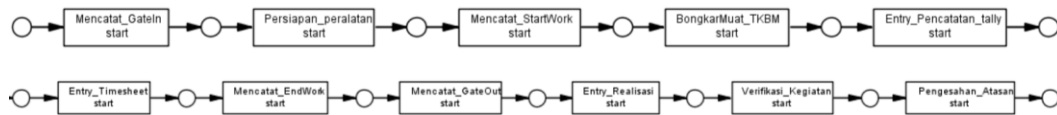
Eventlog yang telah dilakukan *filtering* dengan *heuristic miner* dan memiliki ekstensi .mxml dianalisis menggunakan tools ProM 5.2. Untuk melakukan analisis tersebut maka diperlukan melakukan import data tersebut kedalam ProM dan didapatkan ringkasan dari log.

Model element	Event type	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Mencatat_GateIn	start	127	9.091%
Persiapan_peralatan	start	127	9.091%
Mencatat_StartWork	start	127	9.091%
BongkarMuat_TKBM	start	127	9.091%
Entry_Pencatatan_tally	start	127	9.091%
Entry_Timesheet	start	127	9.091%
Mencatat_EndWork	start	127	9.091%
Mencatat_GateOut	start	127	9.091%
Entry_Realisasi	start	127	9.091%
Verifikasi_Kegiatan	start	127	9.091%
Pengesahan_Aatasan	start	127	9.091%

Gambar 4.3 Ringkasan data aktivitas log

Berdasarkan hasil pada gambar 4.3 terlihat bahwa terdapat total 11 aktivitas dalam tiap-tiap *case* sesuai dengan jumlah aktivitas yang terdapat pada model YAWL dimana kolom *occurrences (relative)* menunjukkan presentase aktivitas yang ada pada semua log.

Untuk mendapatkan model petriNet terhadap hasil pemodelan pada YAWL dengan ProM maka algoritma alpha++ digunakan yang dapat mendeteksi implicit dependensi pada sebuah petriNet yang merupakan alur aktifitas dari proses bisnis berdasarkan log data yang dimasukkan. Untuk melakukan hal tersebut pada *tools* ProM dilakukan dengan memilih menu *alpha++ algorithm plugin* maka menghasilkan flow seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil algoritma alpha++

4.3 Validasi Model Proses Mining

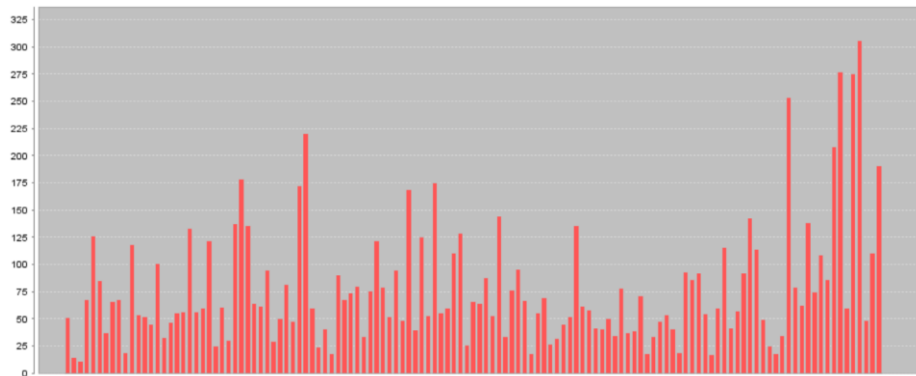
Berdasarkan hasil algoritma alpha++ pada gambar 4.4 dapat dilakukan validasi model proses bisnis yang terbuat dari event log dengan proses bisnis yang ada pada SOP dengan tujuan untuk melihat apakah proses yang dilakukan di lapangan telah sesuai SOP yang dibuat. Validasi dilakukan dengan melihat alur proses dan membandingkannya dengan SOP yang ada. Pada SOP proses bisnis bongkar muat terjadi dilakukan mulai dari gate in hingga proses gate out seperti pada gambar 3.3.

Jika dibandingkan dengan SOP dapat terlihat bahwa urutan alur yang terbentuk pada proses mining telah sesuai dengan urutan SOP diawali dari *gate in* hingga gate out. Namun terdapat perbedaan pada model YAWL di bagian bongkar muat dan pencatatan tally dimana tidak terbentuk paralel dikarenakan proses *entry* pencatatan berdasarkan log data dilakukan setelah bongkar muat selesai seperti terlihat pada sampel data pada tabel 4.1. Sehingga hasil model tersebut tetap benar dikarenakan proses entri data kedalam sistem di lapangan memiliki jeda karena menunggu proses bongkar muat sebelumnya selesai terlebih dahulu.

Pada proses realisasi hasil urutan alur juga terlihat sesuai dengan SOP dimulai dari pencatatan realisasi hingga kepada pengesahan atasan. Berdasarkan hal tersebut model hasil proses mining telah sesuai dengan SOP yang ada pada perusahaan.

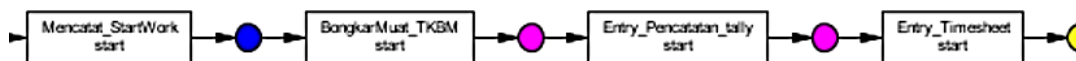
4.4 Analisis Dan Interpretasi Proses Mining

Berdasarkan hasil model petriNet yang telah dibuat dapat dilakukan analisis untuk mendapatkan besarnya *throughput* dari setiap *case* yang ada pada *eventlog* dimana proses paling lama adalah 306 jam dan yang paling cepat adalah 10 jam seperti ditunjukkan pada gambar 4.5.



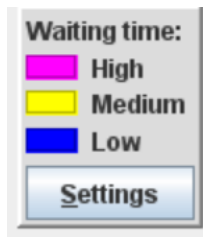
Gambar 4.5 Hasil *throughput* tiap *case*

Setelah didapatkan hasil petriNet dari algoritma alpha++ tersebut kemudian dianalisis menggunakan *performance analysis* petriNet dengan pengaturan waktu dalam hour untuk mendapatkan aktivitas yang memiliki *bottleneck* terbesar. Hasil yang didapatkan terdapat beberapa aktivitas yang memiliki *bottleneck* seperti ditunjukkan pada gambar 4.6.



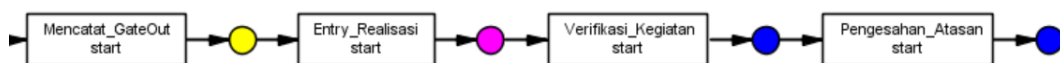
Gambar 4.6 *Bottleneck* aktivitas bongkar muat

Aktivitas bongkar muat memiliki 2 aktivitas yang berwarna ungu yaitu pada saat bongkar muat tkbm dan *entry timesheet* dengan rata-rata waktu tunggu adalah 51.3 jam dan 4.23 jam. Dalam hasil *performance analysis* ini terdapat 3 warna node yaitu biru, kuning dan ungu dimana setiap warna memiliki arti tersendiri seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Arti kode warna

Warna ungu menjelaskan bahwa terdapat waktu tunggu yang tinggi sedangkan warna kuning menunjukkan bahwa aktivitas memiliki waktu tunggu tetapi tidak menjadikan prioritas yang tinggi dikarenakan waktu tunggu tersebut masih dalam kategori normal. Warna biru menunjukkan bahwa aktivitas tersebut lancar dan tidak memiliki waktu tunggu. Dari hasil analisis performa total waktu keseluruhan proses mulai dari *gate in* hingga realisasi adalah 69.1 jam.



Gambar 4.8 *Bottleneck* pada aktivitas realisasi

Pada gambar 4.8 terdapat *bottleneck* pada proses *entry* realisasi dengan waktu proses mencapai 12.86 jam. Berdasarkan hasil tersebut maka aktivitas yang akan dilakukan optimasi adalah:

1. Proses bongkar muat
2. Proses pencatatan *timesheet*
3. Proses pencatatan realisasi

4.5 Model Aktivitas Dengan ARENA

Berdasarkan hasil proses mining sebelumnya teridentifikasi terdapat 3 antrian terbesar yaitu selanjutnya masing-masing proses tersebut dimulasikan dengan *tools* ARENA. Pada pelabuhan tanjung perak yang memiliki 3 terminal yaitu terminal Jamrud, Nilam dan Mirah dengan total 7 dermaga untuk proses bongkar muat non petikemas.

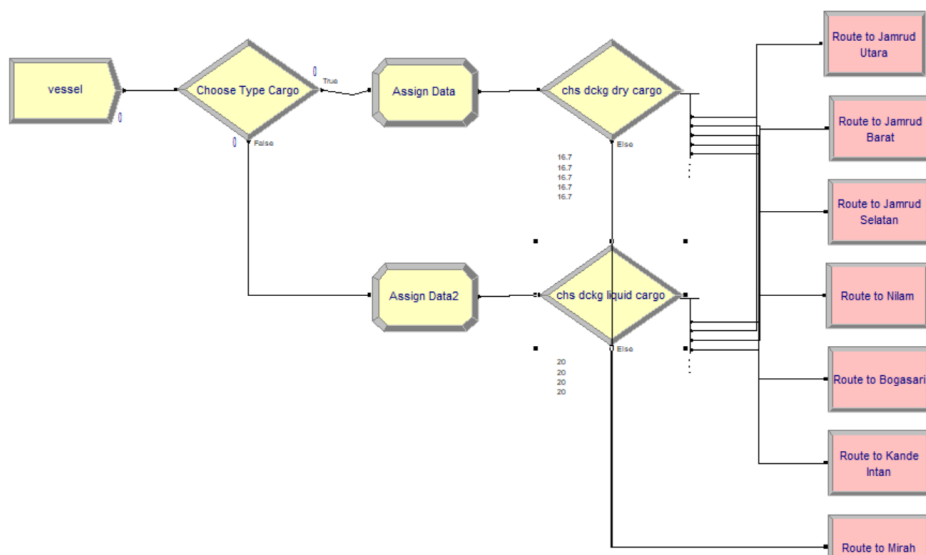
Berdasarkan data bongkar muat pada *software* Pelindo 3 dermaga jamrud utara, jamrud barat, nilam timur dan mirah dapat menangani kargo curah kering dan cair kemudian jamrud selatan dan mirah-bogasari hanya dapat menangani kargo

curah kering sedangkan dermaga nilam-kade intan hanya menangani kargo curah cair.

Masing masing dermaga memiliki jumlah tambatan yang berbeda-beda dimana dermaga jamrud utara dan jamrud selatan memiliki 3 tambatan kapal sedangkan dermaga lainnya masing-masing hanya memiliki 1 tambatan.

Pada ARENA untuk mensimulasikan proses bisnis maka diperlukan proses untuk membuat entitas dimana pada proses bongkar muat adalah kapal. Sistem pelayanan yang diterapkan pada kedatangan kapal adalah FIFO (*First In, First Out*) dimana kapal akan dilayani sesuai dengan urutan kedatangannya. Sistem FIFO tidak memperhitungkan perbedaan pada biaya sewa kapal dengan ukuran yang berbeda.

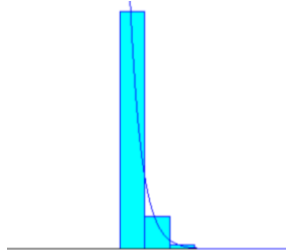
Pada model simulasi ketika entitas dibuat dilakukan pemberian *attribute* pada masing-masing entitas berupa jumlah volume barang dan juga jenis barangnya. Berdasarkan data dari 2018 hingga 2020 prosentase curah kering dan cair adalah 52% curah kering dan 48% curah cair sehingga ditambahkan blok proses *decision* (*Choose Type Cargo*) untuk menentukan hal tersebut. Selanjutnya entitas dilakukan pengecekan jenis kargo berdasarkan atribut yang diberikan untuk diarahkan pada dermaga yang dapat menangani kargo tersebut seperti pada gambar.



Gambar 4.9 Model pemilihan dermaga

Interval kedatangan kapal pada pelabuhan diatur menggunakan distribusi eksponensial dengan jumlah kedatangan per interval adalah 1 dan maksimal tidak

terhingga. Rumus distribusi didapatkan dari hasil memodelkan interval kedatangan dengan menggunakan tools *input analyzer* pada ARENA. Dengan menggunakan data kedatangan dengan nilai minimal adalah 0 jam dan maksimal 336 jam didapatkan nilai *chi square test* 0.0728 dengan model distribusi seperti pada gambar 4.10.



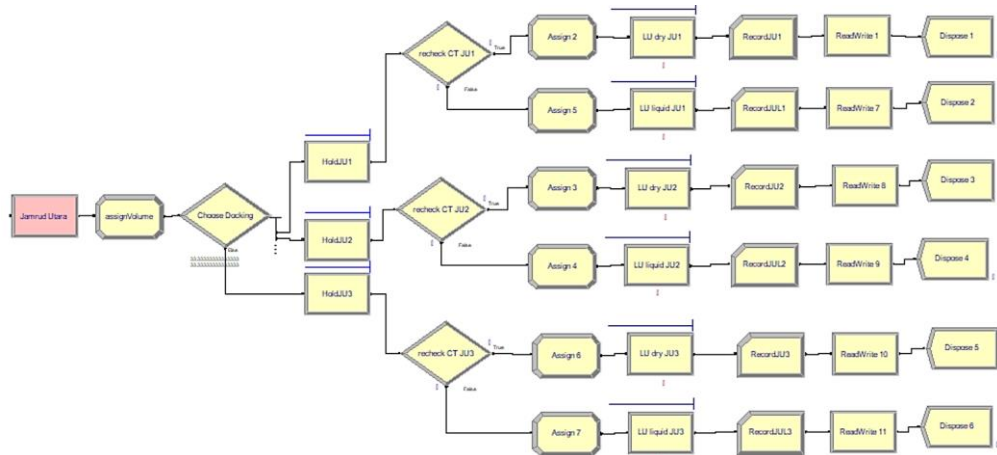
Gambar 4.10 Distribusi kedatangan kapal

Masing masing entitas diarahkan kepada masing – masing dermaga dengan prosentase pemilihan sebanding yaitu 16.66666666666667% untuk dermaga yang dapat menangani curah kering dan 20% untuk dermaga yang dapat menagani curah cair. Selanjutnya dilakukan pembuatan model simulasi untuk masing-masing dermaga.

4.5.1 Model Dermaga Jamrud Utara

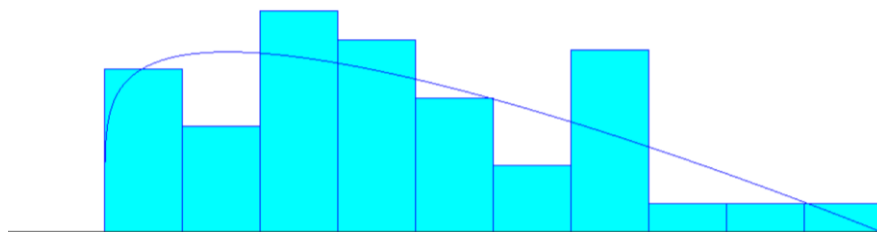
Pada dermaga ini memiliki 3 tambatan dan masing masing tambatan dapat menangani cargo curah cair ataupun kering. Pada model simulasi diawal proses dilakukan pemberian *attribut* volume/tonase barang dengan menggunakan blok *assign* kemudian menggunakan pemilihan tambatan dengan blok *decision* sehingga dapat terdistribusi ke masing masing tambatan. Setelah memilih posisi tambatan maka entitas akan mengantri dengan menggunakan blok *hold*.

Hal ini dilakukan karena pada proses nyata di lapangan kapal tidak mengantri pada proses bongkar muat namun sebelum memasuki area tambatan serta pada satu tambatan hanya dapat menangani satu proses curah kering ataupun curah cair secara bergantian. Pada blok *hold* ini pengecekan dilakukan dengan menggunakan ekspresi $LU\ dry\ JUn.WIP < 1 \ \&\& \ LU\ liquid\ JUn.WIP < 1$. Blok proses $LU\ dry\ JU1$ hingga 3 dan $LU\ liquid\ JU1$ hingga 3 pada gambar 4.11 masing-masing mensimulasikan proses bongkar muat kering dan cair.



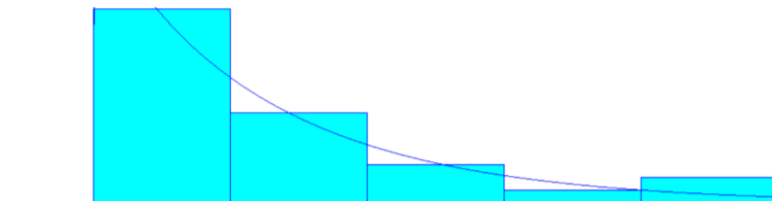
Gambar 4.11 Model dermaga jamrud utara

Lama proses bongkar muat pada kargo curah kering dimodelkan dengan distribusi beta dengan nilai $35 + 136 * \text{BETA}(1.19, 1.99)$ berdasarkan data interval waktu dari sistem nyata pada gambar 4.12 dimana jumlah data adalah 120 dengan lama bongkar muat minimal dan maksimal masing-masing adalah 35 jam dan 170 jam.



Gambar 4.12 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud utara

Sedangkan pada proses bongkar muat curah cair di dermaga ini terdapat jumlah data 28 kapal dimana hasil distribusi menggunakan distribusi gamma dengan nilai $23 + \text{GAMM}(26.4, 0.936)$. Lama minimal bongkar muat adalah 23.6 jam lama maksimal bongkar muat adalah 118 jam seperti pada gambar.



Gambar 4.13 Distribusi lama proses kargo curah cair jamrud utara

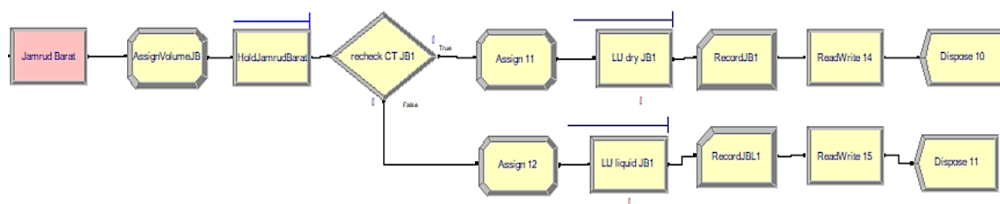
Tonase barang yang dibongkar atau dimuat menggunakan distribusi BETA sedangkan pada Volume curah cair pada dermaga ini menggunakan distribusi normal seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Distribusi tonase jamrud utara

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	$1.12e+003+WEIB(8.98e+003, 1.18)$	2200	24600	10300
Curah Cair	$NORM(3.4e+003, 1.78e+003)$	1000	9860	3380

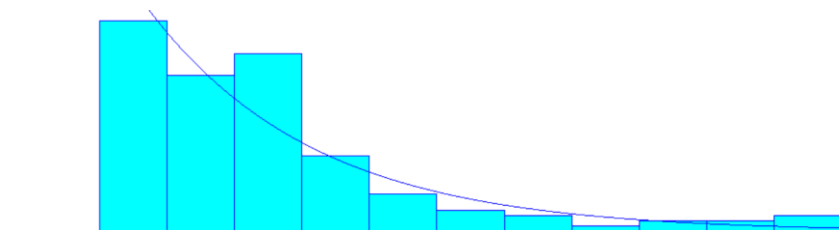
4.5.2 Model Dermaga Jamrud Barat

Pada dermaga ini hanya memiliki 1 tambatan dan tambatan tersebut dapat menangani baik cargo curah kering maupun curah cair yang ditandakan pada blok proses LU dry JB1 dan LU liquid JB1. Pada gambar 4.14 adalah model simulasi yang dibuat.



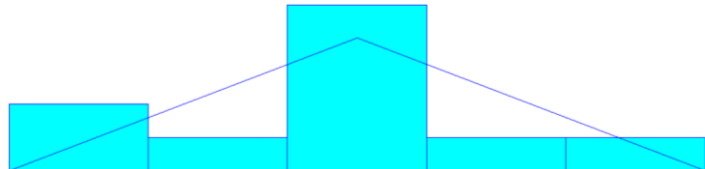
Gambar 4.14 Model dermaga jamrud barat

Pada pengaturan lama proses bongkar muat curah kering di dermaga ini menggunakan distribusi eksponensial ($24 + EXPO(60.9)$) seperti pada gambar 4.15 dengan lama minimal bongkar muat 24 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 294 jam serta rata-rata lama bongkar muat adalah 56.4 jam dengan jumlah data adalah 137.



Gambar 4.15 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud barat

Sedangkan pada pengaturan lama proses bongkar muat curah cair di dermaga ini menggunakan distribusi triangular (TRIA(16, 38, 60)) seperti pada gambar 4.16 dengan lama minimal bongkar muat 16.3 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 60 jam dengan jumlah data 10 dan rata-rata lama bongkar muat 35 jam. Pada distribusi curah cair ini nilai square error adalah 0.073600.



Gambar 4.16 Distribusi lama proses kargo curah cair jamrud barat

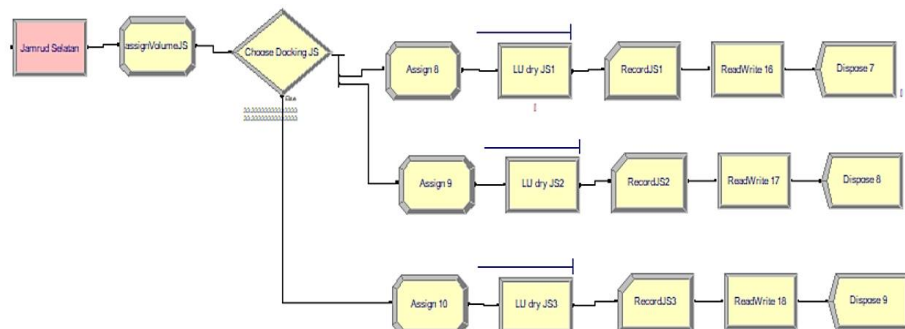
Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah kering dan curah cair pada dermaga ini menggunakan distribusi weibull seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Distribusi tonase jamrud barat

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	$938 + WEIB(3.2e+003, 1.07)$	939	25200	4060
Curah Cair	$1.5e+003 + WEIB(1.04e+003, 0.542)$	1500	7050	2900

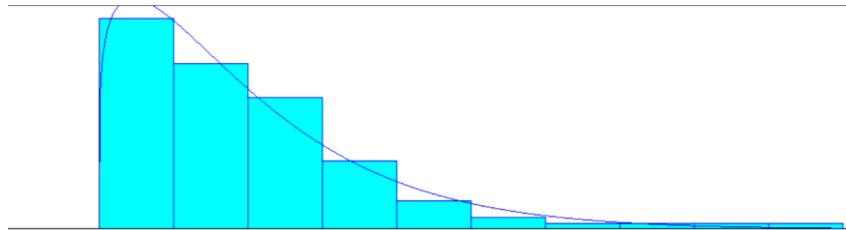
4.5.3 Model Dermaga Jamrud Selatan

Pada dermaga ini memiliki 3 tambatan dan masing masing tambatan hanya dapat menangani kargo curah kering yang ditandakan pada blok proses LU dry JS1 hingga 3. Gambar 4.17 adalah model simulasi yang dibuat untuk dermaga ini.



Gambar 4.17 Model dermaga jamrud selatan

Pada pengaturan lama proses bongkar muat di dermaga ini menggunakan distribusi weibull (4+WEIB(60.8, 1.19)) dengan lama minimal bongkar muat adalah 4 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 294 jam serta rata-rata bongkar muat adalah 61.2 jam dari 112 data.



Gambar 4.18 Distribusi lama proses kargo curah kering jamrud selatan

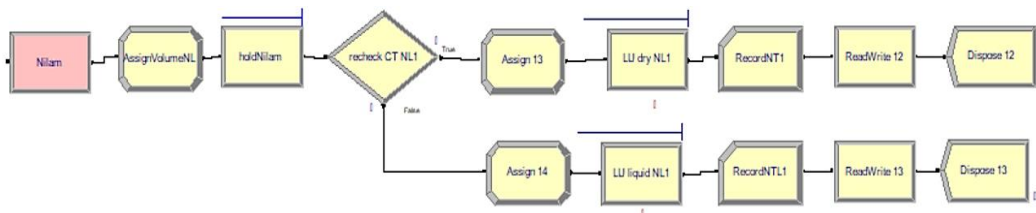
Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah kering menggunakan distribusi beta seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Distribusi tonase jamrud barat

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	231+EXPO(3.31e+003)	232	25200	3570

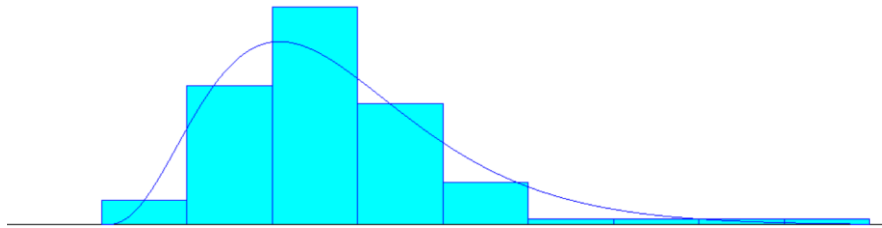
4.5.4 Model Dermaga Nilam Timur

Pada dermaga ini hanya memiliki 1 tambatan dan masing masing tambatan dapat menangani cargo curah kering dan curah cair yang ditandakan pada blok process LU dry NL1 dan LU liquid NL1 dimana alat yang digunakan untuk curah kering yaitu ShoreCrane yang memiliki maksimal beban tonase lebih rendah daripada HMC pada terminal Jamrud. Gambar 4.19 adalah model simulasi yang dibuat pada ARENA.



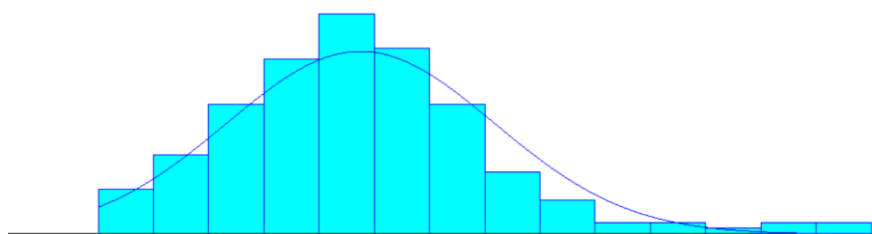
Gambar 4.19 Model dermaga nilam timur

Pada pengaturan lama proses bongkar muat curah kering di dermaga ini menggunakan distribusi erlang (10 + ERLA(9.79, 4)) pada gambar 4.20 dengan lama minimal bongkar muat 10.8 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 137 jam serta rata-rata lama bongkar muat adalah 49.2 dari total 94 data. Distribusi ini memiliki nilai *square error* 0.009780.



Gambar 4.20 Distribusi lama proses kargo curah kering nilam timur

Sedangkan pada pengaturan lama proses bongkar muat curah cair di dermaga ini menggunakan distribusi normal dengan nilai NORM(49.9, 18.4) pada gambar 4.21 serta memiliki lama minimal bongkar muat adalah 14.4 jam, maksimal lama bongkar muat adalah 120 jam dan rata-rata bongkar muat 49.9 jam dari 197 data. Pada distribusi ini memiliki nilai *square error* 0.003501.



Gambar 4.21 Distribusi lama proses kargo curah cair nilam timur

Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah kering menggunakan distribusi *triangle* sedangkan pada volume curah cair pada dermaga ini menggunakan distribusi weibull seperti ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Distribusi tonase nilam timur

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	TRIA(600, 2.43e+003, 6.29e+003)	600	6290	3110
Curah Cair	TRIA(1.48e+003, 1.92e+003, 5.5e+003)	510	5500	3110

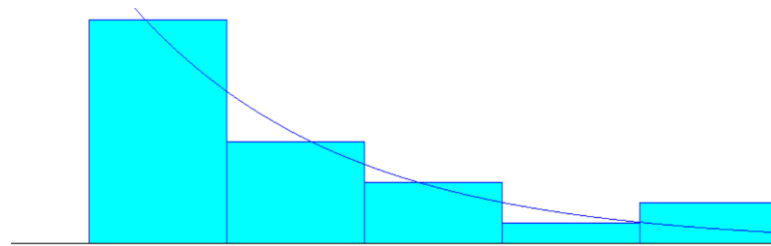
4.5.5 Model Dermaga Nilam Kade Intan

Pada dermaga ini hanya memiliki 1 tambatan dan hanya dapat menangani kargo curah cair yang ditandakan pada blok proses LU liquid KI1 seperti pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Model dermaga nilam kade intan

Pada pengaturan lama proses bongkar muat curah cair di dermaga ini menggunakan distribusi eksponensial ($23 + \text{EXPO}(30.4)$) seperti pada gambar 4.23 dengan lama minimal bongkar muat 26.8 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 152 jam serta rata-rata lama bongkar muat 53.4 jam dari total 22 data. Pada dermaga ini memiliki nilai *square error* 0.004571.



Gambar 4.23 Distribusi lama proses kargo curah cair nilam kade intan

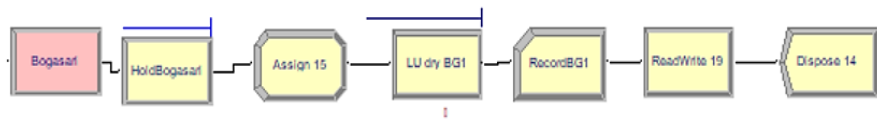
Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah cair menggunakan distribusi beta seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Distribusi tonase nilam kade intan

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Cair	$1.5e+003 + 3.51e+003$ * BETA(0.761, 1.12)	1500	5010	2920

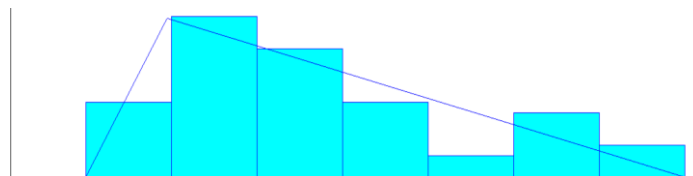
4.5.6 Model Dermaga Mirah Bogasari

Pada dermaga ini hanya memiliki 1 tambatan dan hanya dapat menangani cargo curah kering yang ditandakan pada blok proses LU dry BG1 seperti pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Model dermaga mirah bogasari

Pada pengaturan lama proses bongkar muat curah kering di dermaga ini menggunakan distribusi *triangle* dengan nilai TRIA(34, 46.2, 117) seperti pada gambar 4.25 serta lama minimal bongkar muat 34.2 jam dan maksimal lama bongkar muat adalah 116 jam dengan rata-rata lama bongkar muat adalah 65.7 jam dari 51 data.



Gambar 4.25 Distribusi lama proses kargo curah kering mirah bogasari

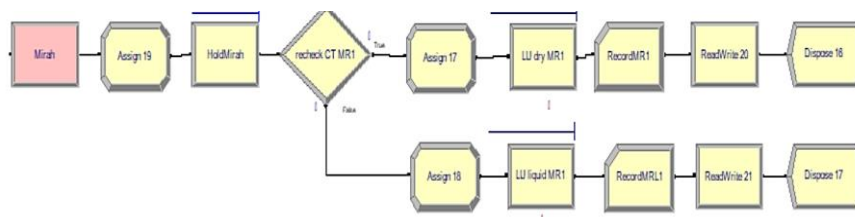
Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah kering juga menggunakan distribusi triangle seperti pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Distribusi tonase mirah bogasari

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	TRIA(5.6e+003, 2.86e+004, 3.16e+004)	5600	31600	21900

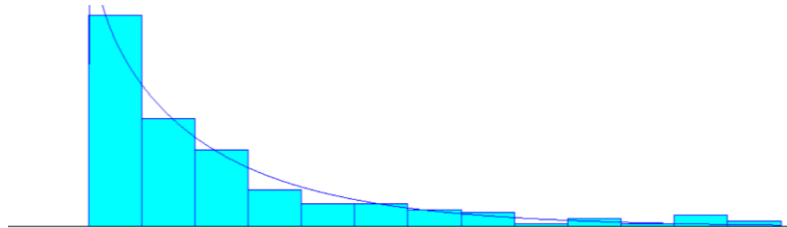
4.5.7 Model Dermaga Mirah

Pada dermaga ini hanya memiliki 1 tambatan dan tambatan tersebut dapat menangani cargo curah kering dan curah cair yang ditandakan pada blok proses LU dry MR1 dan LU liquid MR1 seperti pada gambar 4.26 dimana alat yang digunakan untuk curah kering yaitu *shore crane* seperti terminal nilam.



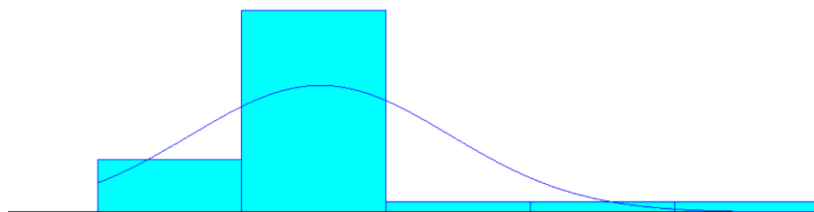
Gambar 4.26 Model dermaga mirah

Pada pengaturan lama proses bongkar muat curah kering di dermaga ini menggunakan distribusi weibull dengan nilai $5+WEIB(33.3, 0.909)$ dan lama minimal bongkar muat 58 jam, maksimal lama bongkar muat 186 jam dan rata-rata lama bongkar muat adalah 40 jam dari total 190 data seperti pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Distribusi lama proses kargo curah kering mirah

Sedangkan pengaturan lama proses bongkar muat curah cair di dermaga ini menggunakan distribusi normal dengan nilai $NORM(49.8, 20.9)$ seperti pada gambar 4.28 dimana lama minimal bongkar muat 14.5 jam, maksimal lama bongkar muat adalah 130 jam serta rata-rata lama bongkar muat adalah 49.8 jam dari total 27 data.



Gambar 4.28 Distribusi lama proses kargo curah cair mirah

Tonase barang yang dibongkar atau dimuat pada curah kering menggunakan distribusi *erlang* sedangkan pada volume curah cair pada dermaga ini menggunakan distribusi *triangle* seperti pada tabel 4.9.

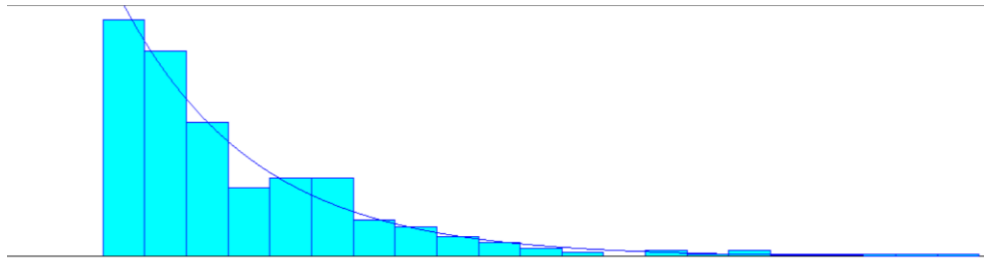
Tabel 4.9 Distribusi tonase dermaga mirah

Jenis	Distribusi	Minimal Tonase	Maksimal Tonase	Rata-rata tonase
Curah Kering	$133+ERLA(784, 2)$	133	6630	1690
Curah Cair	$TRIA(800, 2.79e+003, 5e+003)$	800	5000	2860

4.5.8 Model Pencatatan *Timesheet* Terminal Jamrud

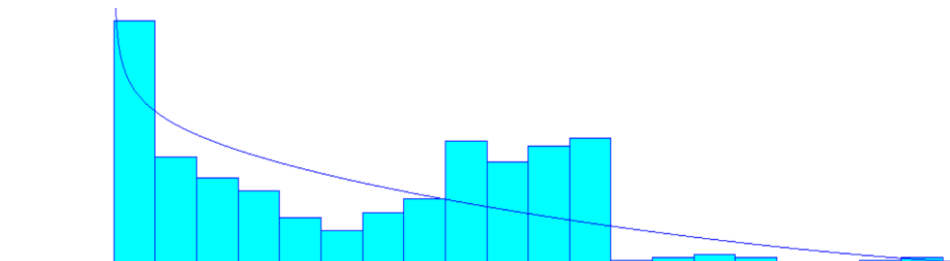
Pada proses pencatatan *timesheet* dilakukan oleh petugas admin dimana petugas admin berada pada masing-masing terminal. Oleh karena itu pada simulasi ARENA ini model simulasi akan dibagi menjadi 3 berdasarkan jumlah terminal yaitu terminal jamrud, terminal nilam dan terminal mirah.

Untuk mendapatkan *arrival rate* pada proses pencatatan *timesheet* maka dilakukan permodelan distribusi dengan menggunakan *input analyzer* dimana didapatkan distribusi eksponensial $-0.001+EXPO(56.1)$ dari 467 data kedatangan dengan maksimal kedatangan adalah 368 jam dan rata-rata kedatangan adalah 56.1 jam seperti pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Distribusi kedatangan pencatatan *timesheet* terminal jamrud

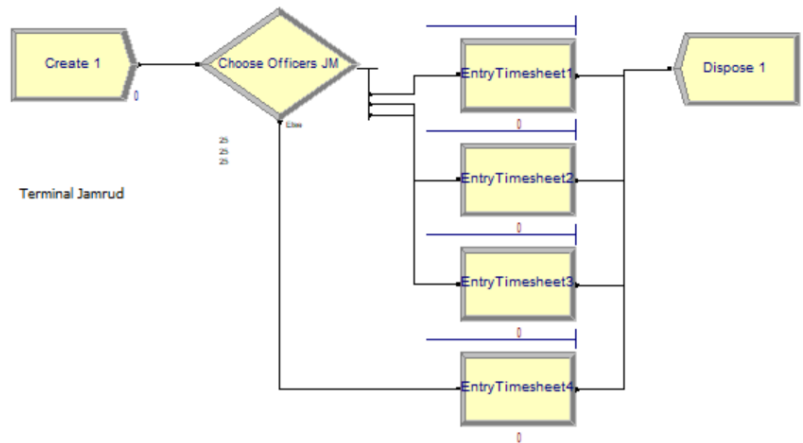
Setelah mendapatkan distribusi *arrival rate* maka selanjutnya perlu memodelkan distribusi untuk lama proses dari pencatatan *timesheet* ini. Lama proses pencatatan pada terminal ini menggunakan distribusi beta $-0.001+14*BETA(0.835, 2.31)$ dari 407 data dengan nilai *square error* 0.020593 dan maksimal lama proses 13.2 jam seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Distribusi lama proses *pencatatan timesheet* terminal jamrud

Pada terminal jamrud ini petugas admin yang bertugas untuk melakukan pencatatan *timesheet* berjumlah 4 orang berdasarkan log aktivitas pencatatan. Oleh

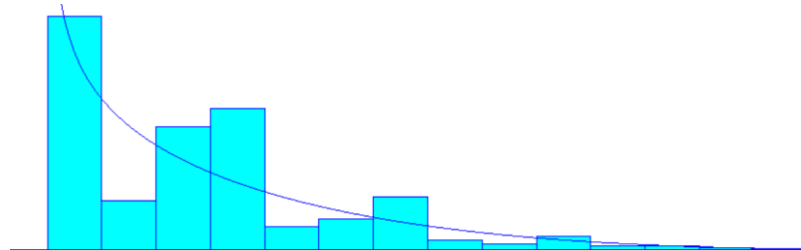
karena itu pada simulasi ARENA gambar 4.31 diberikan 4 blok proses pencatatan *timesheet* untuk mensimulasikan *resource* yang ada pada lapangan dan mendapatkan lama waiting time.



Gambar 4.31 Model pencatatan *timesheet* terminal jamrud

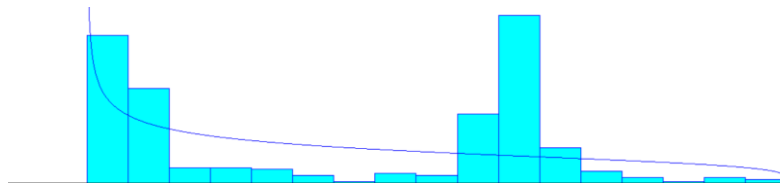
4.5.9 Model Pencatatan *Timesheet* Terminal Nilam

Untuk terminal ini proses simulasi sama dengan terminal sebelumnya dimana dilakukan permodelan *arrival rate* pada terminal ini menggunakan distribusi beta $-0.001 + 140 * \text{BETA}(0.739, 4.04)$ seperti pada gambar 4.32 dengan nilai *square error* 0.043030 dengan maksimal lama kedatangan adalah 139 jam dari total 356 data.



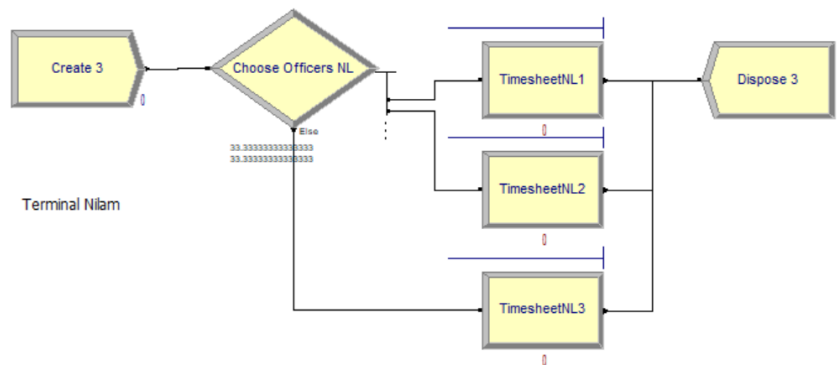
Gambar 4.32 Distribusi kedatangan pencatatan *timesheet* terminal nilam

Untuk distribusi lama proses pencatatan *timesheet* pada terminal nilam menggunakan distribusi beta $12 * \text{BETA}(0.7, 1.23)$ seperti pada gambar 4.33 dengan nilai *square error* 0.051556 dan lama maksimal proses *timesheet* adalah 11.5 jam dari total 313 data.



Gambar 4.33 Distribusi lama proses pencatatan *timesheet* terminal nilam

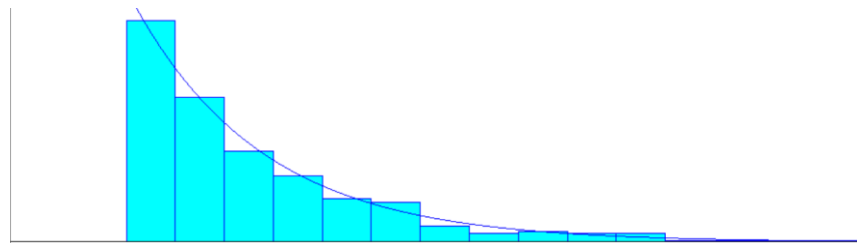
Pada terminal nilam ini petugas admin yang bertugas untuk melakukan pencatatan *timesheet* berjumlah 3 orang berdasarkan log aktivitas pencatatan. Oleh karena itu pada simulasi pada gambar 4.34 di arena diberikan 3 proses pencatatan *timesheet* untuk mensimulasikan *waiting time* dengan *arrival rate* dan *service rate* yang telah didapatkan.



Gambar 4.34 Model pencatatan *timesheet* terminal nilam

4.5.10 Model Pencatatan *Timesheet* Terminal Mirah

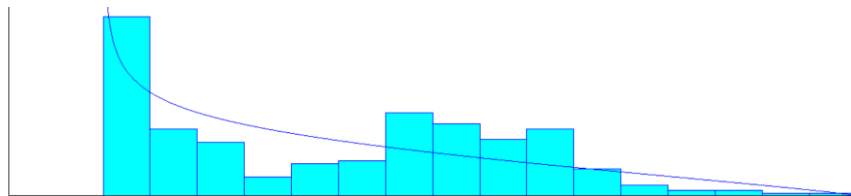
Untuk terminal mirah *arrival rate* dimodelkan dengan menggunakan distribusi eksponensial $-0.001+EXPO(69.1)$ seperti pada gambar 4.35 dengan nilai *square error* 0.000826 dengan maksimal lama kedatangan adalah 494 jam dan rata-rata kedatangan 69.1 jam berdasarkan data log kejadian yang berjumlah 375.



Gambar 4.35 Distribusi kedatangan pencatatan *timesheet* terminal mirah

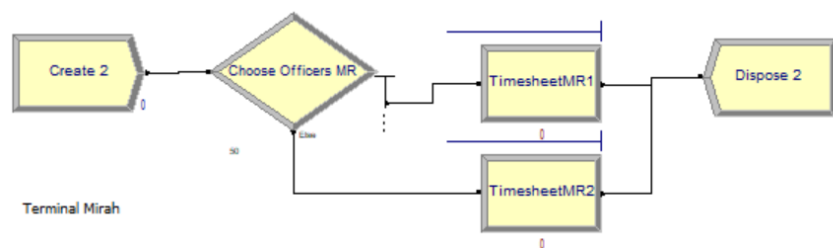
Distribusi lama proses pencatatan *timesheet* pada terminal mirah menggunakan distribusi beta $-0.001+12*BETA(0.771,1.83)$ seperti pada gambar 4.36 dengan nilai *square error* 0.017719 dan lama maksimal proses *timesheet*

adalah 11.8 jam dari total 268 data. Lama maksimal proses tersebut jika dibandingkan dengan lama proses pada terminal nilam memiliki lama proses yang sama.



Gambar 4.36 Distribusi pencatatan *timesheet* terminal mirah

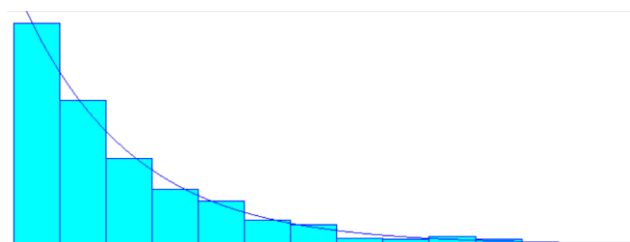
Pada terminal mirah petugas admin yang bertugas untuk melakukan pencatatan *timesheet* berjumlah 2 orang berdasarkan log aktivitas pencatatan. Oleh karena itu pada simulasi pada gambar 4.37 di arena diberikan 2 proses pencatatan *timesheet*.



Gambar 4.37 Model pencatatan *timesheet* terminal mirah

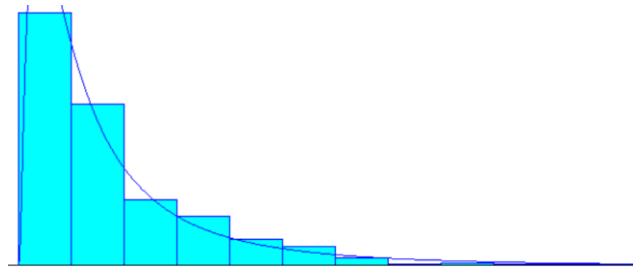
4.5.11 Model Pencatatan Realisasi Terminal Jamrud

Untuk terminal jamrud *arrival rate* dimodelkan dengan menggunakan distribusi eksponensial EXPO(64.2) seperti pada gambar 4.38 dengan maksimal lama kedatangan adalah 541 jam dan rata-rata kedatangan 64.2 jam berdasarkan data log kejadian yang berjumlah 406.



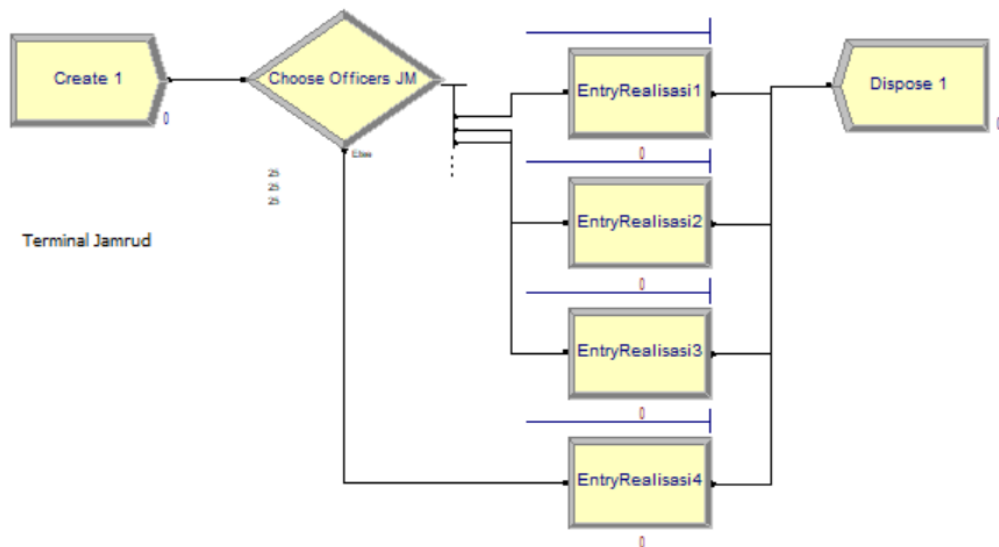
Gambar 4.38 Distribusi kedatangan realisasi terminal jamrud

Distribusi lama proses pencatatan realisasi pada terminal jamrud menggunakan distribusi lognormal LOGN(22.3, 32) seperti pada gambar 4.39 dengan nilai lama maksimal proses pencatatan realisasi adalah 221 jam dan lama minimal proses adalah 0.149 jam serta rata-rata lama proses adalah 20.8 jam dari total 407 data.



Gambar 4.39 Distribusi pencatatan realisasi terminal jamrud

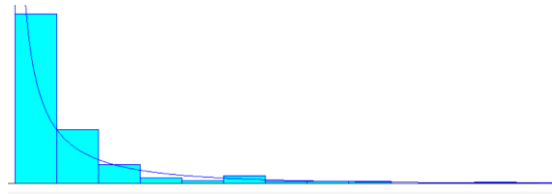
Pada terminal jamrud petugas admin yang bertugas untuk melakukan pencatatan realisasi sama seperti pada proses pencatatan *timesheet* dimana jumlahnya 4 orang. Oleh karena itu pada simulasi pada gambar 4.40 di arena diberikan 4 proses pencatatan realisasi.



Gambar 4.40 Model pencatatan realisasi terminal jamrud

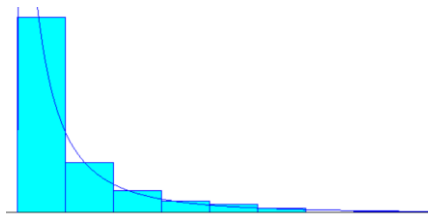
4.5.12 Model Pencatatan Realisasi Terminal Nilam

Pada terminal nilam *arrival rate* dimodelkan dengan menggunakan distribusi weibull WEIB(35.1, 0.544) seperti pada gambar 4.41 dengan maksimal lama kedatangan adalah 688 jam dan rata-rata kedatangan 54.7 jam serta minimal kedatangan adalah 0.0164 jam dari total 313 data kedatangan.



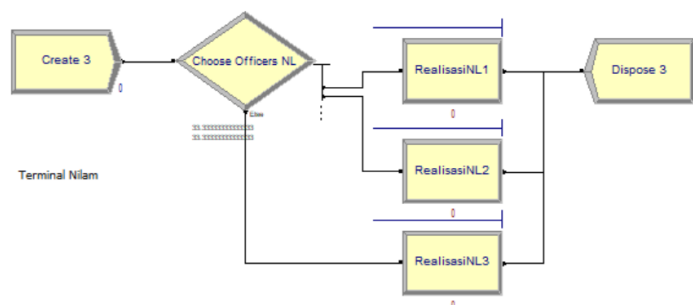
Gambar 4.41 Distribusi kedatangan pencatatan realisasi terminal nilam

Proses pencatatan realisasi pada terminal ini juga menggunakan distribusi lognormal seperti pada terminal jamrud namun dengan nilai yang berbeda yaitu LOGN(31.5, 70.5) seperti pada gambar 4.42 dengan rata-rata proses adalah 27.1 jam dimana nilai lama maksimal proses pencatatan realisasi adalah 384 jam serta lama minimal proses adalah 0.163 jam dari total 313 data.



Gambar 4.42 Distribusi pencatatan realisasi terminal nilam

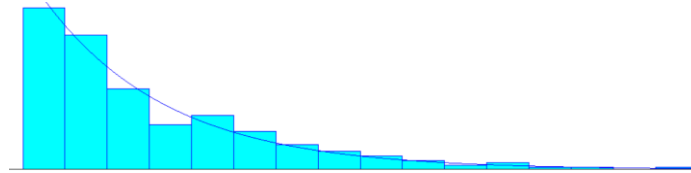
Pada terminal nilam jumlah petugas adalah 3 orang oleh karena itu pada simulasi pada gambar 4.43 di arena diberikan 3 proses pencatatan realisasi dengan probabilitas pemilihan sebanding yaitu 33.33333333333333% sehingga semua petugas memiliki kesempatan yang sama untuk melakukan proses realisasi.



Gambar 4.43 Model pencatatan realisasi terminal nilam

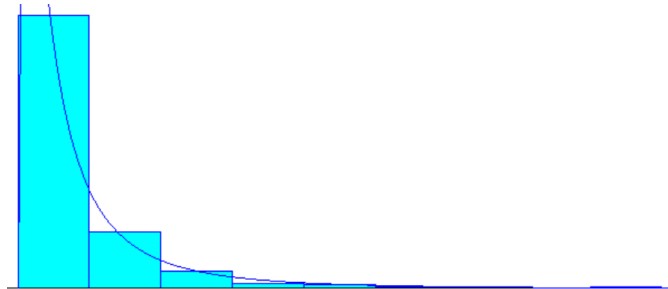
4.5.13 Model Pencatatan Realisasi Terminal Mirah

Pada terminal mirah *arrival rate* dimodelkan dengan menggunakan distribusi eksponensial seperti terminal jamrud yaitu EXPO(65.3) terlihat pada gambar 4.44 yang merupakan distribusi secara histogram. Maksimal lama kedatangan proses ini adalah 266 jam dengan rata-rata kedatangan 65.3 jam serta minimal kedatangan adalah 0.02 jam dari total 268 data kedatangan.



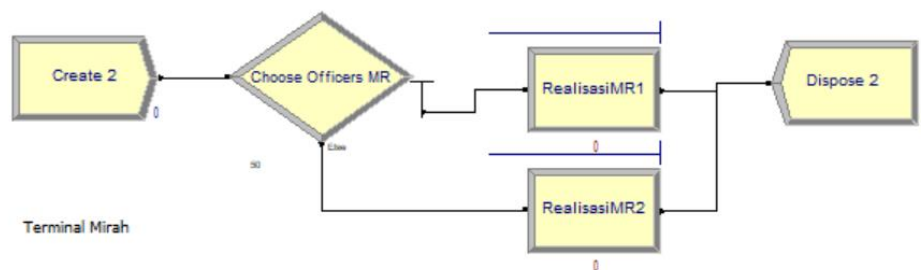
Gambar 4.44 Distribusi kedatangan pencatatan realisasi terminal mirah

Proses pencatatan realisasi juga menggunakan distribusi lognormal seperti kedua terminal yang lain dengan nilai yaitu LOGN(29.8, 52) seperti pada gambar 4.45 dengan rata-rata proses adalah 27.4 jam dimana nilai lama maksimal proses pencatatan realisasi adalah 515 jam serta lama minimal proses adalah 0.0561 jam dari total 268 data.



Gambar 4.45 Distribusi pencatatan realisasi terminal mirah

Pada terminal nilam jumlah petugas adalah 2 orang oleh karena itu pada simulasi pada gambar 4.46 di arena diberikan 2 proses pencatatan realisasi dengan probabilitas pemilihan sebanding yaitu 50%.



Gambar 4.46 Model pencatatan realisasi terminal mirah

4.6 Penentuan Parameter Simulasi ARENA

Terdapat 3 parameter utama untuk menjalankan simulasi arena yaitu jumlah replikasi, lama simulasi, dan total jam simulasi. Untuk menentukan jumlah replikasi dalam melakukan proses simulasi bongkar/muat ini dilakukan percobaan dengan 3 kali replikasi pada ARENA untuk mendapatkan nilai *half width* dan menentukan waktu berhentinya simulasi. Total replikasi berhubungan dengan nilai interval kepercayaan yang menyatakan *prosentase error* menggunakan formula:

$$X \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

Dimana,

n adalah jumlah replikasi

$t_{n-1, 1-\alpha/2}$ adalah 2.353 dengan 3 kali repetisi *degree of freedom* 95%

Untuk menurunkan nilai *half width* tersebut berdasarkan (Kelton, Sadowski, & Sadowski, 2002) menggunakan formula:

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h_1^2} \quad (4.2)$$

Dimana:

n adalah jumlah replikasi

h_0 adalah *half width* awal

h_1 adalah *half width* baru

Parameter lama simulasi di tiap replikasi ditentukan 30 hari dikarenakan dalam 1 kali proses bongkar muat dapat membutuhkan waktu hingga lebih dari 5 hari seperti terlihat pada proses mining sebelumnya.

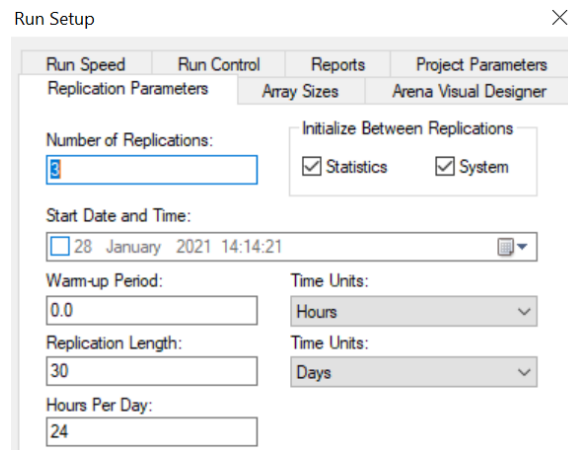
Sedangkan parameter lama waktu/jam simulasi di tiap replikasinya adalah 24 jam dikarenakan pada kegiatan proses bongkar muat di lapangan dilakukan selama 24 jam penuh.

Pada proses bongkar muat dengan percobaan awal replikasi sebanyak 3 kali didapatkan nilai *half width* sebesar 31.94 untuk total time *entity*. Nilai *half width* baru diset bernilai 5 karena semakin kecil nilai tersebut akan berpengaruh kepada waktu proses atau besarnya replikasi dalam satu kali simulasi maka dengan

menggunakan formula 4.2 didapatkan jumlah replikasi sebesar 122 seperti pada perhitungan berikut.

$$n = 3 \frac{31.94^2}{5^2} = 3 \frac{1020.1636}{25} = 122.419 \quad (4.3)$$

Hasil nilai dari perhitungan tersebut diatur pada *tools* ARENA seperti ditunjukkan pada gambar 4.47.



Gambar 4.47 Pengaturan total replikasi

Pada proses pencatatan *timesheet* hasil simulasi dengan menggunakan 3 replikasi didapatkan nilai half width untuk total waktu sebesar 15.06 dengan rata-rata 11.65 jam. Untuk mengurangi besarnya *half width* maka menggunakan formula 4.2 menggunakan *half width* baru sebesar 3 sehingga didapatkan jumlah replikasi sebesar 76 seperti pada perhitungan berikut.

$$n = 3 \frac{15.06^2}{3^2} = 3 \frac{226.8036}{9} = 75.6012 \quad (4.4)$$

Pada proses pencatatan *timesheet* juga menggunakan perhitungan jumlah replikasi seperti pada simulasi sebelumnya. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan 3 replikasi didapatkan nilai *half width* untuk total *time* sebesar 13.50 dengan rata-rata 7.42 jam. Untuk mengurangi besarnya *half width* maka menggunakan formula 4.2 dengan menggunakan *half width* baru sebesar 3 maka didapatkan jumlah replikasi sebesar 61.

$$n = 3 \frac{13.50^2}{3^2} = 3 \frac{182.25}{9} = 60.75 \quad (4.5)$$

4.7 Validasi Model Simulasi ARENA

Terdapat 2 jenis validasi yang dapat digunakan untuk melakukan validasi model simulasi. Pertama adalah *face validity* yaitu melakukan pengecekan dengan melihat alur Bergeraknya *entity* yang dibuat menuju proses hingga selesai pada simulasi. Validasi yang kedua adalah perbandingan kuantitatif antara performa output dengan sistem secara nyata. Oleh karena itu pada setiap simulasi proses dilakukan perbandingan hasil dengan sistem secara nyata berdasarkan data log. Berdasarkan (Ringuet, 1986) uji *Chi-Square test for Association* adalah metode validasi terbaik untuk memvalidasi model simulasi dengan sistem nyata. Maka hasil simulasi tersebut dilakukan pengujian dengan uji *Chi-Square test for Association*, dengan hipotesa

1. $H_0: x^2 = y^2$ model dapat merepresentasikan sistem nyata
2. $H_1: x^2 \neq y^2$ model tidak dapat merepresentasikan sistem nyata

Dimana x merepresentasikan hasil simulasi dari model dan y merepresentasikan sistem nyata.

Pada proses bongkar muat non petikemas hasil simulasi model dilakukan perbandingan dengan sistem nyata dan menghitung nilai p-value untuk uji *chi-square test for association* seperti pada gambar 4.48

Results						
	Jamrud	Nilam	Mirah			Row Totals
Simulasi	67 (62.78) [0.28]	51 (51.19) [0.00]	52 (56.02) [0.29]			170
nyata	63 (67.22) [0.26]	55 (54.81) [0.00]	64 (59.98) [0.27]			182
Column Totals	130	106	116			352 (Grand Total)

Gambar 4.48 Hasil uji *Chi Square test* proses bongkar muat

Hasil yang didapat nilai p-value sebesar 0.574763 dimana taraf signifikansi adalah sebesar 0.05 sehingga hipotesis nol tidak ditolak serta model tervalidasi dan dapat merepresentasikan sistem nyata.

Pada proses pencatatan *timesheet* uji validasi juga menggunakan model hipotesis seperti sebelumnya dimana nilai hasil simulasi dan sistem nyata ditunjukkan pada gambar 4.49.

Results						
	Jamrud	Nilam	Mirah			Row Totals
Simulasi	3 (2.58) [0.07]	2 (2.21) [0.02]	2 (2.21) [0.02]			7
Nyata	4 (4.42) [0.04]	4 (3.79) [0.01]	4 (3.79) [0.01]			12
Column Totals	7	6	6			19 (Grand Total)

Gambar 4.49 Hasil uji *Chi Square test* pencatatan *timesheet*

Berdasarkan hasil uji pada gambar 4.49 untuk p-value adalah 0.91744 dengan taraf signifikansi adalah 0.05 sehingga hipotesa 1 diterima dan model dapat merepresentasikan model nyata.

Pada proses pencatatan realisasi nilai hasil simulasi dan lama proses sistem nyata pada gambar 4.50 dilakukan validasi model.

Results						
	Jamrud	Nilam	Mirah			Row Totals
Simulasi	22 (25.18) [0.40]	53 (46.85) [0.81]	31 (33.97) [0.26]			106
Nyata	21 (17.82) [0.57]	27 (33.15) [1.14]	27 (24.03) [0.37]			75
Column Totals	43	80	58			181 (Grand Total)

Gambar 4.50 Hasil uji *Chi Square test* pencatatan realisasi

Berdasarkan hasil uji *chi square test* pada gambar 4.50 untuk *p-value* adalah 0.17002 dimana taraf signifikansi adalah sebesar 0.05 sehingga hipotesis nol tidak ditolak serta model tervalidasi dan dapat merepresentasikan sistem nyata.

4.8 Analisis Dan Interpretasi Model ARENA

Setelah model tervalidasi dilakukan analisis hasil dari simulasi digunakan untuk perbandingan dengan performa sistem dengan masing-masing performa aktivitas di lapangan baik tiap dermaga dan terminal.

4.8.1 Analisis Hasil Simulasi Proses Bongkar Muat

Pada tabel 4.10 adalah hasil waktu tunggu (WT) untuk setiap *entity* dilayani beserta lama proses bongkar muat, KPI dan rata-rata jumlah *entity* dalam *queue* pada proses simulasi di tiap dermaga. Hasil pada tabel tersebut dilakukan dengan melakukan rata-rata pada hasil simulasi seperti pada Lampiran 1.

Tabel 4.10 Hasil simulasi per tambatan proses bongkar muat

Tambatan	Rata-Rata WT	Rata-Rata BM C.Kering Simulasi	Rata-Rata BM C.Cair Simulasi	Rata-Rata Jumlah Entity Queue
Jamrud Utara 1	69.96	84.81068	46.81008	1.2433

Tabel 4.11 Hasil simulasi per tambatan proses bongkar muat (lanjutan)

Tambatan	Rata-Rata WT	Rata-Rata BM C.Kering Simulasi	Rata-Rata BM C.Cair Simulasi	Rata-Rata Jumlah Entity Queue
Jamrud Utara 2	70.36	84.68637	44.39942	1.3205
Jamrud Utara 3	63.92	79.26311	47.14037	1.1933
Jamrud Barat	208.72	81.74804	37.70042	10.2954
Jamrud Selatan 1	19.69	82.62249	-	0.2008
Jamrud Selatan 2	15.35	77.18372	-	0.1433
Jamrud Selatan 3	23.59	87.40486	-	0.2292
Nilam	187.59	48.36889	49.57387	9.242
Kade Intan	100.60	-	148.5563	2.72
Mirah	167.08	48.68007	48.68007	8.2854
Bogasari	113.59	170.8487	-	2.788

Waiting time pada simulasi arena menandakan rata-rata lama sebuah *entity* menunggu untuk dilayani dimana nilai ini dipengaruhi oleh *service rate*, *arrival rate* serta jumlah layanan yang disediakan. Pada dermaga nilam memiliki *waiting time* sebesar 187.59 jam, mirah 167.08 jam, bogasari 113.59 jam dan jamrud barat 208.72 jam dimana kesemuanya memiliki *waiting time* lebih dari 100 jam.

Dermaga yang memiliki antrian terbesar adalah pada dermaga jamrud barat yang mencapai 10.29 *entity* pada queue, kemudian nilam dengan 9.24 *entity* dan dermaga mirah dengan 8.28 *entity* pada proses bongkar/muatnya. Hal tersebut dikarenakan karena pada ketiga dermaga tersebut masing-masing hanya memiliki satu tambatan atau satu server yang dapat melayani sehingga antrian menjadi panjang.

Pada simulasi ini juga dilakukan perhitungan nilai KPI TGH untuk masing-masing kelompok barang yaitu curah cair dan curah kering dengan menggunakan formula 4.3.

$$T/G/H = \frac{\text{Jumlah tonase bongkar-muat}}{\text{jumlah gang} * \text{waktu efektif}} \quad (4.3)$$

Berdasarkan hasil simulasi ketiga terminal memiliki nilai KPI dibawah 100 yang masih belum mencapai target. Terdapat beberapa dermaga yang memiliki KPI diatas target dimana salah satunya berada pada terminal mirah memiliki nilai KPI T/G/H curah kering sebesar 241 dimana hal tersebut dipengaruhi oleh dermaga Mirah-Bogasari yang memiliki KPI T/G/H 361. Selain itu KPI diatas target dicapai

pada dermaga Jamrud Utara yang memiliki nilai KPI curah kering sebesar 129. Pada simulasi ini jumlah kapal yang dihasilkan pada simulasi adalah 98 kapal serta terdapat perbedaan maksimal waiting time sebesar 11.8 jam dan minimal adalah 4.39 jam seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil simulasi per terminal proses bongkar muat

Terminal	Rata-Rata BM Simulasi	Rata-Rata BM Nyata	Rata-Rata Ton C. Kering	Rata-Rata Volume C. Cair	KPI TGH C. Cair	KPI TGH C. Kering	Perbedaan Lama BM
Jamrud	67.354	62.96	5790	3519.147	94.071	99.576	4.393
Nilam	50.612	55.45	3002	2959.229	72.117	72.972	4.837
Mirah	51.720	63.54	12929	2846.464	73.934	241.273	11.82

Terminal yang memiliki volume bongkar muat terbesar untuk curah kering adalah pada terminal mirah yang mencapai 12929 Ton sedangkan pada curah cair adalah dermaga jamrud dengan 3519 kiloliter. Pada ketiga terminal tersebut jumlah gang yang digunakan yaitu rata-rata 1 gang per shiftnya namun dengan spesifikasi peralatan yang berbeda. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan jumlah peralatan pada masing-masing terminal.

Pada proses bongkar muat di lapangan terdapat beberapa faktor yang menyebabkan lamanya proses tersebut yaitu:

1. Besarnya volume
2. Peralatan utama bongkar muat yaitu grab untuk curah kering dan pompa untuk curah cair
3. Jumlah gang per shift yang mengoperasikan peralatan crane ataupun pompa

Berdasarkan ketiga faktor tersebut faktor yang dapat dikendalikan adalah peralatan dan jumlah gang sedangkan besarnya volume dapat berubah-ubah menyesuaikan dengan besarnya kapal yang masuk. Namun besarnya gang yang digunakan mempengaruhi terhadap nilai KPI T/G/H semakin banyak jumlah gang maka proses menjadi cepat namun nilai KPI dapat menjadi rendah. Oleh karena itu dilakukan pengambilan data jumlah peralatan utama bongkar muat curah cair dan

kering pada masing-masing terminal pada tabel 4.13 yang digunakan pada masing-masing terminal untuk mengetahui jenis dan jumlah peralatan yang dimiliki.

Tabel 4.13 Data peralatan per terminal

Terminal	Jenis Alat	Beban Maksimal	Jumlah
Jamrud	Grab	15 Ton	8
Jamrud	HMC	150 Ton	10
Nilam	ShoreCrane	40 Ton	1
Nilam	FixCrane	10 Ton	2
Mirah	ShoreCrane	40 Ton	1
Mirah	Grab	10 Ton	2

Berdasarkan data peralatan tersebut terlihat bahwa peralatan tidak merata baik dalam hal jumlah maupun karakteristik peralatan terminal jamrud memiliki peralatan lebih lengkap dengan beban maksimal yang lebih besar dari terminal lainnya sehingga menyebabkan kecepatan bongkar muat menjadi berbeda pula.

Pada ketiga terminal tersebut tidak memiliki peralatan pompa sehingga pada bongkar muat curah cair mengandalkan pompa kapal dimana kegiatan dilakukan dengan menggunakan satu buah pipa atau hose yang disambungkan pada manifold kapal satu persatu. Jumlah peralatan untuk bongkar muat curah kering berpengaruh jika terjadi kerusakan pada peralatan crane maka ketika tidak ada pengganti akan menggunakan crane dari kapal namun pada umumnya memiliki beban maksimal yang lebih kecil daripada crane darat.

Untuk dermaga bogasari dikarenakan status dermaga dimiliki oleh perusahaan lain maka peralatan tidak mengikuti terminalnya yaitu mirah. Pada dermaga bogasari tersebut memiliki peralatan bongkar muat yang mendukung bongkar muat hingga mencapai 1200 ton per jam dan dikarenakan nilai KPI T/G/H telah melebihi standar maka dalam proses perbaikan kinerja dermaga tersebut tidak masuk dalam simulasi selanjutnya.

4.8.2 Analisis Hasil Simulasi Proses *Pencatatan timesheet*

Pada simulasi ini yang akan menjadi perhatian adalah lama *waiting time* untuk masing *entity* dilayani kemudian jumlah antrian pada masing-masing *queue* serta probabilitas *resource* untuk menjadi sibuk yang dirangkum pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil simulasi pencatatan *timesheet* per terminal

Antrian	Rata-rata <i>waiting time queue</i>	Rata-rata maks. <i>Waiting time</i>	Rata-rata <i>entity</i> pada <i>queue</i>	Probabilitas layanan sibuk
Jamrud Petugas 1	3.2988	7.5494	0.11	11.7%
Jamrud Petugas 2	2.9012	7.3121	0.099	11.7%
Jamrud Petugas 3	3.5073	11.17	0.12	12.10%
Jamrud Petugas 4	3.486	8.34	0.1186	12.15%
Nilam Petugas 1	2.768	8.927	0.1465	22%
Nilam Petugas 2	2.746	5.934	0.1445	21.95%
Nilam Petugas 3	2.581	5.908	0.1336	21.50%
Mirah Petugas 1	2.211	5.10	0.05564	9%
Mirah Petugas 2	1.89	5.00	0.04623	8.2%

Berdasarkan hasil simulasi tersebut terlihat bahwa *waiting time* pada petugas di terminal jamrud dan terminal nilam memiliki *waiting time* yang besar hingga mencapai tertinggi 3.5 jam untuk jamrud dan 2.76 jam untuk terminal nilam. Probabilitas layanan menjadi sibuk di kedua terminal tersebut juga memiliki nilai yang lebih besar daripada terminal mirah dimana terminal jamrud memiliki prosentase 12.15% sedangkan terminal nilam mencapai 22%.

Selanjutnya dilakukan rata-rata untuk mendapatkan *waiting time* tiap terminal dan membandingkannya dengan *waiting time* pada lapangan sehingga dapat diketahui perbedaannya pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perbandingan *waiting time timesheet* per terminal

Terminal	Rata-Rata <i>waiting time queue</i>	Rata-rata <i>waiting time Entity</i>	Rata-Rata <i>waiting time lapangan</i>	Perbedaan lama <i>waiting time</i>
Jamrud	3.57	3.42	3.93	0.51
Nilam	2.69	2.21	4.35	2.14
Mirah	1.93	2.13	3.70	1.57

Rata-rata *waiting time queue* adalah lama waktu yang dibutuhkan satu *entity* di dalam antrian hingga dilayani sedangkan rata-rata *waiting time entity* adalah lama waktu akumulasi dari antrian dan lama proses. Rata-rata *waiting time* terbesar berdasarkan data lapangan adalah pada terminal nilam yang mencapai 4.35

jam dan perbedaan lama waiting time antara simulasi dan data lapangan maksimal adalah 2.14 jam.

Untuk mempercepat proses *pencatatan timesheet* maka alternatif yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan *resource* dalam hal ini adalah petugas admin dikarenakan pada proses ini *resource* utama adalah petugas admin tersebut dan tugas pada proses ini adalah melakukan pencatatan rekap kegiatan.

4.8.3 Analisis Hasil Simulasi Proses *Entry Realisasi*

Pada simulasi ini yang akan menjadi perhatian juga lama *waiting time* untuk masing *entity* dilayani kemudian jumlah antrian pada masing-masing *queue* serta probabilitas *resource* untuk menjadi sibuk yang dirangkum pada tabel 4.15.

Tabel 4.16 Hasil simulasi pencatatan realisasi

Antrian	Rata-rata <i>waiting time queue</i>	Rata-rata maks. <i>waiting time</i>	Rata-rata <i>entity</i> pada <i>queue</i>	Probabilitas layanan sibuk
Jamrud Petugas 1	22.87	110.22	0.49	41%
Jamrud Petugas 2	22.87	172.41	0.45	37%
Jamrud Petugas 3	17.43	141.11	0.37	34%
Jamrud Petugas 4	19.59	85.0775	0.44	35%
Nilam Petugas 1	51.73	356.36	1.32	50%
Nilam Petugas 2	53.55	285.25	1.28	49%
Nilam Petugas 3	60.74	425.25	1.46	45%
Mirah Petugas 1	33.01	189.49	0.69	44%
Mirah Petugas 2	25.48	147.95	0.49	40%

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa masing-masing petugas di setiap terminal memiliki *waiting time* yang tinggi hingga mencapai 60 jam pada terminal nilam kemudian pada terminal jamrud mencapai 22 jam dan terminal mirah mencapai 33 jam. Nilai probabilitas layanan menjadi sibuk juga tinggi seiring lamanya *waiting time*. Selanjutnya dilakukan pengambilan rata-rata dari petugas menjadi lama *waiting time* per terminal pada tabel 4.16 untuk membandingkan dengan data pada lapangan atau sistem nyata.

Tabel 4.17 Perbandingan *waiting time* realisasi per terminal

Terminal	Rata-Rata <i>waiting time</i> <i>queue</i>	Rata-rata <i>waiting time</i> <i>entity</i>	Rata-Rata <i>waiting time</i> lapangan	Perbedaan lama <i>waiting</i> <i>time</i>
Jamrud	20.69	21.86	20.78	1.08
Nilam	55.34	53.43	27.14	26.29
Mirah	29.24	30.67	27.41	3.26

Besarnya lama proses realisasi diakibatkan oleh besarnya beban yang di tanggung oleh petugas admin selain melakukan pencatatan realisasi juga harus menangani proses pencatatan *timesheet* dan juga proses permohonan bongkar muat. Selain itu proses pencatatan realisasi juga tidak serta merta hanya melakukan pencatatan namun juga melakukan pencocokan literature antara data *timesheet* dengan hasil pencatatan dari surveyor.

Untuk melakukan optimasi pada proses pencatatan realisasi ini alternatif yang dapat digunakan adalah melakukan penambahan resource seperti pada proses pencatatan *timesheet* dikarenakan kesamaan petugas yang menangani proses.

4.9 Skenario Rekayasa Ulang Model

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penyebab lamanya aktivitas untuk melakukan peningkatan kinerja waktu serta KPI T/G/H maka terdapat beberapa skenario yang dapat dilakukan yang dijelaskan pada sub-bab berikutnya.

4.9.1 Skenario Rekayasa Proses Bongkar Muat

Berdasarkan tabel 4.13 sebelumnya terlihat bahwa pada curah kering di ketiga terminal memiliki maksimal beban 15 Ton untuk grab yang digunakan untuk mengambil curah. Berdasarkan log data rata-rata truk memiliki kemampuan angkutan hingga mencapai 30 Ton sehingga untuk satu truk membutuhkan beberapa kali proses pengambilan curah. Untuk mempercepat proses tersebut maka dapat dilakukan perubahan spesifikasi peralatan dengan beban cakupan yang lebih besar hingga mencapai 30 Ton dimana peralatan grab yang tersedia pada umumnya adalah 10 Ton, 15 Ton, 22 Ton dan 30 Ton.

Untuk curah cair berdasarkan tabel 4.13 juga terlihat bahwa ketiga terminal tidak memiliki pompa dan mengandalkan pompa kapal serta dalam prosesnya dilakukan dengan satu pompa secara bergantian. Berdasarkan log data

rata-rata jumlah palka kapal curah cair di pelabuhan tanjung perak adalah 2 palka sehingga untuk mempercepat proses bongkar muat curah cair dapat dilakukan dengan menggunakan pompa secara simultan (*Simultaneous Pumping*) dalam setiap shiftnya.

Berdasarkan pengembangan model tersebut maka skenario simulasi rekayasa proses bongkar muat dirangkum pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Skenario rekayasa proses bongkar muat

No	Skenario	Terminal
1	Merubah spesifikasi grab Jamrud menjadi 22 Ton, Nilam dan Mirah 15 Ton serta pompa menjadi 2.	Jamrud, Nilam dan Mirah
2	Merubah spesifikasi grab Jamrud menjadi 30 Ton, Nilam dan Mirah 22 Ton.	Jamrud, Nilam dan Mirah
3	Merubah spesifikasi grab Nilam dan Mirah 30 Ton.	Nilam dan Mirah

Pada tabel 4.18 skenario pertama perubahan grab jamrud menjadi 22 ton dikarenakan berdasarkan data pada tabel 4.13 telah menggunakan grab dengan maksimal 15 Ton begitu pula pada terminal nilam dan mirah yang menggunakan spesifikasi 10 Ton. Pada skenario kedua dan ketiga tidak dilakukan perubahan jumlah pompa dikarenakan rata-rata palka pada curah cair adalah 2 palka seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.9.2 Skenario Rekayasa Proses Pencatatan Timesheet dan Realisasi

Berdasarkan hasil analisis proses pencatatan dan realisasi menggunakan *resource* yang sama dalam prosesnya sehingga menyebabkan terjadi beban kerja yang besar pada petugas administrasi untuk menangani kedua proses tersebut. Pekerjaan yang ditangani juga membutuhkan fokus dari petugas untuk melakukan rekapitulasi data pada proses pencatatan timesheet dan pencocokan literatur bersama dengan surveyor pada proses realisasi.

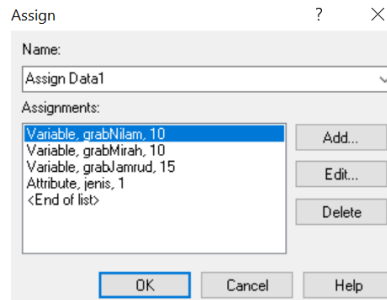
Untuk mempercepat proses tersebut adalah dengan menambah jumlah *human resource* dimana dalam hal ini adalah petugas administrasi. Jumlah penambahan dilakukan dengan metode yang sama seperti (Kim, Jie, & Choi, 2018) dengan menambah resource hingga hasil simulasi tidak menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dari hasil simulasi penambahan sebelumnya.

4.10 Hasil Rekayasa Ulang Model

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa penyebab lamanya *waiting time* yang telah dilakukan maka dilakukan peningkatan performa berdasarkan alternatif dan skenario yang dijelaskan sebelumnya pada proses bongkar muat, pencatatan *timesheet* dan pencatatan realisasi.

4.10.1 Hasil Rekayasa Proses Bongkar Muat

Pada proses ini dilakukan simulasi untuk merubah peralatan pada proses bongkar muat curah kering. Perubahan dilakukan dengan merubah variabel beban maksimal grab di tiap terminal seperti pada gambar 4.51. Nilai baru yang digunakan adalah 15 Ton hingga 30 Ton Sedangkan untuk curah cair dengan mengganti nilai jumlah pompa di setiap terminal seperti skenario yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 4.51 Pengaturan beban grab

Hasil dari simulasi yang akan dilakukan evaluasi adalah pengaruhnya terhadap *waiting time*, lama bongkar muat dan nilai KPI T/G/H.

Hasil dari skenario pertama untuk perubahan grab pada terminal jamrud 22 Ton, terminal nilam dan mirah 15 ton serta perubahan jumlah pompa menjadi 2 jumlah entity yang diselesaikan meningkat menjadi 138 dan nilai KPI T/G/H mengalami peningkatan dan mencapai target minimal seperti pada tabel 4.19. Perhitungan data tersebut dilakukan dengan melakukan rata-rata pada hasil simulasi pada lama waktu, tonase dan KPI per tambatan seperti pada Lampiran 2.

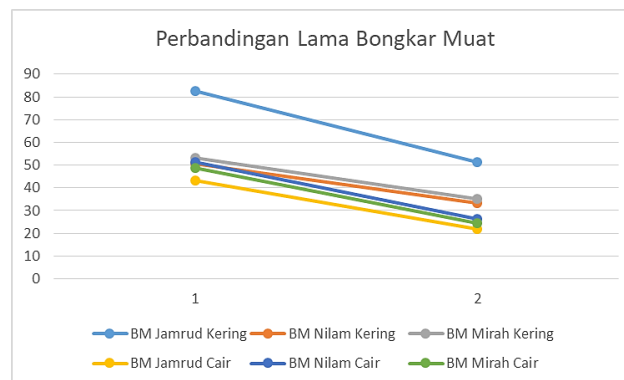
Tabel 4.19 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 1

Terminal	BM Simulasi C.Kering	BM Simulasi C.Cair	Tonase C.Kering	Volume C.Cair	KPI T/G/H C.Kering Simulasi	KPI T/G/H C.Cair Simulasi
Jamrud	51.15874	21.84073	7057.753	3348.961	175.9979	175.6911
Nilam	33.29548	26.21721	3121.818	2949.568	111.5569	141.9536

Tabel 4.20 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 1 (lanjutan)

Terminal	BM Simulasi C.Kering	BM Simulasi C.Cair	Tonase C.Kering	Volume C.Cair	KPI T/G/H C.Kering Simulasi	KPI T/G/H C.Cair Simulasi
Mirah	42.92551	24.50298	10446.97	2814.989	246.81	166.3967

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 4.19 dan 4.20 terlihat bahwa proses bongkar muat menjadi lebih cepat menjadi kurang dari 3 hari dengan nilai KPI dapat mencapai lebih dari 100 untuk ketiga terminal. KPI T/G/H curah cair di ketiga terminal juga telah melampaui target minimal KPI yaitu 100. Jika dibandingkan dengan simulasi awal maka terjadi peningkatan nilai KPI hingga sebesar 42% untuk curah kering dan 55% untuk curah cair serta terjadi percepatan lama bongkar muat hingga sebesar 37% untuk curah kering dan 49% untuk curah cair seperti terlihat pada gambar 4.52 dan 4.53. Nilai KPI terminal mirah terjadi peningkatan yang tidak besar karena pada simulasi ini dermaga mirah tidak dilakukan peningkatan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 4.52 Grafik perbandingan lama bongkar muat skenario 1



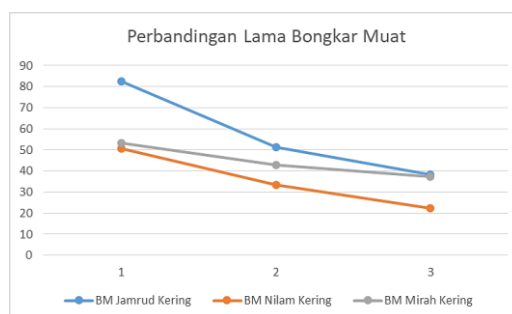
Gambar 4.53 Perbandingan KPI skenario 1

Skenario selanjutnya adalah melakukan perubahan spesifikasi grab menjadi 30 ton untuk terminal jamrud dan 22 ton untuk terminal nilam dan mirah. Hasil dari skenario juga mengalami peningkatan jumlah *entity* yang keluar dari dermaga dimana berjumlah 144 *entity* dan terjadi peningkatan nilai KPI T/G/H seperti ditunjukkan pada tabel 4.21.

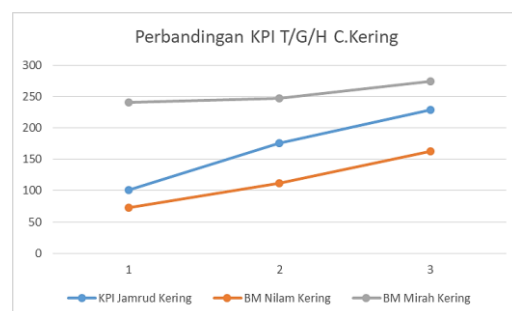
Tabel 4.21 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 2

Terminal	BM Simulasi C.Kering	Rata-Rata <i>Waiting Time</i>	Tonase C.Kering	KPI T/G/H C.Kering Simulasi	Rata-rata <i>entity</i> pada <i>queue</i>
Jamrud	38.20166	23.95	6896.594	228.5092	0.894
Nilam	22.42781	65.39	3113.653	162.7126	3.25
Mirah	37.42682	78.005	10130.07	274.2601	2.465

Berdasarkan hasil simulasi skenario kedua ini terlihat nilai KPI T/G/H melebihi nilai 150 dimana sudah melebihi batas KPI T/G/H curah kering yaitu 125 dengan rata – rata bongkar muat 32 jam. Tingkat percepatan pada bongkar muat curah kering mencapai 55% jika dibandingkan dengan simulasi awal seperti terlihat pada gambar 4.54 dan 4.55. Hal tersebut menandakan bahwa tingkat percepatan yang terjadi tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan skenario kedua.



Gambar 4.54 Perbandingan lama bongkar muat skenario 2



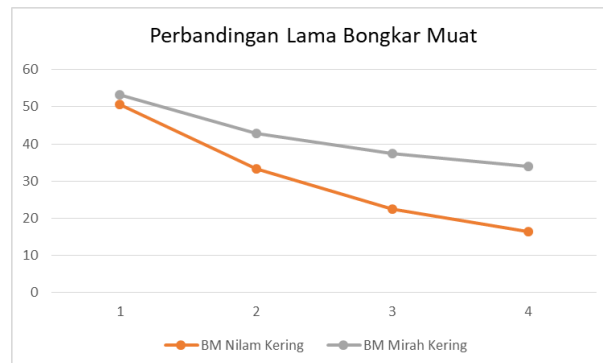
Gambar 4.55 Perbandingan KPI skenario 2

Skenario ketiga adalah melakukan perubahan spesifikasi grab pada terminal nilam dan mirah dengan beban maksimal 30 ton. Hasil dari simulasi pada skenario ini terjadi peningkatan jumlah *entity* yang dilayani yaitu rata-rata 149 *entity* serta terjadi peningkatan nilai KPI dan waiting time seperti pada tabel 4.22.

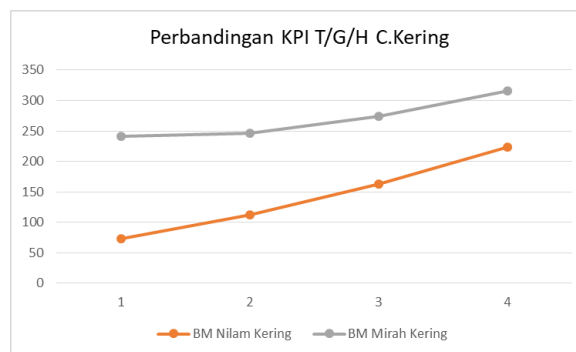
Tabel 4.22 Hasil simulasi rekayasa model bongkar muat skenario 3

Terminal	BM Simulasi C.Kering	Rata-Rata <i>Waiting Time</i>	Tonase C.Kering	KPI T/G/H C.Kering Simulasi	Rata-rata <i>entity</i> pada <i>queue</i>
Nilam	16.37473	43.65	3131.27	223.0757	2.11
Mirah	33.85577	78.14	9796.075	315.3681	2.415

Pada hasil skenario ketiga nilai KPI T/G/H pada kedua terminal melebihi 200 dan pada terminal mirah mencapai nilai KPI T/G/H 300 dengan jumlah rata-rata *entity* yang menunggu dalam antrian 2.4 *entity*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan grab 30 ton bisa mendapatkan hasil optimal dalam pemenuhan KPI seperti pada gambar 4.56 dan 4.57 jika dibandingkan dengan skenario lainnya.



Gambar 4.56 Perbandingan lama bongkar muat skenario 3



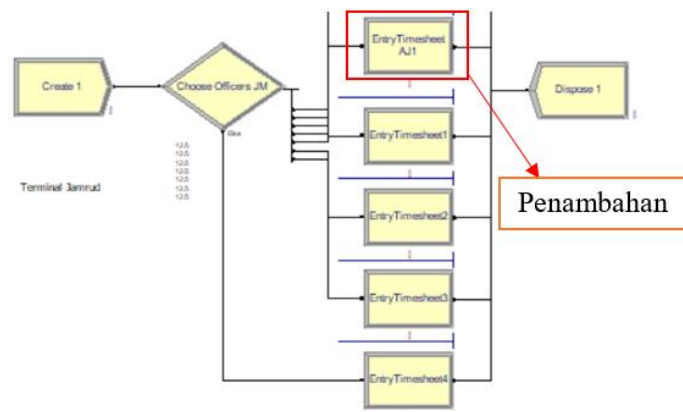
Gambar 4.57 Perbandingan KPI skenario 3

Berdasarkan 3 skenario yang telah dilakukan terlihat bahwa perubahan spesifikasi grab dan pompa dapat meningkatkan nilai KPI T/G/H melebihi dari target serta mempercepat proses bongkar muat hingga menjadi 16 jam. Penambahan peralatan grab tersebut akan membutuhkan biaya persatuan sebesar Rp. 420.630.000 sedangkan untuk peralatan pompa penambahan biaya sebesar Rp.216.772.000. Maka total biaya yang diperlukan untuk peningkatan curah kering pada terminal jamrud,nilam dan mirah dengan total 9 tambatan untuk curah kering dan 7 tambatan untuk curah cair adalah sebagai berikut:

- Curah Kering Rp. 3.785.670.000
- Curah Cair Rp. 1.517.404,000
- Total Rp. 5.303.074.000

4.10.2 Hasil Rekayasa Proses Pencatatan *Timesheet*

Pada proses ini dilakukan percobaan untuk melakukan penambahan *resource* hingga 10 kali *resource* eksisting dan melihat pengaruh perubahan tersebut baik kepada *waiting time* entity. Penambahan *resource* pada simulasi ARENA dilakukan dengan menambahkan blok proses di tiap terminal seperti pada gambar 4.58.



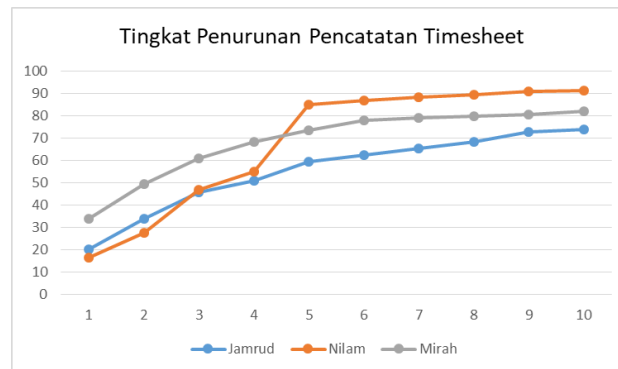
Gambar 4.58 Model simulasi penambahan *resource* pencatatan *timesheet*

Hasil dari simulasi didapatkan dari penambahan *resource* 1 hingga ke 10 terjadi penurunan *waiting time* pada setiap terminal namun dengan tingkat penurunan waktu yang berbeda. Hasil tersebut membuktikan bahwa dengan menggunakan alternatif ini dapat menurunkan *waiting time* yang ada pada terminal. Pada terminal nilam dibutuhkan hingga 7 penambahan *resource* untuk mengurangi *waiting time* dari 6.5 jam menjadi 0.57 jam seperti pada tabel 4.20.

Tabel 4.23 Hasil simulasi rekayasa model *pencatatan timesheet*

Terminal	WT 1	WT 2	WT 3	WT 4	WT 5	WT 6	WT 7	WT 8	WT 9	WT 10
Jamrud	2.72	2.26	1.85	1.67	1.45	1.28	1.18	1.08	0.92	0.89
Nilam	5.45	4.72	3.46	2.94	2.57	0.84	0.78	0.68	0.58	0.57
Mirah	1.40	1.07	0.83	0.67	0.53	0.47	0.44	0.43	0.41	0.38

Tingkat penurunan *waiting time* dengan adanya penambahan hingga 10 *resource* pada terminal nilam berpengaruh hingga 91.3% kemudian terminal jamrud hingga 73.9% dan terminal mirah hingga 82.04% seperti ditunjukkan pada gambar 4.59.

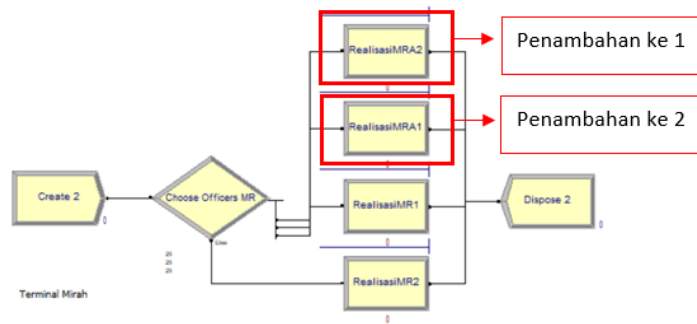


Gambar 4.59 Tingkat penurunan *waiting time pencatatan timesheet*

Terlihat bahwa mulai dari penambahan 10 *resource* peningkatan yang terjadi tidak secara signifikan seperti sebelumnya. Secara manajemen penambahan *resource* berarti melakukan penambahan SDM dimana akan menambah biaya sebesar Rp.4.200.000 per orang sehingga total biaya yang diperlukan adalah Rp.42.000.000.

4.10.3 Hasil Rekayasa Proses *Entry Realisasi*

Pada proses ini dilakukan percobaan untuk melakukan penambahan *resource* hingga 5 kali *resource* seperti sebelumnya hal ini dikarenakan proses ini memiliki kesamaan petugas yaitu petugas admin terminal. Penambahan *resource* pada simulasi ARENA dilakukan dengan menambahkan blok proses di tiap terminal seperti pada gambar 4.60.



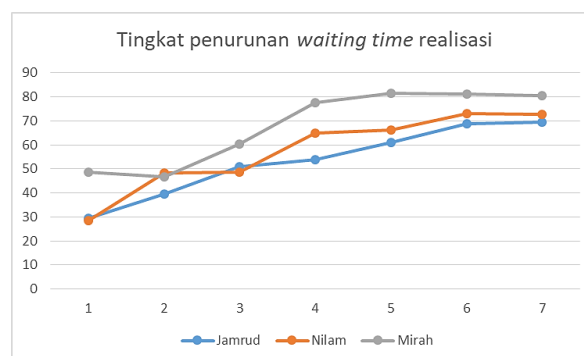
Gambar 4.60 Model simulasi penambahan *resource* realisasi

Berdasarkan hasil simulasi dari proses penambahan *resource* dari 1 hingga 5 terjadi penurunan *waiting time* dengan tingkat penurunan yang berbeda-beda di tiap penambahannya yang terlihat pada tabel 4.24. Hasil ini membuktikan bahwa penambahan *resource* dapat menurunkan *waiting time*.

Tabel 4.24 Hasil simulasi rekayasa model pencatatan realisasi

Terminal	Waiting time Skenario 1	Waiting time Skenario 2	Waiting time Skenario 3	Waiting time Skenario 4	Waiting time Skenario 5	Waiting time Skenario 6	Waiting time Skenario 7
Jamrud	15.40	13.20	10.70	10.05	8.49	6.79	6.66
Mirah	15.74	16.35	12.19	6.87	5.69	5.81	5.92
Nilam	38.17	27.53	27.35	18.78	18.03	14.35	14.6

Pada penambahan *resource* ke 7 lama *waiting time* dapat diturunkan hingga mencapai 5.92 jam atau 80.69% yaitu pada terminal mirah. Sedangkan pada terminal jamrud dan terminal nilam tingkat penurunan masing-masing mencapai 69.5% dan 72.7% seperti ditunjukkan pada gambar 4.61. Ketika penambahan ke 7 peningkatan yang terjadi tidak signifikan seperti sebelumnya menandakan penambahan ke 6 adalah yang paling optimal.



Gambar 4.61 Tingkat penurunan *waiting time* pencatatan realisasi

Besaran biaya dari adanya penambahan *resource* ini adalah sama dengan pada penambahan *resource* pada proses pencatatan *timesheet* yaitu Rp.4.200.000 per orang.

4.11 Resume Skenario

Skenario rekayasa ulang aktivitas bongkar muat, pencatatan *timesheet* dan realisasi yang telah disimulasikan dirangkum pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil simulasi rekayasa model pencatatan realisasi

Nama	Tujuan	Cara Pengembangan	Hasil
Skenario 1 proses bongkar muat	Mempercepat proses dan meningkatkan KPI T/G/H curah kering dan cair terminal jamrud,nilam dan mirah	Perubahan spesifikasi grab curah kering jamrud,nilam dan mirah menjadi masing-masing 22 ton,15 ton, dan 15 ton serta 2 pompa untuk curah cair	KPI T/G/H curah cair di ketiga terminal telah melampai target minimal KPI yaitu 100 namun untuk curah kering terminal nilam belum mencapai target dgn KPI T/G/H 111. Terjadi peningkatan nilai KPI hingga 42% untuk curah kering dan 55% untuk curah cair. Terjadi percepatan lama bongkar muat curah kering dan curah cair masing-masing hingga 37% dan 49% dengan rata-rata 42.40 jam dan 24.18 jam.
Skenario 2 proses bongkar muat	Mempercepat proses dan meningkatkan KPI T/G/H curah kering terminal jamrud,nilam dan mirah	Perubahan spesifikasi grab curah kering terminal jamrud, nilam dan mirah menjadi masing-masing 30 ton, 22 ton, dan 22 ton	Nilai KPI T/G/H melebihi nilai 150 dimana sudah melebihi batas KPI T/G/H curah kering yaitu 125 dengan rata – rata bongkar muat 32 jam. Tingkat percepatan pada bongkar muat curah kering mencapai 55% jika dibandingkan dengan simulasi awal
Skenario 3 proses bongkar muat	Mempercepat proses dan meningkatkan KPI T/G/H curah kering terminal nilam dan mirah	Perubahan spesifikasi grab curah kering terminal nilam dan mirah menjadi 30 ton	Nilai KPI T/G/H pada kedua terminal melebihi 200 dan pada terminal mirah mencapai nilai KPI T/G/H 300 dengan jumlah rata-rata <i>entity</i> yang menunggu dalam antrian 2.4 <i>entity</i>
Skenario proses pencatatan timesheet	Mempercepat proses	Penambahan jumlah SDM hingga mencapai peningkatan maksimal (10 orang)	Tingkat penurunan <i>waiting time</i> dengan adanya penambahan hingga 10 <i>resource</i> pada terminal nilam berpengaruh hingga 91.3% kemudian terminal jamrud hingga 73.9% dan terminal mirah hingga 82.04%

Tabel 4.26 Hasil simulasi rekayasa model pencatatan realisasi (lanjutan)

Nama	Tujuan	Cara Pengembangan	Hasil
Skenario proses pencatatan realisasi	Mempercepat proses	Penambahan jumlah SDM hingga mencapai peningkatan maksimal (6 orang)	Pada penambahan <i>resource</i> ke 7 lama <i>waiting time</i> dapat diturunkan hingga mencapai 5.92 jam atau 80.69% yaitu pada terminal mirah. Sedangkan pada terminal jamrud dan terminal nilam tingkat penurunan masing-masing mencapai 69.5% dan 72.7%

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah data dikumpulkan hingga dilakukan pembahasan, bab ini menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai peningkatan kinerja melalui efisiensi bongkar muat non petikemas di pelabuhan Tanjung Perak menggunakan proses mining dan analisis simulasi, hasil kesimpulan didapat sebagai berikut:

1. Proses pengembangan model didapatkan dengan menggunakan *event log* yang di hasilkan dengan YAWL berdasarkan data pada software perusahaan. Hasil tersebut dianalisis dengan proses mining untuk mendapatkan model alur aktivitas serta aktivitas yang memiliki *bottleneck* terbesar menggunakan algoritma alpha++. Aktivitas yang memiliki *bottleneck* terbesar tersebut disimulasikan secara lebih detail dengan ARENA untuk mendapatkan data waiting time, prosentasi layanan menjadi sibuk dan juga estimasi KPI dari model berdasarkan *arrival* dan *service rate event log*.
2. Terdapat total 3 antrian yang mengalami *bottleneck* pada proses bongkar muat non petikemas dari hasil proses mining yaitu proses bongkar muat utama dengan waktu tunggu 48.68 jam kemudian proses pencatatan *timesheet* dengan waktu tunggu 3.68 jam dan proses pencatatan realisasi dengan waktu tunggu 12.86 jam. Dari ketiga proses tersebut waktu tunggu terbesar adalah pada proses bongkar muat utama yang dipengaruhi oleh besarnya volume atau tonase barang serta spesifikasi peralatan yang digunakan.
3. Peningkatan efisiensi pada proses bongkar muat pada curah kering dapat dilakukan dengan melakukan penambahan peralatan grab dengan spesifikasi beban maksimal 30 ton dimana rata-rata waktu yang diperlukan adalah 29.45 jam lebih cepat 33 jam dari waktu eksisting yaitu 62.79 jam. Sedangkan peningkatan efisiensi pada proses bongkar muat curah cair

dapat dilakukan dengan menggunakan skema *simultaneous pumping* dimana rata-rata waktu yang diperlukan adalah 24.18 jam lebih cepat 25.21 jam dari waktu eksisting yaitu 49.49 jam. Peningkatan proses pencatatan *timesheet* dan realisasi dapat dilakukan dengan menambahkan *resource* hingga 10 orang dengan peningkatan 1.51 jam dari 3.9 jam sedangkan pada proses realisasi menjadi 10.73 jam dari 25.11 jam

4. Nilai rata-rata KPI T/G/H dengan adanya peningkatan pada proses bongkar muat pada T/G/H curah kering dan cair masing-masing mengalami peningkatan menjadi 255.33 dan 160.67 dimana nilai tersebut melebihi dari batas minimal yaitu 100 untuk curah kering dan 125 untuk curah cair.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Pada penelitian ini dalam simulasi proses bongkar muat menggunakan *service rate* berdasarkan *effective time* dari proses tersebut untuk melakukan perhitungan KPI. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *service rate* secara waktu total yang meliputi kondisi waktu *down time* ketika adanya kerusakan peralatan, lama pergantian shift, waktu *idle time* ketika terjadi kondisi yang tidak terduga untuk mendapatkan data mengenai dampak/pengaruh yang ditimbulkan akibat kondisi tersebut.
2. Dalam penelitian ini untuk rekayasa proses pencatatan *timesheet* dan realisasi parameter rekayasa adalah menggunakan *resource* petugas dimana dibutuhkan hingga mencapai 10 orang petugas untuk mengurangi *waiting time*. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan simulasi yang berupa gabungan *resource* petugas serta sistem *Artificial Intelligence* ataupun sistem *robotic process automation* dalam proses rekayasa untuk mengurangi jumlah sdm dan mempercepat proses berdasarkan *service rate* sistem yang baru.

Mengacu pada analisis penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan manajerial untuk meningkatkan kinerja, diantaranya:

1. Dalam penelitian ini ditemukan penyebab tidak tercapainya KPI T/G/H yaitu akibat adanya hambatan pada proses bongkar muat, pencatatan *timesheet* dan pencatatan realisasi sehingga hendaknya hal ini menjadi masukan bagi manajemen untuk melakukan peninjauan lebih lanjut.
2. Hasil temuan pada penelitian ini menunjukkan diperlukannya perubahan spesifikasi peralatan pada proses bongkar muat pada setiap terminal dengan melakukan investasi peralatan baru untuk meningkatkan nilai KPI T/G/H hingga melebihi dari standar dan mempercepat waktu bongkar muat.
3. Hasil temuan pada penelitian ini juga menunjukkan diperlukannya penambahan SDM sebagai alternatif untuk mempercepat proses pencatatan *timesheet* dan pencatatan realisasi pada setiap terminal sehingga bisa menjadi masukan bagi manajemen untuk menentukan penambahan yang diperlukan.

5.3 Implikasi Manajerial

Pada akhir penelitian, selain membuat kesimpulan dan saran, peneliti membuat implikasi manajerial untuk menjelaskan kontribusi yang diberikan dari penelitian yang telah dilakukan.

Hasil penelitian yang didapatkan dapat digunakan sebagai kontribusi dalam memberikan masukan serta saran kepada Pelabuhan Tanjung Perak. Adapun kontribusi secara dijabarkan sebagai berikut:

1. Hasil temuan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tidak tercapainya KPI T/G/H curah cair dan kering terjadi akibat adanya hambatan dalam proses bisnis bongkar muat non petikemas yaitu pada proses bongkar muat utama, pencatatan *timesheet* dan pencatatan realisasi.
2. Hasil temuan dalam penelitian ini juga menunjukkan untuk mempercepat waktu dan KPI T/G/H pada proses bongkar muat dapat dilakukan dengan cara melakukan investasi peralatan utama yaitu grab untuk curah kering dan pompa untuk curah cair. Besarnya investasi yang diperlukan sekitar Rp. 5.303.074.000.

3. Hasil temuan dalam penelitian ini juga menunjukkan untuk mempercepat waktu pada proses pencatatan *timesheet* dapat dilakukan dengan cara melakukan penambahan jumlah SDM berjumlah 9 orang. Besarnya biaya yang diperlukan adalah sekitar Rp. 37.800.000.
4. Hasil temuan dalam penelitian ini juga menunjukkan untuk mempercepat waktu pada proses pencatatan realisasi dapat dilakukan dengan cara melakukan penambahan jumlah SDM berjumlah 6 orang. Besaran biaya adalah sama dengan jumlah penambahan pada proses *timesheet* dikarenakan petugas yang melakukan pekerjaan tersebut adalah petugas yang sama.
5. Merujuk pada RKAP di tahun 2020 besaran nilai investasi adalah sekitar Rp.132 miliar dengan penyerapan sekitar Rp.103 miliar. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dimana dalam perbaikan proses bongkar muat dibutuhkan investasi tambahan peralatan. Berdasarkan hal tersebut tambahan tersebut memungkinkan untuk dilakukan. Untuk penambahan *resource* dari sisi laba regional jawa timur tahun 2020 sekitar Rp 1 triliun namun tidak mencapai target Rp.1.2 triliun akibat pandemi covid. Maka penambahan *resource* tidak bisa dilakukan secara langsung namun secara bertahap atau melalui mekanisme alih tugas dari posisi lainnya. Hal tersebut tentunya dapat menjadi pertimbangan bagi manajemen dari prioritas yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M., Hense, A. V., & ter Hofstede, A. H. (2020). YAWL: An open source Business Process Management System from science for science. *SoftwareX* 12.
- Aguirre, S., Parra, C., & Alvarado, J. (2012). Combination of Process Mining and Simulation Techniques for Business Process Redesign: A Methodological Approach. *International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis*, 24-43.
- Dutkova, S., Achimsky, K., & Hostakova, D. (2019). Simulation of Queueing System of Post Office. *13th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport*, 1037-1044.
- Ghaleb, M., Suryahatmaja, U. S., & Alharkan, I. M. (2015). Modeling and Simulation of Queueing Systems Using Arena Software: A Case Study. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Green, L. (2006). QUEUEING ANALYSIS IN HEALTHCARE. In R. W. Hall, *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery* (pp. 281-307). Springer, Boston, MA.
- Hongtao, T., Yong, C., & Jiansa, L. (2006). Architecture of Process Mining Based Business Process Optimization. *International Technology and Innovation Conference*.
- Jain, R., Bedekar, H., Jayakrishna, K., Vimal, K. E., & Kumar, M. V. (2020). Analysis and Optimization of Queueing Systems in Airports - Discrete Event Simulation. In H. K. Voruganti, K. K. Kumar, P. V. Krishna, & J. Xiaonang, *Advances in Applied Mechanical Engineering* (pp. 1189-1194). Singapore: Springer.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sadowski, D. A. (2002). *Simulation With Arena*. McGraw-Hill.
- Kim, D.-U., Jie, M.-S., & Choi, W.-H. (2018). Airport Simulation Based on Queueing Model Using ARENA. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 125-134.
- Norambuena, B. K. (2018). Integration of Process Mining and Simulation: A Survey of Applications and Current Research. In A. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, & S. Costanzo, *Trends and Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 287-294). Springer.
- Ringuest, J. L. (1986). A chi-square statistic for validating simulation-generated responses. *Computers & Operations Research Volume 13*, 379-385.

- Sarno, R., Haryadita, F., Sarwosri, K., & Solichah, A. (2015). Business Process Optimization from Single. *International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications*, 50-55.
- Shone, R., Glazebrook, K., & Zografos, G. (2019). Resource allocation in congested queueing systems with time-vary demand: An application to airports operations. *European Journal of Operational Research*, 566-581.
- Songchitruksa, P., & Hard, E. N. (2008). Queuing simulation of roadside survey station: Blocked traffic lane. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 857-873.
- Tamburis, O., & Esposito, C. (2020). Process mining as support to simulation modeling: A hospital-based. *Simulation Modelling Practice and Theory* 104.
- Taylor, B. W. (2013). *Introduction To Management Science*. Pearson.
- van Beest, N., & Maruster, L. (2007). A Process Mining Approach to Redesign Business Processes. *Ninth International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing*, 541-548.
- Verdigris, K., Tiwari, A., & Basim, M. (2008). Business Process Analysis and Optimization: Beyond Reengineering. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil simulasi ARENA Bongkar Muat Curah Kering Dermaga Jamrud Tambatan ke-1

Replikasi	Waktu (jam)	Tonase	KPI T/G/H
1	56.57038	13859.52	244.9961
1	101.3561	5064.593	49.96831
1	66.78512	8236.166	123.3234
2	77.05716	5770.832	74.89029
2	55.9133	26367.52	471.5786
2	63.45742	20798.83	327.7604
2	101.9758	4584.491	44.95667
2	46.72883	4111.894	87.99482
3	64.56226	7154.18	110.8106
3	77.14533	2314.793	30.00561
4	91.61863	9302.234	101.5321
4	96.05669	4742.028	49.36698
4	74.59971	18575.93	249.0081
6	43.27917	11344.92	262.1336
6	140.2433	5814.983	41.46354
6	96.17735	23827.87	247.7493
7	93.73284	8855.065	94.47131
7	61.37523	11226.93	182.9228
8	106.7464	1836.111	17.20069
8	127.5857	3513.39	27.53749
8	43.45941	13852.23	318.7394
8	108.9807	6418.968	58.90006
9	164.799	11433.71	69.37974
9	115.6342	4338.231	37.51685
9	71.78575	1526.546	21.26531
10	142.5939	2698.704	18.9258
10	91.10635	6842.322	75.10258
10	73.47582	3961.76	53.91924
10	36.64595	3819.043	104.2146
11	55.94713	3684.482	65.85651
11	129.2063	12592.52	97.46062
11	104.1505	6211.949	59.64395
12	112.8976	4744.937	42.02868
12	83.19446	8862.243	106.5244
12	62.62461	9288.718	148.3238
13	144.9395	17809.62	122.8762
13	75.96934	17493.89	230.2757
14	40.10011	5023.455	125.2728
14	131.2224	8997.238	68.56478

15	137.4596	8110.571	59.00329
15	109.2589	13862.35	126.8761
15	104.8244	12306.47	117.4008
16	64.81961	11538.56	178.0103
16	117.0135	3116.475	26.63346
16	41.79302	6003.846	143.6567
16	132.0025	1389.965	10.52983
16	99.73313	3357.626	33.6661
16	40.80431	22058.35	540.5886
17	51.42394	4523.6	87.9668
17	64.21976	4173.861	64.99341
17	54.41763	15658.57	287.7481
18	46.11126	4368.629	94.74104
18	94.59632	1130.788	11.95383
18	109.4097	2023.696	18.49649
19	128.7328	33285.79	258.565
20	73.42305	4865.452	66.26599
20	134.2307	26038.47	193.983
20	55.45652	6550.495	118.1195
20	42.7775	13850.38	323.7772
20	69.44831	8995.831	129.5328
20	78.20344	9788.711	125.1698
21	57.59265	15175.52	263.4975
21	125.5381	10255.62	81.69328
21	94.68286	10580.1	111.7425
21	58.86787	15010.92	254.9934
21	129.8076	7473.367	57.57266
22	44.54511	11627.22	261.0213
22	112.2407	17569.98	156.5384
22	103.0218	15459.05	150.0561
23	86.85096	18199.09	209.5439
23	72.90938	10110.33	138.6699
23	58.55458	6102.163	104.2132
23	99.52716	6862.147	68.94748
23	104.2089	9648.906	92.592
23	38.07798	9428.281	247.6045
24	110.1221	4459.244	40.49365
24	71.49802	7359.529	102.9333
25	62.24867	6063.143	97.40197
25	69.05013	5894.451	85.36481
25	119.3343	2750.539	23.04902
25	55.57624	13366.13	240.5008
25	58.7489	1281.782	21.81797
26	125.6494	11837.79	94.21281
26	102.5722	9274.572	90.41992

26	119.6781	8210.526	68.60506
26	105.6327	24619.36	233.0657
27	80.5406	2142.054	26.59595
27	79.17506	4684.912	59.17156
27	141.2455	8655.701	61.28124
27	88.50225	3458.121	39.07382
27	142.0434	17248.44	121.4308
28	80.82509	5590.446	69.16722
28	60.70149	10082.6	166.1013
28	127.5235	4946.2	38.78658
28	69.33741	4617.129	66.58929
28	48.25628	3182.603	65.9521
29	111.6815	1488.426	13.32741
29	68.41564	7942.77	116.0958
29	138.2347	9140.656	66.12417
30	103.6173	6019.135	58.09005
30	106.0026	10693.44	100.879
30	99.11685	15328.82	154.654
31	47.05372	4239.384	90.09668
31	64.53058	8704.431	134.8885
31	102.1251	5469.752	53.55933
31	81.00696	5200.238	64.19496
31	43.70628	5062.755	115.8359
32	98.15548	12863.09	131.0481
32	56.73993	29164.92	514.0106
33	93.6833	9353.661	99.84342
33	63.71273	5318.206	83.47164
33	52.56944	4316.255	82.10579
33	66.3732	14567.07	219.4722
33	110.2296	8683.134	78.77314
33	155.1896	23476.49	151.2762
33	52.29902	12423.23	237.5423
34	55.58519	7033.401	126.5337
34	45.98111	12544.81	272.8253
34	63.80714	14638.04	229.4107
34	86.14871	5102.874	59.23331
34	135.2622	5492.359	40.60528
35	122.9367	4650.038	37.82466
35	111.1578	20974.94	188.6951
36	74.89321	9667.325	129.0815
36	40.76909	17493.91	429.0974
36	88.53511	42835.63	483.8265
36	121.3555	2426.298	19.99331
36	52.01235	3140.751	60.38471
36	70.61755	7502.949	106.2477

37	133.4963	32755.54	245.3666
37	70.40479	14419.81	204.8129
37	83.94083	3998.717	47.63733
37	37.26711	13286	356.5073
37	59.2646	1298.041	21.90247
38	103.9508	31700.83	304.9599
38	144.5169	6375.849	44.11837
38	52.45099	7229.463	137.8327
38	97.90997	6358.6	64.94334
38	111.3261	9862.633	88.59228
38	71.48788	1435.023	20.07366
39	74.27764	5103.002	68.70173
39	49.06624	3311.412	67.48861
39	36.69168	4451.851	121.3313
39	144.8713	3988.962	27.53452
39	43.09295	12353.84	286.6789
39	39.36614	6174.56	156.8495
40	47.95725	9304.844	194.0237
40	157.6417	10389.96	65.90865
40	86.98305	11526.08	132.5095
40	120.8809	12822.77	106.0777
41	131.5227	6594.944	50.143
41	60.15338	1692.83	28.14189
41	37.68686	8175.365	216.9288
42	56.14334	1698.16	30.24687
42	96.39838	16490.73	171.0686
42	44.20835	4045.549	91.51098
42	44.28714	9038.476	204.0881
42	43.54921	1380.196	31.69279
42	61.27529	4180.664	68.22757
43	144.1003	2269.472	15.74925
43	72.57692	9379.05	129.2291
43	102.4814	3756.622	36.65662
43	93.43419	14535.7	155.5715
44	62.71508	3266.09	52.07823
44	47.60035	3433.651	72.135
44	50.70789	8233.393	162.3691
44	122.7335	6724.455	54.78905
44	57.15502	6511.635	113.9294
45	133.5466	13827.53	103.5409
45	85.30966	8537.938	100.0817
45	114.6848	15954.88	139.1194
45	104.5904	11280.53	107.8544
46	125.4153	7840.535	62.51656
46	88.84895	6035.919	67.93461

46	128.7231	8268.181	64.23232
46	50.3354	4567.909	90.74943
46	82.91729	4601.039	55.4895
46	42.9474	13641.04	317.622
47	83.71494	8296.732	99.10695
47	151.4498	30003.49	198.1085
47	89.77667	11220.21	124.9792
48	160.56	7030.468	43.78717
48	65.74036	4845.658	73.70902
49	45.11522	3072.885	68.11193
49	133.0533	4625.338	34.76306
49	143.4704	21846.8	152.2739
49	135.6879	5828.769	42.95716
50	56.44364	11175.45	197.993
50	53.34854	3801.521	71.25821
50	67.88641	8733.865	128.6541
50	69.61287	28711.79	412.4495
50	115.8395	2337.727	20.18075
51	59.5638	1292.612	21.7013
51	73.58492	12730.32	173.0018
51	100.4868	3580.956	35.63606
52	73.68376	7753.622	105.2284
52	91.26358	2853.906	31.27104
52	56.88593	16233.16	285.3633
52	38.85387	1880.327	48.39484
52	55.78791	28536.66	511.5205
53	56.38669	2221.265	39.39343
53	81.67214	11382.79	139.3717
53	122.2421	5196.785	42.51223
53	37.99825	6283.725	165.3688
53	88.37005	8342.808	94.40764
54	93.38724	13414.41	143.6428
54	42.08715	18329.56	435.5145
54	68.35882	11660.41	170.5765
54	61.92204	12168.14	196.5074
54	158.4381	8952.747	56.50627
55	40.39895	16015.59	396.4357
55	56.56607	5228.161	92.42574
55	62.49582	10136.62	162.1967
55	133.5694	18714.87	140.1135
55	64.0244	1414.374	22.09117
56	65.13808	9328.311	143.2083
56	94.81464	10346.97	109.1284

56	87.5509	7452.37	85.12043
57	37.23187	6049.487	162.4814
57	41.94618	5419.085	129.1914
57	110.5708	21299.08	192.6283
57	60.13222	4672.657	77.70638
58	38.91691	4895.316	125.7889
58	103.0349	8686.204	84.30349
58	36.1365	14523.11	401.896
58	98.07639	3777.731	38.51825
59	77.62768	2874.688	37.03174
59	58.41663	6256.378	107.0993
59	158.1354	4677.08	29.57643
60	70.7311	9531.054	134.7506
60	46.52556	2683.033	57.66792
61	110.5944	9448.047	85.42974
61	79.79959	36683.27	459.6924
62	66.57966	2682.199	40.28556
62	81.17345	2093.51	25.79058
62	109.728	20136.53	183.5132
62	59.55896	13845.14	232.4611
63	54.60188	26572.51	486.6592
64	43.7605	2030.737	46.40572
64	50.84565	2935.256	57.72875
65	76.58134	9943.278	129.8394
65	112.7318	2720.335	24.13103
65	77.9367	5736.12	73.59973
65	115.9083	3139.024	27.08195
65	44.97194	1886.696	41.95273
65	54.20639	13812.54	254.8139
66	52.6149	3149.785	59.86488
66	80.13515	6310.697	78.75067
66	124.2743	3495.792	28.12965
67	48.97752	11997.01	244.9492
67	140.8463	8201.532	58.23038
67	72.7327	2369.361	32.57629
68	100.3976	8290.606	82.57771
68	65.3023	3480.027	53.29103
69	120.7638	5338.568	44.20667
69	106.4776	8155.114	76.58992
69	86.87616	5329.964	61.35129
69	93.24649	8201.492	87.95496
70	124.972	2352.819	18.82677
70	125.1181	5846.35	46.72665

70	38.78383	21485.22	553.9736
71	51.5768	3133.62	60.7564
71	43.57678	5329.477	122.3009
71	118.5551	15517.85	130.8915
71	49.08945	20386.77	415.2985
71	56.14084	11360.62	202.3592
71	133.7235	4363.458	32.63045
72	84.35987	3120.88	36.99485
72	128.8405	6120.043	47.50092
72	118.5864	15278.39	128.8376
72	141.1453	20821.99	147.5217
73	46.49339	25900.57	557.0807
73	68.21943	7240.683	106.1381
73	108.7838	8465.036	77.81524
74	80.82699	12973.13	160.5049
74	41.8602	8131.233	194.2473
74	56.55873	5417.874	95.79199
74	75.72805	2091.319	27.61617
74	77.45847	2486.191	32.09708
74	136.8977	8890.805	64.94486
75	70.49962	4669.021	66.2276
75	126.6113	2896.428	22.87653
75	88.64716	3271.711	36.90711
75	161.2376	18911.76	117.2913
75	105.0474	6086.686	57.9423
76	61.45649	2052.351	33.3952
76	80.14555	10379.45	129.5075
76	102.8536	11766.91	114.4044
76	47.64239	3410.84	71.59254
76	57.45034	2114.382	36.80364
77	43.65114	3616.876	82.8587
77	124.4152	11230.23	90.2642
77	111.8976	4850.618	43.34873
77	96.44343	7831.854	81.20672
77	36.75791	4615.35	125.5607
78	68.39125	3405.746	49.79797
78	88.15808	6182.281	70.12721
79	42.43349	3574.184	84.23028
79	116.9086	7895.704	67.53741
79	94.57197	7364.272	77.8695
79	49.00919	15201.99	310.1865
79	77.92238	5865.276	75.27075
79	72.95235	2885.305	39.55054

79	39.3751	4567	115.987
80	89.53999	3712.499	41.46191
80	73.47051	14028.84	190.9452
80	93.78865	28782.82	306.8902
80	160.6079	20690.33	128.8251
81	86.36361	6764.277	78.32323
81	131.0565	6521.965	49.76455
81	51.89044	39367.98	758.6749
81	104.1736	23892.69	229.3546
81	54.17986	12147.84	224.2131
82	60.14008	4811.718	80.00852
82	91.16468	32552.76	357.0764
82	85.32438	11911.88	139.607
82	42.62192	13042.54	306.0055
82	36.73108	5897.699	160.5643
82	55.45819	1921.953	34.65589
82	53.96466	11888.29	220.2977
83	115.084	9095.108	79.03017
83	59.68854	25481.54	426.9085
85	95.35255	2121.587	22.24993
86	137.1789	11038.93	80.47108
86	83.99187	6214.3	73.98692
86	147.1879	10913.83	74.14897
86	116.1226	19904.54	171.4096
87	117.6816	11681.85	99.26654
87	56.63082	27341.51	482.8026
87	71.66115	5050.679	70.48002
87	81.45846	7152.468	87.80509
87	73.67832	3415.188	46.35269
87	85.97863	4897.235	56.95875
87	58.43887	7804.445	133.5489
88	76.21115	3095.211	40.61362
88	103.3399	11405.27	110.3666
89	92.71653	15423.18	166.3477
89	98.88246	2217.553	22.42615
89	53.77048	17246.95	320.7512
90	71.06409	17910.88	252.0384
90	109.1292	4491.375	41.15649
90	87.23465	2685.076	30.77993
90	144.0361	3250.756	22.56903
90	96.51974	5140.164	53.25505
91	65.63324	2548.72	38.83276
91	64.05728	2371.401	37.02001

92	87.72348	1323.899	15.09173
92	66.43798	16626.6	250.2575
92	85.72477	3716.281	43.35131
92	110.633	7668.392	69.31376
92	66.53541	5717.34	85.92928
93	99.41624	4242.943	42.67856
93	48.82746	15349.11	314.354
93	105.4555	11997.71	113.7703
93	124.7628	2797.307	22.42101
93	117.358	2862.465	24.39087
94	69.56221	20254.92	291.1771
94	104.0812	50159.73	481.9287
94	62.08964	7099.589	114.3442
95	58.31554	2503.37	42.92801
95	59.39737	7468.79	125.7428
95	85.29038	3871.906	45.39675
95	44.42412	5263.85	118.4908
95	51.61733	22418.4	434.3192
95	79.85288	5937.026	74.34956
96	77.65592	14608.25	188.115
96	112.3628	8239.706	73.33127
96	40.56305	6649.226	163.9232
97	131.5104	30183.87	229.5169
97	65.31639	5655.199	86.58162
97	88.69441	4965.241	55.98144
98	78.99235	26732.98	338.4249
98	97.5591	3665.92	37.5764
98	73.63294	11416.36	155.0442
98	53.41326	8615.389	161.2968
99	136.3938	8317.453	60.98115
100	76.68663	2645.852	34.50213
100	151.7755	2634.365	17.35698
100	82.62109	18895.36	228.699
100	54.33188	4503.285	82.88476
101	96.52053	7733.142	80.11914
101	97.31971	15369.97	157.9328
101	54.89	5199.54	94.72653
101	66.79743	5631.258	84.3035
102	108.3295	13642.12	125.9317
102	86.07126	4182.931	48.59846
102	86.06769	13430.55	156.0464
102	37.80945	2671.633	70.66046
102	36.65953	19401.44	529.2331

102	49.82624	3106.226	62.34116
102	119.3888	2068.63	17.32683
103	70.58366	18586.86	263.331
103	75.37924	11993.59	159.11
103	132.8341	21478.18	161.6918
104	85.72499	6209.371	72.43361
104	78.09505	5783.133	74.05249
104	132.1655	17235.75	130.4103
104	88.91773	23072.49	259.4814
104	49.08538	7176.164	146.1976
105	54.93916	3132.122	57.01074
106	43.18803	11208.33	259.524
106	61.54451	9289.34	150.937
107	65.76838	13397.46	203.7067
107	92.17904	4611.082	50.0231
107	148.1076	9849.313	66.50108
107	75.27265	3757.766	49.92207
108	132.1389	2892.13	21.88705
108	109.277	3154.917	28.87083
108	138.232	8613.048	62.30864
109	119.0202	8014.203	67.33484
109	114.1573	6736.598	59.01155
109	89.22993	13121.02	147.0473
109	49.28674	4079.681	82.77441
109	51.46371	10285.66	199.8625
110	84.61394	7672.619	90.67795
110	85.89373	3125.013	36.38232
110	86.33107	7272.13	84.23538
110	46.03837	7831.931	170.1175
111	85.23792	9932.497	116.5267
111	51.63591	2147.053	41.58061
111	60.8915	16289.21	267.512
111	128.2849	11810.5	92.06458
111	57.35262	16486.85	287.4646
112	92.60592	3058.647	33.02863
112	133.7133	33756.42	252.4538
112	63.4854	9869.19	155.4561
112	76.30629	2855.36	37.41972
112	57.67254	11536.43	200.0334
112	102.727	3185.159	31.00606
112	92.7268	1184.538	12.7745
113	43.15644	15302.24	354.5761
113	42.27381	15378.75	363.7891

113	102.0951	7412.03	72.59927
114	144.0306	4002.352	27.78821
114	82.31848	4256.525	51.70802
114	48.62926	4705.541	96.76359
115	103.4281	1871.367	18.09341
115	142.0968	6340.756	44.6228
116	109.1374	9492.297	86.97566
116	142.3227	3935.331	27.65077
117	112.5572	6406.81	56.92046
117	122.5631	7446.223	60.75422
117	108.5538	10939.97	100.7792
118	66.9108	3276.666	48.97066
118	117.8605	10421.3	88.42068
118	80.02852	4910.361	61.35763
119	49.99365	10863.1	217.2896
119	49.67992	18959.17	381.6264
119	108.8042	7075.988	65.03414
119	123.5275	2483.646	20.10601
119	53.53781	3754.548	70.12892
120	101.7876	7145.974	70.20478
120	60.62049	11677.38	192.6309
121	136.2204	2086.943	15.32034
121	119.9968	8218.122	68.4862
121	79.32928	9231.988	116.3755
121	51.60063	10038.73	194.5466
121	101.7992	14418.24	141.6341
122	99.64648	9045.929	90.78022
122	41.76522	19778.53	473.5647
122	38.14622	8919.613	233.8269
Rata-Rata	84.81068	9336.481	126.7417

Lampiran 2. Hasil simulasi ARENA Rekayasa Bongkar Muat Curah Kering Dermaga Jamrud Tambatan ke-1

Replikasi	Waktu (jam)	Tonase	KPI T/G/H
1	92.25104	11296.72	122.4563
1	100.5883	14304.67	142.2101
1	92.91068	13076.87	140.7467
1	104.9587	18301.4	174.3677
1	62.78389	15891.59	253.1158
2	35.57256	12000.74	337.3596
2	82.95125	4681.783	56.44017
3	44.01973	7154.18	162.5221

3	111.1299	9633.939	86.69079
3	75.57305	2567.301	33.97112
3	74.1535	9251.344	124.7594
3	29.54758	7573.988	256.3319
3	44.94187	2253.206	50.13601
3	33.33438	9887.04	296.6019
4	107.2763	5112.548	47.65777
4	69.42631	24182.87	348.3243
4	47.1775	5358.919	113.5906
4	59.19333	21255.52	359.0864
4	74.46731	3461.194	46.47937
5	67.89931	5029.06	74.06645
5	83.40081	15884.33	190.4577
5	61.46946	3938.621	64.07444
5	27.64029	4585.569	165.9016
5	82.86097	8842.389	106.7136
5	37.29813	3202.072	85.85072
6	24.01781	11478.37	477.9108
6	75.6296	5557.893	73.48834
6	37.39709	7178.792	191.9612
7	63.42783	9537.6	150.3693
7	49.53912	10695.5	215.9001
7	45.01134	3688.379	81.94333
7	91.05123	9110.273	100.0566
8	72.96349	1836.111	25.16479
8	68.40692	3084.745	45.09406
8	35.43267	15637.53	441.3307
9	30.84629	2629.104	85.23242
9	111.7913	10104.2	90.38448
9	50.29543	11961.01	237.8151
9	50.92548	5204.571	102.1997
9	74.242	3726.496	50.19391
10	61.26793	17971.62	293.3284
10	33.55374	12886.46	384.0544
10	40.30187	19929.78	494.5125
11	92.56617	8927.726	96.44696
11	93.86089	11539.24	122.9398
11	28.49487	5631.283	197.6244
11	45.72703	4533.485	99.14235
11	96.70664	5235.75	54.14055
11	50.09466	3180.352	63.48685
12	67.62367	4744.937	70.16681
12	72.15732	18666.84	258.6964

12	50.31057	14718.39	292.5506
12	49.30641	5252.667	106.5311
12	42.58599	2948.221	69.22984
13	41.74244	4014.302	96.16835
13	27.74621	23518.16	847.6169
13	76.01971	1894.66	24.92327
13	36.33134	17809.62	490.1999
13	78.01221	14974.3	191.9481
14	55.79469	7351.476	131.7594
15	54.00844	2125.765	39.35986
15	88.43996	5139.401	58.11175
16	44.19519	11538.56	261.0818
16	77.94069	9668.922	124.0549
16	45.36188	7591.826	167.3614
16	58.96693	16057.47	272.3131
16	46.45332	3308.894	71.2305
17	64.15967	5462.263	85.13546
17	96.89576	4173.861	43.07578
17	83.30234	13784.22	165.4721
17	75.86549	4168.215	54.94218
17	43.45768	6947.816	159.8755
17	25.03407	9564.3	382.0514
18	64.33032	4658.985	72.42286
18	80.18505	1689.136	21.06548
18	48.87698	18584.39	380.2279
18	38.6449	22769.55	589.1993
18	50.6351	5221.026	103.1108
18	41.97834	1783.77	42.49263
19	82.83648	27010.57	326.0709
19	27.76977	7252.517	261.1659
20	50.06117	4865.452	97.19013
20	61.31162	11570.76	188.7205
20	76.15744	9788.711	128.5326
20	56.96442	3702.361	64.99427
20	83.24492	2325.817	27.93944
20	42.36775	8156.388	192.5141
21	70.0676	7235.765	103.2683
21	80.81467	5472.587	67.71774
21	28.19014	3863.514	137.0519
21	85.10112	15010.92	176.3892
21	34.62119	12034.01	347.5908
22	30.37167	11627.22	382.8312
22	88.21561	12717.97	144.1691

22	58.79141	6723.212	114.357
22	46.11794	7285.259	157.9702
23	35.92061	6716.569	186.9837
23	30.07797	3578.495	118.974
23	60.58454	1954.089	32.25393
23	67.49144	9770.205	144.7621
23	42.35797	29989.2	707.9944
24	102.5803	8859.451	86.36597
24	31.0807	4459.244	143.4731
24	96.03002	4800.253	49.98701
24	37.53822	21751.86	579.4588
25	42.44227	6063.143	142.8562
25	56.38215	28296.02	501.8613
25	103.7363	23343.21	225.0246
25	95.35772	9593.097	100.6011
25	57.16393	3472.94	60.75404
25	26.19814	4523.192	172.6532
26	45.56548	8741.397	191.8425
26	105.7128	5438.719	51.44804
26	64.47919	20041.18	310.8163
26	47.87154	1818.311	37.98314
27	48.19417	4003.68	83.07397
27	47.81652	7294.347	152.5487
28	66.9655	4022.93	60.07466
28	68.52616	20953.46	305.7731
28	47.96316	4747.252	98.97705
28	69.2764	15306.99	220.9554
29	30.31887	11497.01	379.2032
29	87.36318	7905.328	90.48809
29	55.50571	3067.306	55.26108
29	56.83465	10003.32	176.0074
29	32.24067	14077.72	436.6448
30	70.64816	6019.135	85.19874
30	39.2001	4593.289	117.1755
30	29.93412	7532.055	251.6211
30	39.6737	7079.973	178.4551
30	58.2245	30675.24	526.8441
30	75.48823	6798.512	90.06055
30	82.54922	6385.014	77.34797
31	34.20745	8704.431	254.4601
31	53.96938	8277.16	153.3677
31	39.81478	6449.642	161.9912
31	65.47352	3002.559	45.85914

32	66.92419	12863.09	192.2039
32	80.50744	5012.196	62.25754
32	85.62393	11349.81	132.5542
32	85.77547	32716.97	381.4257
32	33.93418	4506.494	132.801
32	82.08361	5487.964	66.85822
32	24.69098	8626.595	349.3825
33	63.87498	9353.661	146.437
33	94.95285	14542.22	153.152
33	60.2284	14178.18	235.4069
33	35.76825	21344.54	596.7454
33	47.06001	25570.31	543.3554
34	100.4706	7033.401	70.00455
34	72.96227	12544.81	171.9356
34	45.62326	9356.821	205.0888
34	44.66009	8597.442	192.5084
34	25.83018	6000.631	232.3108
34	106.1062	5492.359	51.76283
34	59.05351	13649.11	231.1312
36	49.28164	1717.458	34.84986
36	67.44855	10019.78	148.5545
36	94.44702	5845.347	61.89022
36	67.11004	3888.054	57.93551
36	79.61165	4606.033	57.85627
36	73.09134	5738.902	78.51684
37	63.06215	6389.546	101.3214
37	69.97051	3243.544	46.35588
37	66.90653	6435.326	96.18382
37	28.60537	8384.595	293.1126
38	38.84387	7727.593	198.9398
38	40.18046	17503.68	435.6267
38	85.64827	9912.15	115.7309
38	28.48006	4793.229	168.3012
38	71.76937	1668.287	23.24511
38	76.66629	16607.24	216.6172
38	82.11587	11127.4	135.5085
38	38.25899	8838.011	231.0048
39	88.21504	2627.999	29.79083
39	89.93109	3746.335	41.65784
39	64.61724	20285.59	313.9347
40	107.483	10389.96	96.66602
40	29.4991	2347.639	79.5834
40	37.10252	14560.16	392.4305

41	79.79522	5284.969	66.23165
41	58.08025	4275.625	73.61582
41	28.99346	23755.18	819.3291
42	38.27955	1698.16	44.36207
42	55.22722	16490.73	298.5979
42	92.36468	4045.549	43.79975
42	71.85128	1380.196	19.20907
42	70.23384	2146.817	30.5667
43	42.89667	13761.39	320.8031
43	32.72584	2980.6	91.07786
43	56.1729	12248.69	218.0534
43	61.97211	15081.83	243.3648
43	92.95142	7308.408	78.6261
43	34.03266	22206.89	652.517
44	73.31372	6391.357	87.17818
44	67.66338	19374.51	286.3367
44	42.43043	2356.836	55.54589
44	85.45568	4999.457	58.50351
44	75.51816	11944.55	158.1679
44	26.36688	3056.623	115.9266
44	66.89788	7719.573	115.3934
45	87.78514	15954.88	181.7492
45	35.31048	9168.691	259.6592
46	85.51044	7840.535	91.69096
46	38.38975	5623.417	146.4822
46	64.68479	18143.39	280.4893
46	46.69129	13653.08	292.4117
46	37.72348	2003.942	53.12186
46	60.708	29014.15	477.9296
46	75.95428	4618.266	60.80323
47	70.9169	3063.453	43.19779
47	49.88436	25980.07	520.806
47	65.52126	19388.54	295.9122
47	68.14316	8296.732	121.7544
47	59.44468	4617.325	77.67432
47	45.2032	15831.32	350.2257
48	92.59719	16330.19	176.3573
48	41.28213	3239.121	78.46303
48	54.80759	1566.034	28.5733
48	47.01953	3016.45	64.15313
49	24.09511	10688.54	443.5977
49	34.69687	2467.778	71.12393
50	53.07868	9785.633	184.3609

50	86.02701	8030.6	93.34976
50	46.10808	1819.781	39.46772
50	41.4326	15092.06	364.2557
51	40.61168	1292.612	31.82858
51	24.12857	3188.436	132.1436
52	88.34062	4478.434	50.69506
53	38.44547	2221.265	57.77702
53	37.96209	16459.65	433.5813
53	75.86202	19626.9	258.7184
53	94.98247	2481.976	26.13088
53	39.506	2954.508	74.78631
53	48.50254	41460.95	854.8201
54	33.76081	9233.787	273.5061
54	43.88492	10186.73	232.1237
54	59.12896	14577.41	246.536
54	63.94648	40099.27	627.0756
54	46.37249	2943.934	63.48449
55	43.20075	4205.654	97.35142
55	96.87634	27910.57	288.1051
55	41.80945	11236.51	268.7554
55	89.93249	5335.94	59.33273
56	50.18641	18884.93	376.2956
56	77.99896	7905.82	101.358
56	86.82322	5792.873	66.72032
56	75.13328	7838.839	104.3325
56	76.36589	7452.37	97.58768
56	32.83547	27893.36	849.4887
56	59.97524	5387.846	89.8345
57	31.01149	15369.8	495.6163
57	34.5298	2271.29	65.77769
58	60.13787	4895.316	81.40156
58	63.27499	7910.344	125.0153
58	84.5305	16809.9	198.862
59	37.36128	4692.272	125.5918
59	91.97359	14454.85	157.163
59	34.46707	2793.279	81.04197
59	109.8524	3131.915	28.5102
59	43.73658	7507.986	171.6637
59	73.64945	3833.772	52.05432
59	55.52082	2874.688	51.77676
59	61.0166	16596.38	271.9977
59	61.60312	11802.64	191.5916
60	67.48342	1789.657	26.51995

60	29.84743	4624.595	154.9411
60	57.59213	8057.23	139.9016
60	92.58306	21247.46	229.4962
61	40.31326	30457.23	755.514
61	46.41861	27886.09	600.7524
62	32.46227	13032.12	401.4543
62	37.61488	27131.87	721.3068
62	100.8274	14518.43	143.9929
62	69.80513	25157.26	360.3927
63	58.19873	9134.825	156.9592
63	44.73279	2721.853	60.84692
63	26.19054	3979.125	151.9299
64	87.18851	2258.059	25.89858
64	88.13063	26415.09	299.7266
64	43.48657	7636.95	175.6163
64	26.1976	13068.42	498.8403
64	50.77847	3428.906	67.52677
64	26.66841	14567.17	546.2332
65	40.45793	9943.278	245.7683
65	32.38611	6162.77	190.2905
65	46.74897	3720.411	79.58273
65	34.74957	13812.54	397.4882
65	53.99731	5397.916	99.96639
66	61.82675	2470.671	39.96119
66	94.22826	25837.12	274.1972
66	45.87158	1382.374	30.13575
66	71.05707	20421.24	287.392
66	60.95378	6458.715	105.9609
66	105.2562	5858.292	55.65747
67	43.56448	7200.191	165.2766
67	39.13248	6634.045	169.5279
67	81.01026	6796.503	83.89682
68	43.25271	16226.24	375.1496
68	83.50908	5875.822	70.36147
68	47.52223	20226.97	425.6317
68	84.39762	4049.189	47.97753
69	40.09275	3692.137	92.08989
69	32.66394	3889.457	119.0749
69	69.91479	7300.441	104.4191
69	38.94398	12946.87	332.4486
70	46.90028	3016.743	64.32249
70	67.22096	9125.572	135.7549
70	69.07969	2929.081	42.40147

71	50.2854	10959.54	217.9467
71	45.65483	9004.331	197.2263
71	47.50059	4346.365	91.50128
71	58.10906	13196.93	227.1063
72	61.78048	3120.88	50.51564
72	33.97912	5865.84	172.6307
72	84.0721	12581.46	149.6508
72	82.94809	17103.95	206.2007
72	98.36664	9269.073	94.22984
73	59.77838	13486.6	225.6101
74	55.10931	12973.13	235.4071
74	69.29269	2164.175	31.23237
74	57.5992	3106.165	53.92721
74	65.20763	5451	83.59452
74	31.36119	11052.03	352.4111
74	51.98986	8083.654	155.4852
74	56.41817	2261.142	40.07826
74	32.3982	2803.981	86.54743
75	48.06793	4669.021	97.13381
75	80.17199	18911.76	235.8899
75	29.80197	3191.285	107.083
75	93.5981	5501.609	58.77907
75	47.6892	5147.05	107.929
75	54.71537	5143.197	93.99913
75	71.31599	11403.56	159.9019
75	53.8584	11130.61	206.6644
76	48.10349	9455.048	196.5564
76	78.08029	2262.03	28.97057
76	67.24436	16488.95	245.2094
76	36.26742	2052.351	56.5894
76	85.6472	16458.09	192.1615
77	29.76214	3616.876	121.5261
77	76.76842	11230.23	146.2872
77	51.77657	12196.58	235.5617
77	100.5425	7831.854	77.89597
77	39.66548	6055.565	152.6658
77	80.5756	5791.954	71.88223
77	72.46258	3137.517	43.29844
77	77.54527	9430.889	121.6178
77	39.2738	4568.951	116.3359
78	60.75011	1564.661	25.7557
78	104.1526	7431.983	71.35667
79	28.93192	3574.184	123.5377

79	59.8784	7895.704	131.8623
79	26.72632	4454.408	166.6675
79	101.465	3129.119	30.83939
79	64.31577	3926.178	61.04535
79	28.6228	22675.75	792.2268
79	63.9089	2885.305	45.14716
79	110.6865	7403.987	66.89149
80	73.4582	17173.78	233.7899
80	61.04999	12249.67	200.6499
80	88.38583	5924.832	67.03373
80	27.65588	20188.9	730.0038
80	43.32384	3429.418	79.15776
81	58.69033	6764.277	115.2537
81	41.0027	3908.068	95.31247
82	79.71439	15355.5	192.6314
82	40.91379	32552.76	795.6427
82	104.5763	5897.699	56.39612
83	37.07267	9095.108	245.3318
83	41.0506	10261	249.9598
83	61.42064	8909.063	145.05
83	28.72139	7630.502	265.6732
83	69.15459	3058.147	44.22189
84	68.03089	6418.714	94.34999
84	27.15323	27137.82	999.4322
84	29.46221	7735.477	262.5559
84	52.50401	9998.855	190.4398
85	70.16514	8743.544	124.6138
85	69.77445	16683.14	239.101
85	41.91433	13199.38	314.9134
85	43.31745	14688.09	339.0801
85	78.04788	13604.03	174.3036
86	86.35332	28457.73	329.5499
86	30.25771	6214.3	205.379
86	70.5822	25591.98	362.5841
86	27.279	16912.69	619.9895
86	80.01921	1229.763	15.36835
86	52.40027	4389.79	83.77419
86	45.11992	7609.261	168.6453
87	46.98197	23236.37	494.5807
87	90.56346	7804.445	86.17653
87	74.70463	18626.33	249.333
88	28.1721	15089.91	535.6333
88	88.71785	1620.13	18.2616

88	27.44784	15311.79	557.8506
89	63.21582	15423.18	243.9766
89	68.68248	2217.553	32.28703
89	97.16169	11867.29	122.1396
90	53.61928	13157.18	245.3815
91	79.72811	10042.96	125.9651
91	57.91298	6771.712	116.9291
91	104.861	5375.772	51.26569
91	42.48236	1562.583	36.78193
91	65.49657	29719.93	453.7631
92	59.81146	1323.899	22.13454
92	53.08108	16626.6	313.2303
92	48.66233	11077.33	227.6366
92	61.34365	3716.281	60.58135
92	90.64142	8939.962	98.62999
92	45.30817	5717.34	126.1879
93	68.42887	20834.43	304.4684
93	84.91907	5784.978	68.12342
93	54.40988	5496.328	101.0171
94	84.56625	10274.15	121.4923
94	89.50039	5499.637	61.44819
94	44.27185	1805.699	40.78662
95	39.7606	2503.37	62.96108
95	66.14853	11433.45	172.8451
95	108.5419	9712.142	89.47826
95	35.28834	10010.05	283.6645
95	28.99261	15192.08	523.9984
95	88.80657	2417.255	27.21933
96	52.94722	14608.25	275.9021
96	53.49998	9408.301	175.8561
96	38.00034	6087.624	160.1992
96	76.61099	8239.706	107.5525
96	78.73321	4556.847	57.87706
96	24.15367	19171.31	793.7224
97	89.66621	30183.87	336.6248
97	89.99434	12149.25	135.0002
97	71.01076	4510.304	63.51579
97	103.8834	19778.79	190.394
98	86.55306	26732.98	308.8624
98	50.5737	13735.91	271.602
98	55.90063	6602.52	118.1117
98	27.68656	9280.329	335.1926
98	87.47982	8615.389	98.48431

99	35.55235	2676.35	75.27914
99	70.59113	3520.486	49.8715
99	78.83766	8241.487	104.5374
99	70.72284	10744.34	151.9218
99	58.09381	15603.93	268.5989
99	75.99915	14204.22	186.8998
99	79.39607	8865.887	111.6666
100	80.63983	3928.525	48.71694
100	101.0122	8939.51	88.49928
100	41.38367	15830.11	382.5206
100	68.99659	10530.32	152.6209
101	32.7569	5199.54	158.7311
101	50.41973	5985.723	118.7179
102	73.86102	13642.12	184.6999
102	24.95871	4182.931	167.5941
102	45.177	13430.55	297.2874
102	76.57356	7747.61	101.1787
102	49.36793	2068.63	41.9023
103	48.12522	18586.86	386.2188
103	103.2309	19931.56	193.0773
103	77.54953	21630.02	278.9188
104	100.1188	5783.133	57.76271
104	94.62545	6798.537	71.84681
104	70.35002	14673.03	208.5717
105	65.52957	21700.27	331.1524
105	87.84834	2951.943	33.60272
105	43.01331	4337.583	100.8428
106	94.8699	29715.03	313.2188
106	28.68676	4030.677	140.5065
106	29.44639	11208.33	380.6352
106	40.13911	10858.39	270.5189
106	35.59039	3351.136	94.15844
107	37.90807	9849.313	259.821
107	72.92997	10074.2	138.1353
107	24.53424	1793.996	73.12215
107	33.97422	3916.838	115.2885
108	76.77007	2858.77	37.23808
108	47.80363	11532.37	241.2447
108	47.76575	3020.243	63.2303
108	63.54738	12516.18	196.9583
109	27.3537	10169.44	371.7756
109	39.81771	13121.02	329.5272
109	102.5559	3828.598	37.33182

109	53.66528	6264.858	116.7395
109	64.78945	7400.744	114.2276
109	91.07745	7901.61	86.75703
110	28.62297	10711.13	374.2143
110	27.93555	13899.29	497.5484
110	106.9346	35189.03	329.0706
110	42.97096	13086.69	304.5473
110	27.73139	16140.91	582.0446
111	45.0051	16289.21	361.9414
111	56.4102	9906.856	175.6217
111	31.77553	7830.832	246.4422
112	63.1404	3058.647	48.442
112	34.76208	3185.159	91.62742
112	39.32218	5769.776	146.7308
112	89.86492	1273.238	14.16836
112	24.02375	1184.538	49.30696
112	42.66794	7224.946	169.3296
112	40.86489	10847.08	265.4376
113	64.57924	9240.685	143.0906
113	99.77171	6069.095	60.82982
113	89.77236	16742.93	186.5043
113	23.93658	1990.954	83.1762
113	94.77664	3910.349	41.25857
114	70.6853	15694.22	222.0294
114	39.5161	5404.638	136.7705
114	64.37844	10842.98	168.4256
114	32.73071	2068.586	63.20014
114	32.70635	4373.834	133.7304
114	30.73105	4230.227	137.6532
114	32.23854	11959.27	370.9619
115	53.87328	4628.696	85.91822
115	61.19753	1983.454	32.41069
115	95.13434	2086.465	21.93178
116	34.11929	1163.105	34.08938
116	73.76589	11089.87	150.3387
116	36.52467	18419.23	504.2954
117	64.41558	16864.86	261.8133
117	72.1199	13785.93	191.1529
117	103.8229	3056.594	29.44047
117	70.62495	14738.24	208.6832
117	36.01114	10832.44	300.8079
117	64.80207	1530.922	23.62458
118	97.14587	8482.104	87.31307

118	42.06874	8953.81	212.8376
118	46.25873	20383.75	440.6465
118	50.2051	5190.074	103.3774
118	47.31796	14981.68	316.6173
118	45.134	10377.34	229.9229
118	95.38179	6923.766	72.59002
118	36.30817	5972.73	164.501
119	51.91675	6049.821	116.5293
119	37.98267	2816.498	74.15219
119	99.78052	3754.548	37.62807
120	61.28892	5148.618	84.00569
120	25.82803	8747.202	338.6709
121	40.41824	18675.88	462.0656
121	59.29724	10038.73	169.295
121	44.24891	3883.03	87.75426
121	44.55634	13585.99	304.9171
122	67.94078	9045.929	133.1443
122	102.3292	7586.602	74.13915
122	38.92977	4479.055	115.0547
122	38.17496	17863.45	467.9363
Rata-Rata	59.63635	9683.706	187.1783

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 20 Agustus 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh beberapa pendidikan formal yaitu; SD Muhammadiyah 4 Surabaya, SMP Negeri 17 Surabaya, SMA Negeri 17 Surabaya, dan D4 Teknik Komputer PENS Surabaya.

Pada tahun 2017 pasca kelulusan penulis bekerja sebagai programmer di PT Sinergi Informatika Semen Indonesia dan pada tahun 2018 penulis bekerja sebagai programmer di PT Pelabuhan Indonesia III (Persero). Tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan magister di ITS dengan fokus bidang minat Manajemen Teknologi Informasi, departemen Manajemen Bisnis, Fakultas Desain dan Bisnis Digital. Selama menjadi mahasiswa, Penulis telah mengikuti kegiatan akademik seperti beberapa konferensi di tingkat Internasional.

Penulis terbuka kepada siapa saja yang ingin berdiskusi mengenai penelitian yang telah penulis lakukan baik sharing ilmu, kritik, maupun masukan. Adapun email yang dapat dihubungi pembaca yaitu alvinsyarifudin@gmail.com