

**OPTIMASI KAPASITAS DERMAGA INTERNASIONAL DENGAN
SIMULASI PADA PT TERMINAL TELUK LAMONG**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FEBRIANTO DANU TIRTO

NIM. 125060700111026

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI KAPASITAS DERMAGA INTERNASIONAL DENGAN SIMULASI PADA PT TERMINAL TELUK LAMONG

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FEBRIANTO DANU TIRTO

NIM. 125060700111026

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 14 Agustus 2017

Dosen Pembimbing I

Rahmi Yuniarti, ST., MT.
NIP. 198406242008122004

Dosen Pembimbing II

Agustina Eunike, ST., MT., M.BA.
NIP. 198008112012122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 10 Agustus 2017

Mahasiswa



Febrianto Danu Tirto

NIM. 125060700111026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "OPTIMASI KAPASITAS DERMAGA INTERNASIONAL DENGAN SIMULASI PADA PT TERMINAL TELUK LAMONG". Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak gangguan dan hambatan yang dihadapi oleh penulis. Namun berkat dukungan serta bantuan dari semua pihak, tugas akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan nikmat dan petunjuk yang diberikan.
2. Kedua orang tua tercinta, M. Rokhim dan Sri Lestari yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dukungan, motivasi, nasehat, dan doa yang tidak pernah terputus.
3. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, atas ketersediaan, saran, arahan, serta ilmu yang diberikan.
4. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku dosen pembimbing I, atas waktu yang telah diluangkan; kesabaran dalam membimbing; masukan, arahan, dan motivasi yang diberikan; serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
5. Ibu Agustina Eunike, ST., MT., M.BA selaku dosen pembimbing II, atas usulan topik yang diberikan; waktu yang telah diluangkan; kesabaran dalam membimbing; memberikan masukan, arahan, motivasi; serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
6. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri, atas ketersediaan, saran, arahan, serta ilmu yang diberikan.
7. Bapak Rakhmat Himawan, ST., M.Sc selaku dosen Pembimbing Akademik, atas ketersediaan, saran dan arahan kepada penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
9. PT Terminal Teluk Lamong, khususnya Ibu Wieke Rossaria Dewi, Bapak Esanudin, dan Ibu Astuti Yamin, yang telah memberi bimbingan dan arahan, serta kesempatan dan bantuan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data dan penelitian.
10. Aristya Tri Anggraeny atas semua motivasi dan dukungan selama masa perkuliahan dan

- dalam proses penyelesaian skripsi skripsi.
11. Wily Ariwiguna, selaku Mentor, atas arahan, ide, saran, dan pengetahuan yang telah diberikan dan diajarkan, baik yang berkaitan langsung dengan skripsi maupun pengembangan diri penulis yang berpengaruh secara tidak langsung terhadap sikap menyelesaikan skripsi.
 12. Ruang Belajar Aqil, termasuk segenap Alumni, khususnya Mas Bian, Mas Bari, Mas Kiki, Mbak Dina, Dika, Desti, Mbak Ratna, dan anggota RBA Jilid 22-27, atas saran, ide, bantuan, dan motivasi yang diberikan.
 13. Asistan Laboratorium Simulasi, khususnya Yudanto, atas bantuan, arahan, dan dukungan yang diberikan selama proses mengerjakan skripsi.
 14. Sahabat-sahabat seangkatan Novita, Ferizka, Vergiant, Dyah, Andra, Reynaldo, Petty, dan Suko atas dukungan, semangat, dan bantuannya dalam menyelesaikan skripsi.
 15. Teman-teman “STEEL” Teknik Industri Angkatan 2012 atas pengalaman, doa, cerita, motivasi, dan kerja sama selama masa perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
 16. Mbak Uzlifatul Jannah, operator Warnet Trijaya yang dengan baik hati membantu melakukan *format editing*, saran, dan arahan selama penyusunan skripsi.
 17. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi dan skripsi yang tidak penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran sangat diharapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi penelitian yang akan datang. Kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung semoga mendapat imbalan dari Allah SWT. Aamiin.

Malang, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Asumsi	6
1.6 Tujuan Penelitian	6
1.7 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Terminal Peti Kemas	
2.2.1 Peti Kemas	9
2.2.2 Fasilitas Terminal Peti Kemas	10
2.2.3 Perlengkapan Proses Bongkar Muat Peti Kemas	11
2.2.4 Prosedur Pelayanan Bongkar Muat Peti Kemas	15
2.3 Kinerja Pelabuhan	17
2.3.1 Ukuran Kinerja Pelabuhan	17
2.3.2 Ancaman <i>Overcapacity</i>	19
2.4 Konsep Simulasi	19
2.4.1 Sistem	20
2.4.2 Model	20



2.4.3 Simulasi.....	21
2.5 <i>Discrete Event Simulation</i> dan Pengoptimalan.....	22
2.5.1 Pengumpulan dan Pengambilan Data Input Simulasi.....	25
2.5.2 Pengujian Data.....	25
2.5.3 Perancangan Model Konseptual.....	26
2.5.4 Penentuan Distribusi.....	27
2.5.5 Perancangan Model ARENA.....	28
2.5.6 Penentuan Jumlah Replikasi.....	28
2.5.7 Verifikasi dan Validasi Model.....	29
2.5.8 Perancangan dan Pemilihan Skenario.....	30
2.5.9 <i>Forecasting</i>	31
2.6 <i>Software</i>	32
2.6.1 EasyFit.....	32
2.6.2 ARENA.....	34
2.6.3 SPSS.....	37
2.6.4 MiniTab.....	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1 Jenis Penelitian.....	45
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	45
3.3 Tahap Penelitian.....	45
3.3.1 Tahap Pendahuluan.....	45
3.3.2 Tahap Penyajian Data.....	46
3.3.3 Tahap Pengolahan Data dan Pembuatan Model.....	47
3.3.4 Tahap Analisis dan Kesimpulan.....	49
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Gambaran Umum PT Terminal Teluk Lamong.....	53
4.1.1 Profil Terminal Teluk Lamong.....	53
4.1.2 Visi dan Misi Terminal Teluk Lamong.....	54
4.1.3 Struktur Organisasi Terminal Teluk Lamong.....	54
4.1.4 Pelayanan di Terminal Teluk Lamong.....	55
4.2 Penyajian Data.....	56





4.2.1 Pengumpulan dan Pengambilan Data	56
4.2.1.1 Data Arus Ekspor dan Impor	56
4.2.1.2 Data Kedatangan Kapal di Dermaga Internasional.....	56
4.2.1.3 Data Proses Bongkar Muat	57
4.2.2 Pengujian Data	58
4.2.3 Identifikasi Sistem Bongkar Muat	59
4.3 Pengolahan Data dan Pembuatan Model.....	60
4.3.1 Perancangan Model Konseptual.....	60
4.3.2 Penentuan Distribusi dan Nilai Parameter	64
4.3.3 Skenario Model ARENA	66
4.3.4 Penentuan Jumlah Replikasi	66
4.3.5 Verifikasi dan Validasi	67
4.3.5.1 Verifikasi.....	67
4.3.5.2 Validasi	69
4.4 Pengoptimalan Kapasitas Dermaga Internasional.....	70
4.4.1 Peramalan	72
4.4.2 Pengoptimalan I.....	75
4.4.2.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan I.....	77
4.4.2.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan I	77
4.4.3 Pengoptimalan II	78
4.4.3.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan II.....	79
4.4.3.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan II.....	79
4.4.4 Pengoptimalan III	80
4.4.4.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan III	81
4.4.5 Pengoptimalan IV	81
4.4.5.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan IV	82
4.4.5.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan IV	82
4.4.6 Pengoptimalan V	83
4.4.6.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan V	83
4.4.6.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan V.....	84
4.4.7 Pengoptimalan VI.....	84
4.4.7.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VI.....	85
4.4.8 Pengoptimalan VII	86
4.4.8.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VII.....	86



4.4.9 Pengoptimalan VIII.....	87
4.4.9.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VIII	87
4.4.9.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan VIII	88
4.4.10 Pengoptimalan IX	88
4.4.10.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan IX.....	89
4.4.10.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan IX	89
4.4.11 Pengoptimalan X.....	90
4.4.11.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan X	90
4.4.12 Pengoptimalan XI	91
4.4.12.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XI.....	91
4.4.13 Pengoptimalan XII	92
4.4.13.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XII	92
4.4.14 Pengoptimalan XIII.....	93
4.4.14.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIII	93
4.4.15 Pengoptimalan XIV.....	94
4.4.15.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIV	94
4.4.16 Pengoptimalan XV	95
4.4.16.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XV	95
4.4.17 Pengoptimalan XVI.....	96
4.4.17.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVI.....	96
4.4.17.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVI	97
4.4.18 Pengoptimalan XVII	97
4.4.18.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVII.....	98
4.4.18.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVII.....	98
4.4.19 Pengoptimalan XVIII.....	99
4.4.19.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVIII	99
4.4.19.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVIII.....	100
4.4.20 Pengoptimalan XIX.....	100
4.4.20.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIX	101
4.4.21 Pengoptimalan XX.....	101
4.4.20.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XX	102
4.4.20.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XX.....	102
4.5 Analisis dan Pembahasan.....	103
4.5.1 Analisis Peramalan.....	103



4.5.2 Analisis Pengoptimalan.....	104
BAB V PENUTUP	111
5.1 Kesimpulan.....	111
5.2 Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	117



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Kapasitas YOR dan BOR Terminal Teluk Lamong.....	4
Tabel 2.1	Ringkasan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan.....	7
Tabel 2.2	Ukuran Peti Kemas Berdasarkan International Standard Organization (ISO) ...	9
Tabel 2.3	Jenis Distribusi Normal dan Uniform.....	27
Tabel 2.4	Jenis Distribusi Triangular.....	28
Tabel 2.5	Teknik Peramalan <i>Time Series</i>	31
Tabel 2.6	<i>Module Create</i> dan <i>Dispose</i> pada <i>Basic Process Panel</i>	35
Tabel 2.7	<i>Module Process, Decide, Set, Entity, Queue, dan Resource</i> pada <i>Basic Process Panel</i>	35
Tabel 4.1	Data Arus Ekspor Impor di Dermaga Internasional TTL.....	56
Tabel 4.2	Data Arus Kedatangan Kapal	57
Tabel 4.3	Waktu Proses Bongkar/Impor.....	57
Tabel 4.4	Waktu Proses Muat/Ekspor	57
Tabel 4.5	Uji Keseragaman dan Kecukupan Data Proses STS Bongkar-CT ke Lapangan Tukar.....	58
Tabel 4.6	Uji Keseragaman dan Kecukupan Data Proses Pertukaran CTT-STs Muat....	59
Tabel 4.7	Model Konseptual Impor Bongkar	61
Tabel 4.8	Model Konseptual Impor Pengiriman	62
Tabel 4.9	Model Konseptual Ekspor Penerimaan	63
Tabel 4.10	Model Konseptual Ekspor Muat.....	64
Tabel 4.11	Perbandingan Hasil Uji Chi-Squared dan Nilai Parameternya untuk Proses STS Bongkar-CY ke Lapangan Tukar.....	65
Tabel 4.12	Perbandingan Hasil Uji Chi-Squared dan Nilai Parameternya untuk Proses Pertukaran CTT ke HT-STs Muat.....	66
Tabel 4.13	<i>Output</i> Bulan Maret 2016	66
Tabel 4.14	Perbandingan YOR Model ARENA dengan YOR Aktual Bulan Juli 2015-Maret 2016.....	69
Tabel 4.15	Rangkuman Pengoptimalan Tahun 2016-2023	71
Tabel 4.16	Perbandingan Peramalan untuk Arus Impor.....	73
Tabel 4.17	Perbandingan Peramalan untuk Arus Ekspor	74

Tabel 4.18 Perbandingan Peramalan untuk Kedatangan Kapal	75
Tabel 4.19 Hasil Simulasi YOR Kondisi Aktual Bulan Maret 2016	75
Tabel 4.20 Hasil Simulasi Utilitas Peralatan Bulan Maret 2016.....	76
Tabel 4.21 Skenario Perbaikan Bulan Maret 2016.....	77
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Skenario Perbaikan Bulan Maret 2016	78
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Model Aktual Bulan Juni 2017	78
Tabel 4.24 Skenario Perbaikan Bulan Juni 2017.....	79
Tabel 4.25 Hasil Simulasi Alternatif Perbaikan Bulan Juni 2017.....	79
Tabel 4.26 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan II Bulan April 2018	80
Tabel 4.27 Skenario Perbaikan Bulan April 2018.....	81
Tabel 4.28 Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2018	81
Tabel 4.29 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan III Bulan Oktober 2018	81
Tabel 4.30 Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2018	82
Tabel 4.31 Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2018	83
Tabel 4.32 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan IV Bulan Februari 2019.....	83
Tabel 4.33 Skenario Perbaikan Bulan Februari 2019.....	84
Tabel 4.34 Hasil Simulasi Alternatif Perbaikan Bulan Februari 2019	84
Tabel 4.35 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan V Bulan Oktober 2019.....	85
Tabel 4.36 Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2019	85
Tabel 4.37 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2019.....	85
Tabel 4.38 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VI Bulan Januari 2020.....	86
Tabel 4.39 Skenario Perbaikan Bulan Januari 2020.....	86
Tabel 4.40 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Januari 2020	87
Tabel 4.41 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VII Bulan April 2020.....	87
Tabel 4.42 Skenario Perbaikan Bulan April 2020.....	87
Tabel 4.43 Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2020	88
Tabel 4.44 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VIII Bulan Agustus 2020.....	88
Tabel 4.45 Skenario Perbaikan Bulan Agustus 2020	89
Tabel 4.46 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Agustus 2020.....	89
Tabel 4.47 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan IX Bulan April 2021	90
Tabel 4.48 Skenario Perbaikan Bulan April 2021	90
Tabel 4.49 Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2021	90
Tabel 4.50 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan X Bulan Juni 2021	91
Tabel 4.51 Skenario Perbaikan Bulan Juni 2021.....	91



Tabel 4.52 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Juni 2021	91
Tabel 4.53 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XI Bulan September 2021.....	92
Tabel 4.54 Skenario Perbaikan Bulan September 2021	92
Tabel 4.55 Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2021	92
Tabel 4.56 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XII Bulan Januari 2022.....	93
Tabel 4.57 Skenario Perbaikan Bulan Januari 2022.....	93
Tabel 4.58 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Januari 2022.....	93
Tabel 4.59 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIII Bulan Februari 2022	94
Tabel 4.60 Skenario Perbaikan Bulan Februari 2022.....	94
Tabel 4.61 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Februari 2022.....	94
Tabel 4.62 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIV Bulan April 2022	95
Tabel 4.63 Skenario Perbaikan Bulan April 2022	95
Tabel 4.64 Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2022.....	96
Tabel 4.65 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XV Bulan Juli 2022	96
Tabel 4.66 Skenario Perbaikan Bulan Juli 2022.....	97
Tabel 4.67 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Juli 2022	97
Tabel 4.68 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVI Bulan September 2022.....	98
Tabel 4.69 Skenario Perbaikan Bulan September 2022	98
Tabel 4.70 Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2022.....	98
Tabel 4.71 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVII Bulan Desember 2022	99
Tabel 4.72 Skenario Perbaikan Bulan Desember 2022	99
Tabel 4.73 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Desember 2022.....	100
Tabel 4.74 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVIII Bulan Mei 2023.....	100
Tabel 4.75 Skenario Perbaikan Bulan Mei 2023	101
Tabel 4.76 Hasil Skenario Perbaikan Bulan Mei 2023.....	101
Tabel 4.77 Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIX Bulan September 2023.....	102
Tabel 4.78 Skenario Perbaikan Bulan September 2023	102
Tabel 4.79 Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2023	103
Tabel 4.80 Rangkuman Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengoptimalan I-XX.....	104



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Arus Peti Kemas Tahun 2011-2015	2
Gambar 1.2	Arus Peti Kemas Bulan Mei-Oktober 2016 di Terminal Teluk Lamong.....	3
Gambar 2.1	Terminal Teluk Lamong	11
Gambar 2.2	<i>Ship to Shore</i>	12
Gambar 2.3	<i>Automated Stacking Crane</i>	13
Gambar 2.4	<i>Straddle Carrier</i>	14
Gambar 2.5	<i>Combine Tractor Terminal</i>	14
Gambar 2.6	<i>State pada Activity Cycle Diagram</i>	26
Gambar 2.7	Lembar Kerja EasyFit	33
Gambar 2.8	<i>Fit Distribution</i>	33
Gambar 2.9	<i>Dialog Box Input Data</i>	33
Gambar 2.10	<i>Result of Goodness of Fit</i>	34
Gambar 2.11	<i>Chi-Squared Table</i>	34
Gambar 2.12	<i>Result of Summary</i>	34
Gambar 2.13	<i>Check Model ARENA</i>	36
Gambar 2.14	<i>Setup Run ARENA</i>	36
Gambar 2.15	<i>Dialog Box Setup Run ARENA</i>	37
Gambar 2.16	<i>Dialog Box Value Label</i>	38
Gambar 2.17	Analyze-Descriptive Statistics-Explore.....	38
Gambar 2.18	<i>Dialog Box Explore</i>	39
Gambar 2.19	<i>Independent Samples T-test</i>	39
Gambar 2.20	<i>Dialog Box Independent Samples T-test</i>	40
Gambar 2.21	Man-Whitney Test	40
Gambar 2.22	<i>Time Series Plot</i>	41
Gambar 2.23	<i>Dialog Box Time Series Plot</i>	41
Gambar 2.24	<i>Autocorrelation</i>	42
Gambar 2.25	<i>Dialog Box Trend Analysis</i>	42
Gambar 2.26	<i>Dialog Box Double Exponential Smoothing</i>	43
Gambar 2.27	MAPE, MAD, MSD Minitab.....	43



Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Tahap Pendahuluan, Penyajian, dan Pengolahan Data serta Pembuatan Model.....	50
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian Tahap Pengolahan Data dan Pembuatan Model serta Analisis dan Kesimpulan	51
Gambar 4.1	Struktur Organisasi di Terminal Teluk Lamong.....	55
Gambar 4.2	Hasil Chi-Squared Goodness of Fit STS Bongkar	65
Gambar 4.3	Nilai Parameter STS Bongkar dengan Distribusi Triangular	65
Gambar 4.4	Inpur Parameter Model ARENA	68
Gambar 4.5	Check-Model Model ARENA	68
Gambar 4.6	Pemeriksaan Animasi Model ARENA	69
Gambar 4.7	Hasil Uji Normalitas	70
Gambar 4.8	Hasil Uji t-test.....	70
Gambar 4.9	Hasil Time Series Plot Arus Impor.....	72
Gambar 4.10	Hasil Autocorrelation Function Arus Impor.....	72
Gambar 4.11	Hasil Time Series Plot Arus Ekspor	73
Gambar 4.12	Hasil Autocorrelation Function Arus Ekspor	74
Gambar 4.13	Hasil Time Series Plot Kedatangan Kapal	74
Gambar 4.14	Hasil Autocorrelation Function Kedatangan Kapal.....	75



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Waktu Proses Bongkar Muat Peti Kemas.....	117
Lampiran 2	Uji Keseragaman dan Kecukupan Data.....	119
Lampiran 3	Model Konseptual.....	122
Lampiran 4	Hasil Chi-Squared Goodness of Fit dan Nilai Parameter.....	123
Lampiran 5	Model ARENA.....	127
Lampiran 6	Hasil Peramalan dengan Minitab.....	128
Lampiran 7	Hasil Simulasi dengan ARENA.....	130



RINGKASAN

Febrianto Danu Tirto, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2017, *Optimasi Kapasitas Dermaga Internasional dengan Simulasi pada PT Terminal Teluk Lamong*, Dosen Pembimbing: Rahmi Yuniarti dan Agustina Eunike

Transportasi laut sebagai tulang punggung perdagangan dunia memerlukan fasilitas untuk bongkar-muat barang yang disebut pelabuhan. Salah satu dari 50 pelabuhan besar di dunia adalah Pelabuhan Tanjung Perak. Arus peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak yang terus meningkat dan dengan presentase *share* sebesar 70% dari volume Pelindo III menyebabkan munculnya ancaman *overcapacity*, sehingga perlu menambah kapasitas penumpukkan peti kemas untuk mengatasi *overcapacity* tersebut. Pembangunan Terminal Teluk Lamong adalah solusi atas *overcapacity* yang terjadi di Pelabuhan Tanjung Perak. Namun, arus peti kemas pada Dermaga Internasional yang juga terus meningkat mengakibatkan terjadinya ancaman *overcapacity* di Terminal Teluk Lamong. Oleh karena itu, dibutuhkan pengoptimalan kapasitas Dermaga Internasional di Terminal Teluk Lamong untuk mencegah *overcapacity* hingga tahun 2023.

Penelitian ini melakukan simulasi dengan teknik *Discrete Event Simulation* dengan bantuan *software* ARENA untuk melakukan pemodelan dan simulasi proses bongkar muat peti kemas di Dermaga Internasional. Pengumpulan dan pengambilan data menggunakan data sekunder yang berupa data *Yard Occupancy Ratio* (YOR), *Berth Occupancy Ratio* (BOR), Jumlah Kedatangan Kapal, *dwelling time*, dan arus peti kemas. Sedangkan data primer berupa alur proses dan waktu proses bongkar dan muat diambil menggunakan *stopwatch time study* melalui CCTV. Simulasi dijalankan setiap bulan dari Maret 2016 hingga akhir tahap pembangunan ketiga, yaitu Desember 2023. Jika model menunjukkan nilai YOR, BOR, dan atau Utilitas Peralatan yang melebihi standar (*overcapacity*) di setiap bulannya, maka akan dilakukan pengoptimalan yang berupa penambahan luas *Container Yard* (CY), panjang dermaga, dan atau jumlah alat yang beroperasi. Pengoptimalan tersebut memperbaharui model yang digunakan untuk bulan berikutnya.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model proses bongkar muat di Dermaga Internasional yang digunakan Terminal Teluk Lamong untuk Bulan Maret 2016 di bawah standar, sehingga perlu mengurangi jumlah alat *Combine Tractor Terminal* (CTT) Lapangan Tukar yang beroperasi menjadi 3 (tiga) buah, CTT Dermaga menjadi 2 (dua) buah, dan alat-alat lain menjadi 1 (satu) buah. Penelitian ini juga menghasilkan 19 (sembilan belas) kali pengoptimalan selanjutnya yang dapat dilakukan hingga Desember 2023. Hasil dari 19 (sembilan belas) kali pengoptimalan tersebut adalah menambah luas CY menjadi 19.188 TEU; menambah panjang dermaga internasional menjadi 1.580 meter; dan menambah jumlah alat *Straddle Carrier* (SC) Lapangan Tukar sebanyak 2 (dua) buah, *Ship to Shore* (STS) sebanyak 1 (satu) pasang, SC Depan sebanyak 2 (dua) buah, Gate In sebanyak 1 (satu) buah, dan CTT Lapangan Tukar sebanyak 7 (tujuh) buah. Dengan menerapkan pengoptimalan tersebut, maka pada bulan Desember 2023, nilai YOR sebesar 67,1%, nilai BOR sebesar 65,4%, dan Utilitas Peralatan tertinggi sebesar 88,5% untuk CTT Lapangan Tukar.

Kata Kunci: *Overcapacity*, Pengoptimalan, Simulasi, Dermaga Internasional, *Yard Occupancy Ratio*, *Berth Occupancy Ratio*, Utilitas Peralatan.

SUMMARY

Febrianto Danu Tirto, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, August 2017, *Optimization of International Wharf Capacity with Simulation at PT Terminal Teluk Lamong*, Undergraduate Thesis Supervisor: Rahmi Yuniarti and Agustina Eunike

Maritime transport as backbone of world trade requires facility for loading and unloading called a port. One of the top 50 ports of Containerization International is Tanjung Perak Port. Increasing Flow of containers in Tanjung Perak and 70% of shares from Pelindo III led to overcapacity, therefore enlarging capacity of containers is needed to resolve thread of overcapacity. Development of Terminal Teluk Lamong is a solution for the overcapacity in Tanjung Perak Port. Nevertheless, the increasing flow of containers in International Wharf give a rise of capacity which lead to its limit in Terminal Teluk Lamong. Therefore, optimization of International Wharf capacity is needed to prevent overcapacity in 2023.

This study conducted Discrete Event Simulation technique using ARENA software to model and simulate the process of loading and unloading containers in International Wharf. The simulation run based on primary and secondary data. The primary data used in this research were flow process and processing time of loading and unloading process that retrieved using stopwatch time study through CCTV. The secondary data consisted of Yard Occupancy Ratio (YOR), Berth Occupancy Ratio (BOR), numbers of vessel arrival, dwelling time, and flow of containers. The simulation was run from March 2016 to December 2023, which represent the period of 3rd stage of port development planning. The scenarios of Container Yard (CY) expansion, lengthening the wharf, and or increasing the number of operating equipment were designed as alternatives of solutions when the model indicated number of YOR, BOR, and or Equipment Utilization exceed the standard (overcapacity). The result of scenarios used to improve the model in the following month in the simulation process.

The result of this study showed that the model of loading and unloading process in International Wharf which used by Terminal Teluk Lamong in March 2016 was underutilized, therefore decreasing number of operating Equipment was suggested. The number of equipment proposed were the *Combine Tractor Terminal* (CTT) Lapangan Tukar 3 units, CTT Dermaga 2 units, and other equipment 1 unit. This study also composed 19 alternatives of optimizations that will be able to be executed until December 2023. Scenarios of optimizations included the expand of Container Yard to 19.188 TEU; lengthen the International Wharf to 1.580 meter; increasing the number of *Straddle Carrier* (SC) Lapangan Tukar by 2 units, *Ship to Shore* (STS) by 1 pair, SC Depan by 2 units, Gate In by 1 unit, and CTT Lapangan Tukar by 7 units. By implementing that scenarios of optimizations, in 2023, number of YOR was 67,1%, number of BOR was 65,4%, and highest number of Equipment Utilization was 88,5% for CTT Lapangan Tukar.

Keywords: Overcapacity, Optimization, Simulation, International Wharf, Yard Occupancy Ratio, Berth Occupancy Ratio, Equipment Utilization.

BAB I PENDAHULUAN

Bab I ini membahas hal-hal yang menjadi latar belakang masalah dilakukannya penelitian ini dengan menyertakan ruang lingkup penelitian berupa identifikasi masalah, rumusan masalah, asumsi, batasan penelitian, dan menjelaskan tujuan serta manfaat dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Transportasi laut merupakan tulang punggung perdagangan dunia, karena 80% perdagangan dunia ditransfer melalui kapal laut (Supriyono, 2009). Transportasi laut membutuhkan fasilitas untuk bongkar-muat barang yang disebut pelabuhan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009 (Departemen Perhubungan, 2009), pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang dapat juga digunakan sebagai tempat bongkar-muat barang, yang dilengkapi dengan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi.

Pelabuhan merupakan elemen penting dalam pemenuhan kebutuhan logistik negara Indonesia yang berfungsi sebagai gerbang masuk perdagangan internasional antara Indonesia dengan negara lain, karena diperkirakan 90% perdagangan internasional diangkut oleh kapal laut dimana 40% dari rute perdagangan internasional tersebut melewati Indonesia (Bappenas, 2015). Salah satu pelabuhan utama yang ada di Indonesia adalah Pelabuhan Tanjung Perak yang terletak di Jawa Timur. Pelabuhan Tanjung Perak ini adalah pelabuhan terbesar kedua yang memiliki peranan yang sangat signifikan dalam memperlancar sistem logistik nasional di Kawasan Timur Indonesia (Pelindo III, 2015).

Menurut *International Association of Ports and Harbors (IAPH)*, Pelabuhan Tanjung Perak termasuk dalam *Top 50 ports of Containerization International* yang memiliki *growth rate* sebesar 103% dari tahun 2011 hingga 2015 dan memiliki pangsa pasar sebesar 0,5% dari arus peti kemas dunia. Peningkatan kebutuhan bongkar-muat peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak dipenuhi oleh beberapa terminal, yaitu Terminal Jamrud, Terminal Mirah, Terminal Kalimas, Terminal Berlian, Terminal Nilam, dan Terminal Petikemas Surabaya hingga tahun 2014 dengan kapasitas yang tersedia adalah 3.106.348 TEU.

Arus Peti Kemas dalam 1.000 TEU



Gambar 1.1 Arus peti kemas tahun 2011-2015 di Pelindo III dan Tanjung Perak

Sumber: Pelindo III (2015) dan *International Association of Ports and Harbors* (2015)

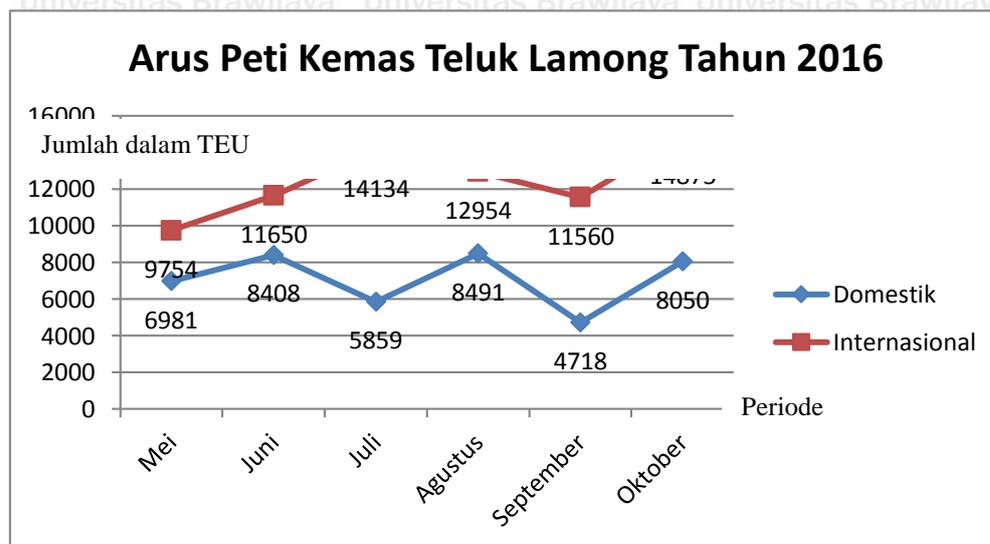
Pada Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa arus peti kemas di kawasan Pelindo III terus meningkat dari periode 2011 hingga 2015. Peningkatan peti kemas yang terkonsentrasi di Pelabuhan Tanjung Perak memiliki presentase lebih dari 70% *share* dari volume pelabuhan-pelabuhan di bawah Pelindo III. Terus meningkatnya arus peti kemas diprediksikan akan menyebabkan *Overcapacity* pada Pelabuhan Tanjung Perak di tahun 2017 (Adhiyakso dan Hadi, 2012).

Overcapacity tersebut memberikan ancaman terjadinya kongesti dan stagnasi. Kongesti adalah kemacetan yang disebabkan oleh banyaknya peti kemas yang melebihi kapasitas, sedangkan stagnasi adalah keadaan terhenti yang menyebabkan kedatangan kapal terhambat. PT Pelindo III tahun 2010 menegaskan perlunya menambah kapasitas penumpukkan peti kemas untuk menghadapi ancaman *overcapacity* tersebut, namun area yang digunakan untuk menambah kapasitas peti kemas di terminal-terminal yang sudah ada di Pelabuhan Tanjung Perak saat ini terbatas sehingga dibutuhkan terminal baru.

Presiden Jokowi meresmikan terminal baru pada tahun 2015, yaitu Terminal Teluk Lamong. Terminal ini bertujuan untuk menambah kapasitas peti kemas sehingga dapat mengatasi ancaman kongesti dan stagnasi di Pelabuhan Tanjung Perak. Terminal Teluk Lamong adalah terminal *multi-purpose* yang memiliki sistem operasi otomatis dan ramah lingkungan yang pertama di Indonesia.

Rencana pembangunan Terminal Teluk Lamong dibagi menjadi empat tahap. Tahap Pertama dimulai tahun 2012 hingga 2014, tahap kedua dimulai pada tahun 2014 hingga 2016, tahap ketiga pada tahun 2016 hingga 2023, dan tahap keempat pada tahun 2023 hingga 2030. Saat ini Terminal Teluk Lamong berada pada tahap II dengan kapasitas kurang lebih 4,797 TEU untuk proses bongkar muat internasional setiap bulannya (Terminal Teluk Lamong, 2016).

Terminal Teluk Lamong memiliki peralatan untuk mendukung proses bongkar-muat peti kemas, yaitu STS (*Ship to Shore Crane*), ASC (*Automated Stacking Crane*), SC (*Straddle Carrier*), dan CTT (*Combine Tractor Terminal*). Terminal Teluk Lamong memiliki dua dermaga, yaitu dermaga internasional dan dermaga domestik. Arus peti kemas pada dermaga internasional lebih tinggi dan cenderung meningkat dibandingkan dengan arus peti kemas pada dermaga domestik yang fluktuatif. Gambar 1.2 di bawah ini menerangkan arus peti kemas di dermaga domestik dan internasional Terminal Teluk Lamong:



Gambar 1.2 Arus peti kemas bulan Mei-Oktober 2016 di Terminal Teluk Lamong
Sumber: www.teluklamong.co.id (diakses pada tanggal 1 November 2016)

Pranata (2014) melakukan analisa terhadap kinerja Terminal *Multipurpose* Teluk Lamong sebelum beroperasi dengan model simulasi *Discrete Event*. Pranata melakukan analisa dengan mengevaluasi nilai *Berth Occupancy Ratio* (BOR) dan *Yard Occupancy Ratio* (YOR). Menurut Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan (Ditjen Perhubungan Laut, 2011), Tingkat Penggunaan Dermaga atau BOR merupakan perbandingan antara jumlah kapal yang dilayani tiap dermaga dan waktu pelayanan kapal dengan jumlah waktu yang tersedia selama satu periode (bulan atau tahun) dan banyaknya tambatan yang tersedia yang dinyatakan dalam presentase. Sedangkan Tingkat Penggunaan Lapangan atau YOR merupakan perbandingan antara jumlah penggunaan ruang penumpukan dengan total ruang penumpukan yang tersedia. Model dari Pranata menunjukkan bahwa untuk kondisi moderat nilai BOR di Teluk Lamong mencapai 71% pada tahun 2026 dan untuk kondisi optimis 25% nilai BOR mencapai 73% pada tahun 2021.

Tabel 1.1
Kapasitas YOR dan BOR Terminal Teluk Lamong

Tahun	Bulan	Kapasitas	
		YOR	BOR
2015	Desember	42,93%	21,07%
	Januari	47,38%	21,79%
2016	Februari	48,2%	22,24%
	Maret	51,02%	19%

Sumber: Terminal Teluk Lamong (2016)

Hingga bulan Maret tahun 2016, Kapasitas YOR dan BOR Terminal Teluk Lamong masing-masing masih berada pada nilai 51,02% dan 19%. Nilai YOR dan BOR kurang dari 50% berarti terminal masih belum berkembang; nilai YOR dan BOR 50-59% berarti terminal sedang berkembang; nilai YOR dan BOR berada pada 60-69% berarti terminal sedang berkembang dan ada ancaman kongesti; sedangkan untuk YOR dan BOR 70% ke atas berarti dibutuhkan perbaikan kinerja, penambahan jumlah alat, atau perluasan kapasitas (BUMN, 2008). Nilai ini berbeda dengan yang diprediksikan Pranata dengan kondisi optimis 50%, hal ini dikarenakan data arus barang, arus kapal, waktu kedatangan, dan waktu proses yang dipakai dalam penelitian Pranata masih sebatas asumsi karena penelitian dilakukan sebelum Terminal Teluk Lamong beroperasi. Proses bongkar muat yang diidentifikasi oleh Pranata masih menggunakan asumsi dari proses bongkar-muat Terminal Petikemas Surabaya sehingga model konseptual yang dibuat belum merepresentasikan kondisi nyata PT Terminal Teluk Lamong setelah beroperasi.

Terminal Teluk Lamong menggunakan *software front-end* bernama *TOP-X Advance* dan *back-end* bernama *CTOS Billing System*. *TOP-X Advance* berfungsi untuk perencanaan dan pelaksanaan gerakan perpindahan peti kemas di dalam terminal. *CTOS Billing System* berfungsi untuk pemesanan peti kemas, penentuan perkiraan biaya, dan penerbitan *invoice*. Sedangkan untuk proyeksi YOR dan BOR menggunakan *software Microsoft Excel* dengan meramalkan arus peti kemas. Proyeksi tersebut hanya berdasar peramalan peti kemas yang masuk, belum dapat mensimulasikan proses bongkar-muat dan kapasitas *container yard* yang terpakai.

Penelitian ini mengidentifikasi dan mengoptimalkan kapasitas dermaga internasional Terminal Teluk Lamong hingga tahun 2023 (Tahap Pembangunan ketiga) dengan model yang akan dibuat berdasarkan proses bongkar-muat sesuai kondisi sebenarnya setelah Terminal Teluk Lamong beroperasi menggunakan pendekatan sistem dengan model simulasi *Discrete Event*. Simulasi merujuk pada kumpulan metode dan aplikasi yang luas untuk meniru tingkah laku dari sistem nyata (Kelton, Sadowski & Sadowski, 2001).

Simulasi bertujuan untuk mendeskripsikan sistem secara nyata dan terperinci. *Discrete Event Simulation* merupakan pendekatan untuk mensimulasikan proses dan sistem dimana kondisi dalam sistem berubah dalam suatu waktu (Banks, Carson, Nelson & Nicol, 2005).

Discrete Event Simulation dapat digunakan untuk memodelkan sistem bongkar-muat Terminal Teluk Lamong sehingga dapat melihat arus peti kemas. Simulasi ini kemudian dibuat skenario-skenario perbaikan yang bertujuan untuk mengoptimalkan sistem yang ada di Terminal Teluk Lamong. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu tim perencanaan dan strategis Terminal Teluk Lamong dalam memenuhi kebutuhan alat, kapasitas lapangan penumpukan peti kemas, dan atau panjang dermaga sehingga dapat mengoptimalkan fungsi perencanaan dan strategis dengan baik.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Arus peti kemas di Terminal Teluk Lamong yang terus meningkat sehingga menimbulkan kenaikan nilai YOR dan BOR di Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamong
2. Nilai YOR dan BOR yang melebihi standar menyebabkan *overcapacity* yang berdampak pada kongesti dan stagnasi di Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamong.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah model bongkar-muat yang memiliki nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar di Terminal Teluk Lamong untuk kondisi aktual?
2. Bagaimana skenario perbaikan yang memiliki nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar untuk mencegah *overcapacity* di Terminal Teluk Lamong hingga tahun 2023?

1.4 Batasan Penelitian

Untuk lebih memfokuskan penelitian, maka digunakan batasan sebagai berikut:

1. Sistem yang diamati adalah sistem bongkar muat di Terminal Teluk Lamong.
2. Data yang digunakan untuk membuat peramalan arus peti kemas adalah pada bulan Mei 2015 sampai Maret 2016.

3. Proses yang diamati hanya untuk peti kemas internasional.
4. Proses yang diamati tidak melibatkan pemeriksaan bea cukai, *Container Freight Station* (CFS), dan peti kemas dengan perlakuan khusus
5. Skenario yang diberikan tidak memperhitungkan biaya

1.5 Asumsi

Berikut ini adalah asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Jam kerja dan proses bongkar muat dalam kondisi normal.
2. Beban kerja dan waktu proses sama untuk setiap *shift* kerja.
3. Pемindahan peti kemas dilakukan satu persatu.
4. Terminal Jamrud, Terminal Mirah, Terminal Kalimas, Terminal Berlian, Terminal Nilam, dan Terminal Petikemas Surabaya mempunyai kapasitas tetap.
5. Tidak ada kebijakan pemerintah yang merubah pelayanan Terminal Teluk Lamong.
6. Terminal Teluk Lamong memiliki daya beli tinggi

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penulis melakukan penelitian dengan tujuan sebagai berikut:

1. Memodelkan sistem nyata dan mensimulasikan sistem bongkar-muat di Terminal Teluk Lamong untuk kondisi aktual.
2. Mengetahui dan menetapkan skenario dengan nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar untuk mencegah *overcapacity* di Terminal Teluk Lamong hingga tahun 2023.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk Terminal Teluk Lamong. Manfaat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan kinerja bongkar muat Terminal Teluk Lamong dengan memberikan model skenario terbaik dengan nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang optimal untuk mencegah *overcapacity* di Terminal Teluk Lamong hingga tahun 2023.
2. Memberikan template *software* simulasi yang dapat memproyeksikan YOR, BOR, dan Utilitas peralatan yang dapat digunakan oleh Terminal Teluk Lamong dalam jangka panjang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini memerlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah dan teori yang mendukung konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian sehingga dapat digunakan dalam analisis. Bab ini akan menjelaskan beberapa dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memaparkan beberapa konsep relevan yang berhubungan dengan penelitian ini. Rangkuman penelitian terdahulu dan perbandingan penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian saat ini disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Ringkasan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Keterangan	Rohmandani (2009)	Siswadi dan Mujiarto (2013)	Pranata (2014)	Penelitian Saat Ini
Topik Penelitian	Perancangan model simulasi untuk mengoptimalkan waktu pelayanan pada pelabuhan	Optimasi Sistem Pelayanan Bongkar Muat Peti Kemas di Pelabuhan	Analisis Kinerja Terminal Multipurpose Teluk Lamong	Pengoptimalan Kapasitas <i>Container Yard</i>
Objek Penelitian	Waktu Pelayanan Pelabuhan	Utilitas alat bongkar muat	Kinerja Terminal Teluk Lamong	Kapasitas <i>Container Yard</i>
Metode	Discrete Event Simulation (untuk simulasi antrian)	Discrete Event Simulation (untuk simulasi antrian)	<i>Discrete Event Simulation</i>	<i>Discrete Event Simulation</i>
Tools	ProModel dan Ms. Excel	Ms. Excel	Arena	Arena

1. Rohmandani (2009) melakukan penelitian tentang pengoptimalan waktu pelayanan dengan perancangan model simulasi pada Pelabuhan Merak. Penelitian ini menggunakan metode simulasi untuk memperoleh gambaran kondisi Pelabuhan Merak dengan berbagai skenario. Simulasi yang dilakukan berkaitan dengan jumlah kapal, jumlah dermaga, tingkat kedatangan penumpang, kondisi ombak, dan interval kedatangan kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari solusi untuk mengurangi waktu tunggu dan antrian kendaraan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada hari biasa dan akhir pekan, waktu tunggu kendaraan 10-30 menit. Saat waktu

liburan dan lebaran, waktu tunggu kendaraan meningkat hingga lebih dari sepuluh jam dan terjadi antrian panjang. Solusi yang diberikan adalah mengoperasikan lima dermaga dan tiga kapal hingga waktu tunggu berkurang menjadi 1-3 jam.

2. Siswadi dan Mujiarto (2013) melakukan penelitian tentang optimasi sistem pelayanan bongkar muat peti kemas dengan model simulasi antrian pada Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Metode penelitian terbagi menjadi berbagai tahapan, pertama yaitu meramalkan PDRB tahun 2012 sampai tahun 2018, kemudian peramalan bongkar-muat barang pada tahun 2012 sampai tahun 2018, dan pengujian distribusi laju kedatangan barang serta uji distribusi peralatan bongkar muat (CC, RTG, HT). Peramalan PDRB dilakukan dengan metode *time series* dan regresi linear. Dimana *time series* sebagai skenario optimis, regresi linera sebagai skenario pesimis, dan nilai tengah antara *time series* dan regresi linear adalah skenario moderat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perlunya penambahan alat di masa mendatang. Hasilnya, untuk ketiga skenario yang ada (optimis, moderat, pesimis) untuk masing-masing alat bongkar muat adalah tiga alat CC, tiga alat RTG, dan tiga alat HT masih di bawah 20% sehingga belum perlu menambah CC, RTG, dan HT hingga tahun 2018.
3. Pranata (2014) melakukan penelitian tentang kinerja Terminal *multipurpose* Teluk Lamong. Penelitian ini menggunakan data dan model konseptual sebatas asumsi karena data yang dipakai adalah sebelum Teluk Lamong beroperasi. Metode yang digunakan adalah metode simulasi model skenario yang menggunakan *software* ARENA 5.0. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan penilaian kinerja pelayanan operasional Terminal Teluk Lamong sehingga dapat diketahui kapasitas pelabuhan di masa mendatang dan pengembangan fasilitasnya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Teluk Lamong mengalami *overcapacity* pada tahun 2026 untuk kondisi moderat, dengan kondisi optimis 25% mengalami *overcapacity* pada tahun 2021, dan dengan kondisi optimis 50% mengalami *overcapacity* pada tahun 2016. Sehingga perlu menambah alat berupa satu CC dimulai dari tahun 2026 untuk kondisi moderat. Untuk kondisi optimis 25% perlu menambah satu CC mulai tahun 2021, dan menambah panjang dermaga sepanjang 200 m pada tahun 2031. Sedangkan untuk kondisi optimis 50% perlu menambah satu CC mulai tahun 2016, dan satu dermaga sepanjang 200 m pada mulai tahun 2028, serta perluasan *container yard* pada tahun 2031.
4. Penelitian ini (2016) melakukan penelitian tentang pengoptimalan kapasitas *Container Yard* dermaga internasional di Terminal Teluk Lamong. Data dan model konseptual

yang digunakan adalah hasil observasi bulan Mei 2015 hingga Maret 2016 setelah Terminal Teluk Lamong beroperasi. Metode yang digunakan adalah *Discrete Event Simulation* dengan skenario perbaikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan kapasitas dermaga internasional Terminal Teluk Lamong dengan cara mengidentifikasi jumlah kebutuhan alat bongkar muat, luas *Container Yard*, dan panjang dermaga hingga tahun 2023.

2.2 Terminal Peti Kemas

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009 (Departemen Perhubungan, 2009), terminal peti kemas adalah fasilitas pelabuhan yang terdiri atas kolam sandar dan tempat kapal bersandar atau tambat, tempat penumpukkan, dan tempat bongkar-muat barang. Barang yang dimaksud dapat berupa curah cair, curah kering, dan peti kemas. Terminal peti kemas memiliki beberapa alat berat untuk membantu proses bongkar muat barang serta prosedur pelayanan peti kemas untuk ekspor dan impor.

2.2.1 Peti Kemas

Peti kemas terdiri dari kata peti yang berarti suatu kotak berbentuk geometrik yang dibuat dari bahan alam, sedangkan kata kemas berarti hal-hal yang berkaitan dengan pengepakan. Peti kemas atau *container* adalah suatu kotak besar berbentuk empat persegi panjang, terbuat dari bahan campuran baja dan tembaga atau bahan lainnya (kayu, fiber, aluminium) yang tahan terhadap cuaca. Peti kemas digunakan sebagai tempat pengangkutan dan penyimpanan sejumlah barang yang dapat melindungi serta mengurangi terjadinya kehilangan dan kerusakan barang serta dapat dipisahkan dari sarana pengangkutnya dengan mudah tanpa harus mengeluarkan isinya (Kramadibrata, S: 2002).

Peti kemas memiliki ukuran standar yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2

Ukuran Peti Kemas Berdasarkan *International Standard Organization* (ISO)

		Peti kemas 20 kaki	Peti kemas 40 kaki	Peti kemas 45 kaki
Dimensi Luar	Panjang	6,058 m	12,192 m	13,716 m
	Lebar	2,438 m	2,438 m	2,438 m
	Tinggi	2,591 m	2,591 m	2,896 m
Dimensi Dalam	Panjang	5,758 m	12,032 m	13,556 m
	Lebar	2,352 m	2,352 m	2,352 m
	Tinggi	2,385 m	2,385 m	2,698 m
Bukaan Pintu	Lebar	2,343 m	2,343 m	2,343 m
	Tinggi	2,280 m	2,280 m	2,585 m

Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Peti_kemas (diakses 09 September 2016)

2.2.2 Fasilitas Terminal Peti Kemas

Pelabuhan terkemuka di Indonesia telah dilengkapi terminal yang khusus menangani angkutan peti kemas. Beberapa fasilitas di terminal peti kemas adalah dermaga, apron, *container yard*, *container freight station*, menara pengawas, bengkel pemeliharaan, dan fasilitas lain seperti jalan masuk, gedung perkantoran, tempat parkir, dan sebagainya (Triatmodjo, 2010). Berikut ini adalah penjelasan beberapa fasilitas yang berhubungan dengan Terminal Teluk Lamong pada penelitian ini:

1. Dermaga Pelabuhan

Pada umumnya dermaga peti kemas berbentuk *wharf*, hal ini mengingat dermaga menerima beban cukup besar, baik beban peti kemas maupun beban peralatan bongkar muat dan memerlukan halaman yang luas untuk menampung peti kemas dalam jumlah banyak. Namun demikian, ada juga dermaga terminal peti kemas yang berupa *Jetty*, yaitu Terminal Petikemas Surabaya dan Terminal Teluk Lamong. Dermaga berupa *Jetty* yang menjorok ke laut untuk memperoleh kedalaman yang cukup bagi kapal peti kemas. Dengan menggunakan *gantry crane* (*container crane* atau *ship to shore*) peti kemas dibongkar dari kapal dan dibawa oleh *headtruck* atau *Combine Truck Tractor* menuju lapangan penumpukkan peti kemas yang berada di darat. Pembuatan *Jetty* dimaksudkan untuk menghindari pengerukan pelabuhan dengan volume yang sangat besar (Triatmodjo, 2010).

2. *Container Yard* (Lapangan Penumpukkan Peti Kemas)

Container Yard adalah lapangan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menumpuk peti kemas; di mana peti kemas yang berisi muatan diserahkan ke penerima barang dan peti kemas kosong diambil oleh pengirim barang. Pada terminal peti kemas modern, *container yard* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu *container yard* untuk peti kemas ekspor, *container yard* untuk peti kemas impor, *container yard* untuk peti kemas dengan pendingin (*refrigerated container*), dan *container yard* untuk peti kemas kosong. Lapangan ini berada di daratan dan permukaannya harus diberi perkerasan untuk bisa mendukung peralatan pengangkat/pengangkut dan beban peti kemas. *Container yard* harus memiliki gang-gang baik memanjang maupun melintang untuk beroperasinya peralatan penanganan peti kemas (Triatmodjo, 2010).



Gambar 2.1 Terminal Teluk Lamong
Sumber: Google Earth Pro (2016)

2.2.3 Perlengkapan Proses Bongkar Muat Peti Kemas

Pemindahan peti kemas dari kapal ke lapangan penumpukkan peti kemas atau *container yard* dan sebaliknya dari lapangan penumpukkan ke kapal dilakukan dengan berbagai peralatan. Terminal Teluk Lamong menggunakan sistem *rubber tyred gantry crane*, dimana pada sistem tersebut *Container crane* menurunkan peti kemas dari kapal dan dimuat di atas *headtruck* yang kemudain membawanya ke salah satu blok pada lapangan penumpukkan peti kemas. Selanjutnya *rubber tyre gantry* menyusun peti kemas. Pada sistem ini tidak diperlukan gang yang lebar, sehingga pemakaian lapangan dapat lebih efektif. Sistem ini digunakan pada terminal yang melayani lebih dari 200.000 TEUs per tahun (Triatmodjo, 2010). Proses pemindahan peti kemas tersebut memerlukan alat bantu bongkar muat, yang secara berturut-turut adalah sebagai berikut:

1. *Container Crane (CC)* atau *Ship to Shore Crane (STS)*

Container Crane dibangun pertama kali tahun 1959 oleh Paceco dengan konstruksi aslinya "A" frame yang dinamakan "*Portainer*". *Container Crane* berdiri dan berjalan di atas rel di pinggir dermaga dengan sumber tenaga listrik atau mesin diesel. CC melayani operasi kapal, menghubungkan kapal dengan dermaga.

Prinsip kerjanya adalah peti kemas dari palka kapal diangkat ke atas, kemudian dengan gerakan horizontal dibawa dengan *trolley* ke arah dermaga dan berhenti diantara kedua kaki crane untuk menurunkan peti kemas sampai berada tepat di atas bak *chassis* yang sudah siap menerimanya. Gerakan berikutnya adalah mengembalikan *spreader* kosong dari posisi di dermaga dibawa oleh *trolley* ke palka kapal, dan

mendaratkan *spreader* di atas peti kemas yang dibongkar berikutnya. Sedangkan untuk memuat peti kemas, gerakan-gerakan berjalan sebaliknya, yaitu mengangkat peti kemas dari atas bak *chasis*, *trolley* membawa ke arah palka kapal, peti kemas diturunkan dan dilepaskan di lokasi sesuai dengan rencana. Gerakan horizontal *trolley* berjalan melintang selebar badan kapal untuk menjangkau semua baris muatan. *Trolley* juga dapat bergerak menurunkan *spreader* secara vertikal untuk menjangkau peti kemas pada posisi *tier* terbawah. Sedangkan untuk menjangkau peti kemas dalam posisi memanjang kapal, CC melakukan gerakan *gantry* di atas rel (Lasse, 2007).

Teknologi CC berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi perkapalan. Konstruksi CC tidak hanya sekedar menyamai perubahan dalam teknologi perkapalan, akan tetapi spesifikasi maupun performansi *crane* berubah menjadi semakin besar, cepat, kuat, dan handal. CC generasi baru dengan nama *Ship to Shore* (STS) memiliki kecepatan *hook cycle* 25 peti kemas tiap jam untuk Terminal Teluk Lamong yang dikatakan sebagai terminal paling modern di Indonesia. STS sudah lebih modern dan ramah lingkungan dengan bahan bakar listrik (Terminal Teluk Lamong, 2016)



Gambar 2.2 Ship to Shore

Sumber: www.teluklamong.co.id/page/facilities-3 (diakses pada 20 Agustus 2016)

2. Rubber Tyred Gantry (RTG) atau Automated Stacking Crane (ASC)

Crane lapangan terberat yang melayani kegiatan transfer peti kemas baik untuk *transfer operation* maupun untuk *receipt/delivery operation* adalah alat yang dibuat pertama kali oleh Paceco dan dinamakan “*Transtainer*”. Kini alat *transtainer* dikenal dalam dua tipe, yaitu tipe yang berjalan di atas roda dengan sebutan *Rubber Tyred Gantry* dan tipe yang berjalan di atas rel dengan roda-roda baja dengan sebutan *rail-*

mounted yard gantry. Jenis RTG lebih banyak digunakan karena alasan operasional lebih luwes dalam olah gerak (*maneuver*), dan mudah bergerak menjelajahi seluruh terminal. RTG memiliki masing-masing kaki yang berdiri di atas 1, 2, atau 4 roda. Makin banyak jumlah roda RTG semakin ringan beban yang dipikul oleh landasan, bahkan RTG dengan 16 roda tidak membutuhkan *track* khusus. Untuk keseimbangan operasi terminal, perbandingan CC dan RTG adalah 2:3 unit (Lasse, 2007).

Automated Stacking Crane memiliki cara kerja yang sama dengan RTG, hanya saja pengoperasiannya dilakukan jarak jauh oleh operator di *control room*, sedangkan RTG harus dikemudikan oleh operator di dalam RTG. ASC memiliki kecepatan dua kali lebih cepat dari RTG dan sudah menggunakan bahan bakar listrik. *Automated Stacking Crane* membuat efisiensi di *Container Yard* lebih tinggi karena memiliki produktivitas yang lebih baik dari RTG, disamping itu, ASC juga meminimalkan kecelakaan kerja karena tidak ada manusia yang lalu lalang saat pemindahan *container* (Terminal Teluk Lamong, 2016)



Gambar 2.3 *Automated Stacking Crane*

Sumber: www.teluklamong.co.id/page/facilities-3 (diakses pada 20 Agustus 2016)

3. *Straddle Carrier* (SC)

Alat *straddle carrier* berfungsi sebagai *yard crane* untuk melakukan kegiatan *lift in* dan *lift off*. Disebut juga sebagai *travel lift* karena alat ini berjalan di atas roda-roda seperti halnya RTG dan difungsikan sebagai alat angkat dan angkut. Mobilitas SC jauh lebih leluasa mengangkut peti kemas dari satu blok ke blok lain dibandingkan dengan RTG. SC terdiri dari rangka baja dengan empat kaki. Pada terminal yang

menggunakan SC, maka untuk keseimbangan operasi terminal, CC: SC sama dengan 1 : 3 unit (Lasse, 2007).



Gambar 2.4 Straddle Carrier

Sumber: www.teluklamong.co.id/page/facilities-3 (diakses pada 20 Agustus 2016)

4. *Head truck (HT)* atau *Combine Tractor Terminal (CTT)*

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2007 (Ditjen Perhubungan Darat, 2007), *Head truck* adalah kendaraan khusus pengangkut peti kemas yang terdiri dari *tractor head* dan kereta tempelan (*chasis*). Kereta tempelan wajib memiliki *twist lock* (kunci pengikat) yang berguna sebagai pengaman peti kemas agar tidak terjatuh. Sedangkan *tractor head* wajib memiliki daya sekurang-kurangnya 5,5 Kilo Watt setiap ton dari jumlah berat kombinasi yang diperbolehkan. Kereta tempelan memiliki tinggi maksimum kendaraan termasuk peti kemasnya tidak melebihi 4,2 meter. *Combine Tractor Terminal* memiliki aturan yang sama, hanya saja yang membedakan adalah bahan bakar yang lebih ramah lingkungan, yaitu menggunakan gas dan dapat bergerak otomatis mengikuti sensor (Terminal Teluk Lamong, 2016)



Gambar 2.5 Combine Tractor Terminal

Sumber: www.teluklamong.co.id/page/facilities-3 (diakses pada 20 Agustus 2016)

2.2.4 Prosedur Pelayanan Bongkar Muat Peti Kemas

Terminal peti kemas memiliki beberapa jenis pelayanan yang berkaitan dengan kegiatan bongkar-muat peti kemas. Prosedur layanan bongkar-muat peti kemas terdiri dari beberapa alur proses pelayanan, antara lain (Terminal Petikemas Surabaya, 2014):

1. Pelayanan Bongkar (*Discharge*) peti kemas
2. Pelayanan Muat (*Loading*) peti kemas
3. Pelayanan Penerimaan (*Receiving*) peti kemas
4. Pelayanan Pengiriman (*Delivery*) peti kemas

1. Layanan Bongkar (*Discharge*) Peti Kemas

Layanan bongkar peti kemas atau yang bisa disebut *discharge* adalah layanan pemindahan peti kemas dari kapal ke *container yard*. Berikut adalah prosedur jasa bongkar peti kemas (Terminal Teluk Lamong, 2016):

- a) Pengguna jasa mengajukan permohonan (hanya *online* untuk Terminal Teluk Lamong) dan melengkapi semua berkas persyaratan.
- b) *Yard and Berth planner* bersama dengan *equipment department* mengadakan rapat harian dengan perusahaan pelayaran untuk menentukan jadwal bongkar.
- c) *Vessel Planning* menerima email dari perusahaan pelayaran untuk selanjutnya diproses dalam sistem komputer sebagai dasar pelaksanaan kegiatan bongkar.
- d) Operator alat siap melayani kegiatan bongkar
- e) *Tally* dermaga melaksanakan konfirmasi bongkar
- f) *Berth Operation* memerintahkan operator STS untuk memindahkan peti kemas dari kapal ke CTT guna dibawa ke lapangan *buffer*
- g) CTT menuju *Container Yard* dengan blok sesuai yang tertera pada *display*
- h) CTT berhenti pada lapangan *buffer*, kemudian SC mengambil peti kemas dari CTT dan memindahkannya ke *container yard*
- i) Operator ASC mengambil peti kemas yang sudah berada di lantai, mengangkatnya ke tumpukan/blok sesuai yang tertera pada komputer.

2. Layanan Muat Peti Kemas

Layanan muat peti kemas atau yang bisa disebut *loading* adalah layanan pemindahan peti kemas dari *container yard* ke atas kapal. Berikut adalah prosedur jasa muat peti kemas (Terminal Teluk Lamong, 2016):

- a) Pengguna Jasa mengajukan permohonan (online atau manual) dan melengkapi semua berkas persyaratan.
- b) *Yard and Berth Planner* meneliti kelengkapan dokumen pengguna jasa

- c) *Yard and Berth planner* bersama *equipment department* mengadakan rapat harian dengan perusahaan pelayaran untuk menentukan jadwal muat.
- d) *Vessel Planning* menerima *pre storage plan* muat dari perusahaan pelayaran, untuk selanjutnya merencanakan *Load Work Quay* berdasarkan data peti kemas di sistem komputer sebagai dasar pelaksanaan kegiatan muat.
- e) *Control center* memproses *Load Work Quay* pada sistem computer untuk kapal yang akan melaksanakan kegiatan muat. *Equipment department* memerintahkan operator alat untuk melayani kegiatan muat.
- f) Operator ASC berdasarkan *Load Work Quay* memindahkan peti kemas dari *container yard* ke CTT, untuk kemudian dibawa ke dermaga.
- g) CTT menuju dermaga dan berhenti pada kapal yang sesuai dengan *display*.
- h) *Tally* dermaga memerintahkan STS untuk memuat peti kemas dari CTT ke atas kapal sesuai dengan lokasi yang telah direncanakan dalam sistem komputer. Peletakan dalam kapal harus sesuai perencanaan dan rapi agar tidak menimbulkan bahaya di laut lepas dan waktu pembongkaran di dermaga selanjutnya.

3. Layanan Penerimaan Peti Kemas

Layanan penerimaan peti kemas adalah bagian dari proses ekspor dan Layanan Muat peti kemas. Layanan ini meliputi serangkaian proses penerimaan peti kemas dari luar terminal hingga peti kemas tersebut ditumpuk di *container yard*. Berikut prosedur jasa penerimaan peti kemas di terminal (Terminal Teluk Lamong, 2016):

- a) Pengguna Jasa mengajukan permohonan dan melengkapi berkas.
- b) Pihak terminal memberitahukan kapan dan blok mana *container* dapat ditumpuk.
- c) Pengemudi truk datang sesuai jadwal, kemudian melewati *pre in gate* untuk dilakukan penimbangan berat truk dan peti kemas agar diperoleh VMG (*Verified Mass Gross*) dan mencocokkan dengan berat yang diinput Pengguna Jasa.
- d) Petugas *pre in gate* mengecek kembali data truk dan peti kemas. Melakukan pembetulan jika ternyata terjadi perbedaan berat peti kemas.
- e) Pengemudi truk menuju *in gate*, memperoleh *gate ticket*. Kemudian memerintahkan operator CTT melakukan penjemputan truk peti kemas.
- f) Pengemudi truk menuju lapangan perpindahan, kemudian SC memindahkan peti kemas dari truk ke CTT. Hal ini karena Teluk Lamong hanya menerima truk berbahan bakar gas untuk menerapkan sistem *green port*.
- g) CTT menuju *container yard* dengan blok sesuai yang tertera pada *display*.

h) ASC menumpuk peti kemas dari CTT ke *container yard* dengan blok yang tertera pada *display*.

4. Layanan Pengiriman Peti Kemas

Layanan pengiriman peti kemas adalah bagian dari proses impor dan melanjutkan layanan bongkar peti kemas yang berakhir pada *container yard*. Layanan ini membawa peti kemas yang tertumpuk di *container yard* ke penerima atau pemilik peti kemas di luar terminal. Berikut ini prosedur jasa pengiriman peti kemas (Terminal Teluk Lamong, 2016):

- a) Pengguna Jasa melakukan permohonan dan melengkapi berkas (termasuk kepada bea cukai)
- b) Pihak terminal memberitahukan kapan waktu pengambilan dan di blok mana *container* sedang ditumpuk.
- c) Pengemudi truk datang sesuai jadwal, kemudian melewati *pre in gate* untuk di cek data truk dan peti kemas yang akan diambil.
- d) Pengemudi truk melewati *in gate* untuk memperoleh *gate ticket*. Kemudian menunggu di tempat yang telah disediakan (karena bukan truk berbahan bakar gas).
- e) Saat truk telah dicek datanya di *in gate*, petugas meminta operator ASC untuk mengambil peti kemas yang dimaksud, kemudian diletakkan pada CTT.
- f) CTT membawa peti kemas ke tempat truk menunggu.
- g) SC memindahkan peti kemas dari CTT ke truk
- h) Truk melewati *gate out* untuk dilakukan pengecekan terakhir kali

2.3 Kinerja Pelabuhan

Pelabuhan memiliki ukuran-ukuran yang telah ditetapkan oleh pemerintah lewat Ditjen Perhubungan Laut yang berfungsi untuk menghindari *overcapacity*. Berikut adalah ukuran kinerja pelabuhan dan dampak terjadinya *overcapacity*.

2.3.1 Ukuran Kinerja Pelabuhan

Ukuran kinerja pelabuhan dan utilitas digunakan untuk mengukur sejauh mana fasilitas dermaga dan sarana penunjang dimanfaatkan secara intensif dan optimal. (Triatmodjo, 2010). Salah satu dari indikator tersebut adalah *Berth Occupancy Ratio* (BOR), *Yard Occupancy Ratio* (YOR), dan utilitas peralatan (Ditjen Perhubungan Laut, 2011).

1. *Berth Occupany Ratio* (BOR)

Berth Occupancy Ratio adalah perbandingan antara jumlah kapal yang dilayani tiap dermaga dan waktu pelayanan kapal dengan jumlah waktu yang tersedia selama satu periode (bulan atau tahun) dan banyaknya tambatan yang tersedia yang dinyatakan dalam presentase. Nilai BOR menurut standar kinerja pelayanan operasional pelabuhan (Ditjen Perhubungan Laut, 2011) adalah mendekati dan tidak melebihi 70%. Secara umum tingkat pemakaian dermaga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Triatmodjo, 2010)

$$BOR = \frac{Vs \times St \times (Panjang\ Kapal + LOA)}{WE \times Panjang\ Dermaga} \times 100\% \dots \dots \dots (2-1)$$

dengan:

V_s : jumlah kapal yang dilayani (unit/bulan)

S_t : *service time* (jam/hari)

W_E : waktu efektif bekerja perbulan (jumlah jam dalam satu bulan)

LOA : *Allowance* yang diberikan untuk panjang kapal (5 meter)

2. *Yard Occupancy Ratio* (YOR)

Yard Occupancy Ratio merupakan perbandingan antara jumlah penggunaan ruang penumpukan dengan ruang penumpukan yang tersedia (siap operasi) selama satu periode (bulan atau tahun) yang dinyatakan dalam presentase. (Ditjen Perhubungan Laut, 2011). Nilai YOR menurut standar kinerja pelayanan operasional pelabuhan (Ditjen Perhubungan Laut, 2011) adalah mendekati dan tidak melebihi 70%. Secara umum tingkat pemakaian lapangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$YOR = \frac{Container \times Dwelling\ Time}{Capacity\ Available \times We} \times 100\% \dots \dots \dots (2-2)$$

Atau

$$YOR = \frac{Capacity\ Used}{Capacity\ Available} \times 100\% \dots \dots \dots (2-3)$$

dengan:

Container : Jumlah peti kemas (TEU/bulan)

Capacity Used : Kapasitas lapangan yang terpakai di akhir bulan (TEU/Bulan)

Dwelling Time : waktu tunggu peti kemas di pelabuhan (hari/bulan)

Capacity Available : Total kapasitas lapangan yang tersedia (TEU/bulan)

W_e : Waktu efektif bekerja perbulan (hari/bulan)

3. Utilitas Peralatan

Utilitas peralatan adalah rata-rata waktu dari alat yang bekerja dengan total waktu yang tersedia dibandingkan dengan kapasitas dari alat (Banks et al, 2005). Utilitas peralatan menurut standar kinerja pelayanan operasional pelabuhan (Ditjen Perhubungan Laut, 2011) adalah tidak kurang dari 80%. Menurut Altiok dan Melamed, utilitas 90-95% adalah sangat tinggi dan dapat mengakibatkan *excessive delay* (altiok & Melamed, 2007) sehingga utilitas sebaiknya di bawah 90%.

$$Utility = \frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% \dots\dots\dots(2-4)$$

dengan:

Number Busy : perbandingan rata-rata waktu bekerja dengan waktu total yang tersedia dari resource (unit)

Number Scheduled : kapasitas dari resource (unit)

2.3.2 Ancaman *Overcapacity*

Arti *overcapacity* menurut Kamus Oxford (1995) adalah sumber daya menghasilkan atau menangani barang atau jasa melebihi yang bisa dijual, ditangani, atau dibutuhkan pada waktu atau situasi tertentu. *Overcapacity* di Pelabuhan dapat diidentifikasi dengan indikator kinerja pelabuhan. *Overcapacity* di pelabuhan dapat menyebabkan kongesti dan stagnasi.

1. Kongesti

Kongesti menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008) adalah banyaknya barang tertimbun di suatu tempat sehingga menimbulkan kemacetan arus barang. Peti kemas yang menumpuk mengakibatkan sulitnya pemrosesan peti kemas tersebut untuk dipindahkan atau dikirim.

2. Stagnasi

Stagnasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008) adalah keadaan terhenti, tidak bergerak, tidak jalan, ataupun keadaan maju pada tingkat yang sangat lambat. Stagnasi menyebabkan kedatangan kapal terhambat, sehingga jadwal kapal dapat terganggu.

2.4 Konsep Simulasi

Sistem, model, dan simulasi memiliki keterkaitan karena sebuah sistem nyata (Terminal peti kemas) akan dibuat model menggunakan *software* pemodelan sehingga

dapat dilakukan simulasi untuk mengetahui dampak yang terjadi pada model ketika parameter di dalam model berubah. Hal ini akan mengurangi biaya dan waktu yang dikeluarkan untuk melakukan eksperimen terhadap sistem nyata. Pengertian sistem, model, dan simulasi adalah sebagai berikut.

2.4.1 Sistem

Sistem adalah sekumpulan objek yang digabungkan bersama dalam suatu interaksi dan saling interdependensi untuk memenuhi suatu tujuan (Banks, et al., 2005). Dalam memodelkan sistem, penentuan batasan antara sistem dan lingkungannya perlu dilakukan. Penentuan didasarkan pada tujuan dari pembuatan model itu sendiri.

Salah satu pengkategorian adalah sistem dibagi menjadi diskrit dan kontinyu. Sistem yang ada di kehidupan nyata memiliki kecenderungan diskrit atau kecenderungan kontinyu, hanya sedikit yang dapat dikategorikan sepenuhnya diskrit atau sepenuhnya kontinyu, sehingga kecenderungan inilah yang menjadi dasar dalam menentukan sebuah sistem bersifat diskrit atau kontinyu (Law & Kelton, 1991). Sebuah sistem diskrit adalah ketika keadaan (*State*) dalam sistem berubah dalam waktu yang diskrit, sementara sistem kontinyu adalah bila keadaan (*state*) berubah secara kontinyu seiring berjalannya waktu (Banks, et al., 2005).

2.4.2 Model

Model adalah sebuah representasi sederhana yang didesain untuk menangkap aspek perilaku tertentu dari sistem dengan tujuan untuk memperoleh pengetahuan dan pemahaman dari perilaku sistem (Altiok & Melamed, 2007). Model mengabstraksi dan menyederhanakan sebuah sistem, sehingga memiliki konsiderasi ekonomi yang tinggi dibandingkan dengan mengubah-ubah sistem nyata yang memiliki biaya lebih mahal. Disamping model lebih menguntungkan dalam hal ekonomi, beberapa keuntungan lainnya adalah (Altiok & Melamed, 2007):

1. Mengevaluasi performa sistem di bawah skenario
Model mungkin menjadi sebuah kebutuhan jika operasi rutin dari sistem nyata yang dipelajari tidak bisa diganggu tanpa beberapa konsekuensi. Dalam kasus lain, skenario ekstrem yang memang harus dihindari. Misalnya, mempelajari manuver tabrakan dari pesawat atau mempelajari pelelehan inti di pembangkit nuklir.

2. Memprediksi performa dari desain sistem eksperimental
Ketika sistem yang ingin dipelajari belum ada, konstruksi model (dan manipulasi) menjadi pilihan yang jauh lebih murah (dan lebih aman) daripada membangun sistem nyata atau hanya *prototype*.
3. Memberi nilai tingkatan beberapa desain dan menganalisa nilai jualnya
Hal ini sama dengan poin sebelumnya, hanya saja memiliki motivasi ekonomi yang lebih besar. Hal ini sering muncul saat permintaan akan sistem yang mahal.

Model dapat diklasifikasikan dalam empat kategori. Empat kategori tersebut adalah (Banks, et al., 2005):

1. Model Matematis atau model fisik
Model matematis menggunakan notasi dan perhitungan matematis untuk merepresentasikan sistem. Sedangkan model fisik menggunakan benda nyata berbentuk fisik untuk merepresentasikan sistem.
2. Model statis atau model dinamis
Model statis merepresentasikan sebuah sistem pada satu titik waktu. Sedangkan model dinamis merepresentasikan sistem seiring berjalannya waktu. Model deterministik atau model stokastik
Model deterministik tidak memiliki pembangkitan bilangan acak, model ini memiliki kedatangan atau *input* yang telah diketahui yang akan menghasilkan *output* yang menyesuaikan. Contohnya adalah kedatangan pasien pada dokter gigi sesuai dengan jadwal appointment. Sedangkan model stokastik memiliki satu atau lebih variabel random sebagai *input* sistem. Random *input* akan menghasilkan random *output*. Contohnya adalah simulasi antrian bank dengan menggunakan waktu antar-kedatangan random.
3. Model diskrit atau kontinyu
Model diskrit adalah model dari sistem yang bersifat diskrit, yaitu model yang keadaannya berubah secara diskrit seiring waktu. Sedangkan model kontinyu adalah model dari sistem yang bersifat kontinyu, yaitu model yang keadaannya berubah secara kontinyu seiring waktu.

2.4.3 Simulasi

Simulasi adalah imitasi dari operasi pada proses atau sistem nyata. Simulasi berguna sebagai pembelajaran, eksperimental, dan interaksi internal dari suatu sistem yang

kompleks, mengamati perubahan informasi, dan memberikan saran perbaikan terhadap sistem nyata yang sedang diamati (Banks, et al., 2005). Suatu sistem dalam simulasi mencakup entitas, atribut, *resources*, antrian, aktivitas, event, dan *delay*. Elemen tersebut mendefinisikan siapa, apa, dimana, kapan, dan bagaimana suatu entitas diproses. Berikut adalah penjelasan elemen-elemen pada simulasi:

1. Entitas

Kebanyakan simulasi melibatkan “pemain” yang dinamakan entitas yang terus bergerak, berubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entitas lain dan keadaan sebuah sistem, dan mempengaruhi performa *output* yang diukur. Entitas adalah objek dinamik di dalam simulasi (Kelton, et al., 2001).

2. Atribut

Untuk membedakan tiap entitas, atribut ditempelkan pada mereka. Atribut adalah sebuah karakteristik dasar dari semua entitas, tapi dengan nilai yang spesifik yang dapat membedakan dari satu entitas dengan entitas lain (Kelton, et al., 2001).

3. *Resources*

Merupakan sesuatu yang mewakili sebuah grup dari beberapa individu atau alat yang diperebutkan atau diikat oleh entitas (Kelton, et al., 2001)..

4. Antrian

Saat entitas tidak dapat bergerak, karena butuh mengikat *resource* yang masih terikat oleh entitas lain, entitas itu perlu menunggu. Antrian memiliki nama dan dapat memiliki kapasitas untuk merepresentasikan batasan (Kelton, et al., 2001).

5. Aktivitas

Durasi waktu yang memiliki panjang tertentu yang diketahui kapan mulai (Banks, et al., 2005).

6. *Event*

Kejadian yang terjadi secara instan yang merubah kondisi dari sebuah sistem (Banks, et al., 2005).

7. *Delay*

Durasi waktu yang memiliki panjang yang tidak terdefiniskan, yang tidak diketahui sampai itu berakhir (Banks, et al., 2005).

2.5 *Discrete Event Simulation* dan Pengoptimalan

Discrete Event Simulation atau biasa disebut DES berfokus pada memodelkan sebuah sistem dan bagaimana sistem tersebut berkembang seiring berjalannya waktu dengan

merepresentasikan kondisi variabel mana yang berubah seketika itu juga dalam titik waktu yang terpisah (Law & Kelton, 2000). DES adalah memodelkan sebuah sistem dimana kondisi variabelnya berubah hanya pada titik waktu diskrit. Model dari simulasi dianalisa dengan metode *numeric* dari pada metode analitik. (Banks, et al., 2005). Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan simulasi sistem diskrit adalah sebagai berikut (Banks, et al., 2005):

1. Formulasi masalah

Setiap penelitian harus dimulai dari pernyataan sebuah masalah. Masalah yang dideskripsikan tersebut harus benar-benar dimengerti. Masalah tersebut juga harus dapat diformulasikan dan diformulasi ulang seiring berjalannya penelitian.

2. Mengatur tujuan dan rencana proyek

Tujuan mengindikasikan pertanyaan harus terjawab oleh simulasi. Pada titik ini, keputusan harus diambil mengenai apakah simulasi adalah metodologi yang tepat untuk masalah yang telah diformulasikan tersebut. Jika simulasi adalah metodologi yang tepat, maka rencana proyek secara keseluruhan harus memiliki pernyataan dari sistem alternatif untuk diperhitungkan dan bagaimana mengevaluasi keefektifan dari alternatif tersebut.

3. Model konseptual

Seni pembentukan model dari sistem adalah kemampuan untuk menggambarkan ciri-ciri dasar atau yang perlu dari sebuah permasalahan, untuk memilih dan memodifikasi asumsi dasar yang mengkarakterisasi sistem, dan kemudian untuk memperkaya dan mengelaborasi model sampai perkiraan hasil yang berguna.

4. Pengumpulan data

Ada sebuah pengaruh konstan antara pembentukan model dan pengumpulan *input* data yang diperlukan. Jika kerumitan dari sebuah model berubah, maka elemen data yang dibutuhkan juga dapat berubah. Pengumpulan data mengambil porsi besar dari total waktu yang diperlukan untuk melakukan simulasi, sehingga disarankan untuk memulai pengumpulan data secepat mungkin saat tahap awal pembentukan model dimulai.

5. Model *translation*

Kebanyakan sistem nyata yang dimodelkan membutuhkan kapasitas penyimpanan informasi yang sangat besar dan juga perhitungannya, jadi model harus dimasukkan dalam format yang dapat dimengerti komputer. Bahasa simulasi sangat kuat dan fleksibel. Jika permasalahan dapat menerima solusi dengan *software* simulasi, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengembangkan model akan sangat berkurang.

6. Verifikasi

Verifikasi menguji apakah program komputer yang disiapkan untuk model simulasi sudah bekerja dengan benar. Jika parameter *input* dan struktur logis dari model sudah direpresentasikan secara benar dalam komputer, maka verifikasi telah selesai.

7. Validasi

Validasi biasanya diperoleh melalui kalibrasi dari model, proses iterasi dari membandingkan model dengan perilaku sistem nyata dan menggunakan ketidakcocokan antara keduanya, dengan tujuan untuk meningkatkan model. Proses ini terus diulang sampai ketepatan model dinilai dapat diterima.

8. Desain eksperimental

Membuat alternatif-alternatif skenario yang akan disimulasikan untuk menghasilkan model yang optimal. Seringnya, keputusan untuk memilih alternatif mana yang disimulasikan akan menjadi fungsi dari *runs* yang telah selesai dan telah dianalisa. Untuk setiap desain yang disimulasikan, harus mempertimbangkan lama periode inisialisasi, lama *run* simulasi, dan banyaknya replikasi tiap *run*.

9. Produksi *run* dan analisa

Digunakan untuk mengukur performa dari desain sistem yang disimulasikan.

10. Lebih banyak *run*

Jika analisa dari *run* yang telah dilakukan telah selesai, *run* tambahan dapat dilakukan jika diperlukan.

11. Dokumentasi

Ada dua tipe dari dokumentasi: program dan progres. Dokumentasi program penting dilakukan untuk beberapa alasan. Jika program akan digunakan lagi, dokumentasi tersebut dapat digunakan untuk memahami bagaimana program beroperasi. Disamping itu, perubahan parameter yang dilakukan akan dapat memperelajari hubungan antara parameter *input* dan ukuran *output* dari performa atau untuk menemukan *input* yang mengoptimalkan *output*.

12. Implementasi

Kesuksesan dari implementasi bergantung pada seberapa baik dan benar tahap-tahap sebelumnya dilakukan. Proses yang paling krusial adalah proses validasi, dimana model yang invalid jika diimplementasikan akan berujung pada hasil yang salah, yang akan berakibat berbahaya, mahal, bahkan keduanya.

Pengoptimalan adalah alat utama yang digunakan oleh peneliti dan manajemen yang berfungsi untuk memecahkan permasalahan dari semua aspek dalam sistem tersebut yang dianggap diketahui dengan pasti (Banks, et al., 2005).

Discrete-event simulation menghasilkan variabel acak disetiap *run* simulasi yang dilakukan. DES akan menghasilkan alternatif-alternatif skenario di dalam desain eksperimental. Misalkan x_1 , x_2 , dan x_3 adalah variabel *control* dan $Y(x_1, x_2, x_3)$ adalah hasil simulasi dari satu *run*. Dengan kata lain, DES memaksimalkan atau meminimalkan performansi. Sehingga dari hasil desain eksperimental tersebut kita dapat memilih desain sistem yang kemungkinan besar adalah yang terbaik (Banks, et al., 2005). Langkah-langkah pengoptimalan sistem dengan menggunakan DES secara detail akan dijelaskan pada sub-bab berikut ini.

2.5.1 Pengumpulan dan Pengambilan Data Input Simulasi

Input dari model simulasi adalah distribusi tertentu dari parameter yang ingin dimodelkan. Bilangan acak akan dibangkitkan oleh *software* simulasi sesuai dengan distribusi yang telah ditentukan. Untuk itu perlu proses pengumpulan data waktu proses setiap alat yang baik untuk mendapatkan distribusi yang dapat merepresentasikan sistem nyata. Meskipun struktur model sudah terverifikasi, namun bila input data tidak dikumpulkan atau dianalisis secara tepat serta tidak merepresentasikan sistem, *output* simulasi akan menjadi rancu sehingga dapat merusak proses simulasi dan pengambilan keputusan (Banks, et al., 2005).

2.5.2 Pengujian Data

Setelah data berhasil diambil dengan *stopwatch time study* dan atau dikumpulkan melalui data sekunder berupa waktu standar, maka selanjutnya perlu dilakukan pengujian data. Pengujian data dalam penelitian ini adalah uji keseragaman dan kecukupan data (Banks, et al., 2005). Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui apakah data yang kita peroleh menyebar secara seragam dimana dibutuhkan untuk mengatasi perubahan yang terus terjadi agar tetap dalam batas kewajaran (Arif, 2016). Sedangkan Uji kecukupan data digunakan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan cukup untuk pengolahan (Seopeno, 1997).

Uji Keseragaman Data

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\sigma_{\bar{t}} = \sqrt{\frac{\sum(t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$BKA = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} \dots\dots\dots (2-7)$$

$$BKB = \bar{t} - k\sigma_{\bar{t}} \dots\dots\dots (2-8)$$

Uji Kecukupan Data

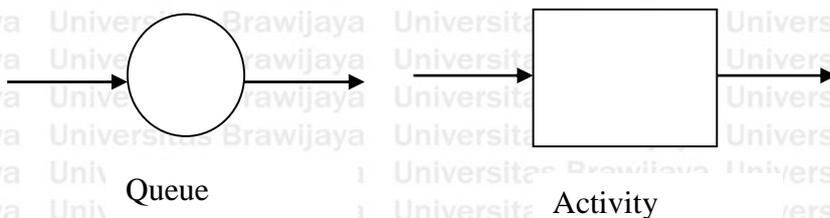
$$N^1 = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2, N > N^1 \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan:

- \bar{t} : Waktu rata-rata
- $\sigma_{\bar{t}}$: Simpangan baku
- BKA : Batas Kontrol Atas
- BKB : Batas Kontrol Bawah
- N^1 : jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan
- K : tingkat kepercayaan dalam pengamatan ($k=1,96 \rightarrow 2$, untuk 95%)
- S : tingkat ketelitian dalam pengamatan (5%)
- N : jumlah pengamatan yang sudah dilakukan
- x_i : data pengamatan

2.5.3 Perancangan Model Konseptual

Model Konseptual digunakan untuk merepresentasikan sistem nyata. Model konseptual dapat digambarkan dengan *Activity Cycle Diagram* (ACD). ACD adalah bahasa grafik atau gambar yang memodelkan sistem dengan menunjukkan hubungan interaksi antar elemen dengan perubahan secara diskrit terhadap waktu. Entitas pada ACD ada dua, permanen dan sementara (minitorn.tlu.ee, 2016). Sedangkan aktivitas pada ACD ada dua, *queue* dan *activity* yang dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 State pada Activity Cycle Diagram
 Sumber: minitorn.tlu.ee (diakses pada 02 Juli 2016)

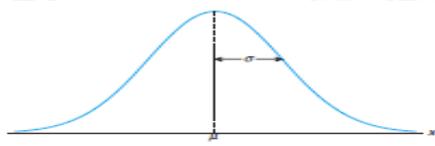
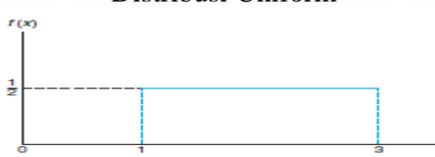


2.5.4 Penentuan Distribusi

Identifikasi distribusi probabilitas digunakan untuk merepresentasikan *input* proses. Setelah data telah layak digunakan, maka perlu mengubah data tersebut sehingga dapat menjadi *input* model simulasi (Harrel, et al., 2004). Distribusi probabilitas yang dapat dipilih adalah normal, *uniform*, dan *triangular* (Harrel, et al., 2004). Tahap penentuan distribusi probabilitas dilakukan dengan *goodness of fit test* menggunakan *Chi-Square*. Penelitian ini menggunakan *software EasyFit* untuk mempermudah perhitungan data yang akan dijelaskan pada sub-bab **2.6.1 EasyFit**.

Penentuan distribusi selanjutnya mencari nilai parameter untuk merepresentasikan data dari distribusi. Parameter distribusi ditentukan sesuai dengan distribusi yang dipilih. Nilai parameter ini didapatkan dari hasil *software easyfit*. Contohnya bila menentukan sebuah *input* proses memiliki distribusi normal, maka perlu menentukan berapa rata-rata dan standar deviasi yang sesuai. Dengan demikian telah mengonversikan data sehingga bisa menjadi *input* simulasi. Pemilihan distribusi menggunakan nilai Chi-Square, dimana nilai Chi-Square yang terkecil yang akan dipilih. Nilai ini menandakan besarnya *error* yang terjadi dalam distribusi tersebut jika dibandingkan dengan data aktual. Jenis distribusi yang digunakan dalam penelitian dijelaskan pada Tabel 2.3 dan 2.4 Jenis Distribusi

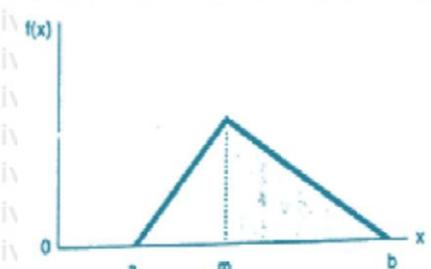
Tabel 2.3
Jenis Distribusi Normal dan Uniform

No.	Grafik	Keterangan
1	 <p style="text-align: center;">Distribusi Normal</p>	<p>Distribusi normal adalah suatu peubah acak kontinu X yang distribusinya berbentuk lonceng. Distribusi ini bergantung pada dua parameter μ dan σ yaitu rata-rata dan simpangan bakunya. Jadi fungsi padat X akan dinyatakan dengan $n(x; \mu, \sigma)$. Maka :</p> $f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} \quad (2-10)$
2	 <p style="text-align: center;">Distribusi Uniform</p>	<p>Distribusi ini terjadi bila nilai variabel random mempunyai peluang terjadi sama. Jika variabel random x memiliki nilai (kontinyu) dengan kemungkinan kemunculan yang sama maka dikatakan bahwa variabel random (kontinyu) x mengikuti distribusi uniform dengan rumus: (Walpole, 1992)</p> $f(x; A, B) = \frac{1}{B-A}, A \leq x \leq B \quad (2-11)$

Sumber: Walpole (2012) dan Montgomery & Runger (2003)

Tabel 2.4

Jenis Distribusi Triangular

No.	Grafik	Keterangan
1		<p>Distribusi Triangular digunakan ketika distribusi yang mendasari memiliki nilai berkisar dari beberapa nilai minimal, biasanya untuk merepresentasikan proses. Rumusnya adalah</p> $f(x) = \frac{2(x-a)}{(m-a)(b-a)}, \text{ Jika } a \leq x \leq m \quad (2-12)$ $= \frac{2(b-x)}{(b-m)(b-a)}, \text{ Jika } m \leq x \leq b \quad (2-13)$

Sumber: Walpole (2012) dan Montgomery & Runger (2003)

2.5.5 Perancangan Model ARENA

Setelah merancang model konseptual serta menentukan jenis distribusi dan parameternya, maka Model ARENA dapat dirancang. Perancangan ini menggunakan alur proses sesuai dengan model konseptual, sedangkan *input* data tiap proses menggunakan nilai parameter dan distribusi yang telah ditetapkan.

Perancangan model arena membutuhkan beberapa penyesuaian terhadap rancangan model konseptual yang telah dibuat karena perancangan model ARENA lebih lengkap dan kompleks. Salah satu contohnya adalah adanya beberapa jenis *module* yang digunakan untuk menggantikan simbol pada Model konseptual. Selain *module* tersebut, Arena juga mengharuskan pengisian jenis alat (*resource*) yang menangani setiap proses, lama waktu alat tersebut menangani, dan apakah terjadi perubahan terhadap entitas yang diproses.

Penjelasan dari software ARENA ini akan lebih lengkap pada sub-bab 2.6.2. ARENA.

2.5.6 Penentuan Jumlah Replikasi

Penentuan jumlah replikasi yang sebaiknya dilakukan saat menjalankan simulasi memiliki hubungan terhadap *confidence interval*. Adapun langkah-langkah dalam menentukan jumlah replikasi adalah sebagai berikut (Law & Kelton, 1991):

- Run model* dengan jumlah replikasi kecil (5-10 replikasi).
- Dari *report* simulasi, lihat output simulasi untuk menghitung standar deviasi.
- Selanjutnya melakukan perhitungan terhadap berapa jumlah replikasi yang sebaiknya dilakukan untuk mendapatkan *error* tertentu. Caranya adalah dengan menentukan nilai *half-widht* (hw), kemudian memasukkannya ke dalam persamaan penentuan jumlah

replikasi. Rumus penentuan jumlah replikasi dapat dilihat sebagai berikut: (Harrel, et al., 2004)

$$n' = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{\frac{(t_{n-1, \alpha/2} \times S)}{\sqrt{n}}} \right)^2 \dots \dots \dots (2-14)$$

dengan:

n' : Perkiraan replikasi yang harus dibuktikan

$Z_{\alpha/2}$: nilai dari tabel Z dengan $\alpha/2$

$\alpha/2$: level signifikan

S : Standar deviasi

t_{n-1} : *factor* dari tabel T dengan derajat kebebasan $n-1$ dan $\alpha/2$

$\sigma^2_{w_1}$: *variance*

n : banyak data

2.5.7 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan Validasi adalah uji yang digunakan dan harus dilakukan untuk memastikan bahwa model ARENA yang telah dibuat telah merepresentasikan sistem nyata yang telah berjalan.

1. Verifikasi berguna untuk memastikan bahwa model telah dibangun dengan tepat pada *software* simulasi, hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu: (Banks, et al., 2004)
 - a) Membuat diagram alir konseptual yang mampu menggambarkan setiap logika proses dari sistem dan membandingkannya dengan model pada *software* simulasi
 - b) Melihat rangkuman proses pada model untuk melakukan pengecekan terhadap *input* parameter, satuan, serta variabel yang digunakan pada model.
 - c) Melakukan kompilasi *error* dari model simulasi yang dibuat. Pada umumnya, *software* simulasi memiliki *Interactive Run Controller* (IRC) atau *debugger* yang secara otomatis melakukan pengecekan terhadap model yang telah dibuat dan mengidentifikasi *error* pada model.
 - d) Melakukan pengecekan terhadap animasi dari model untuk melihat apakah jalannya model mampu meniru dan telah sesuai dengan sistem aktual.
2. Uji validitas digunakan untuk memastikan bahwa hasil dari simulasi telah mewakili sistem aktual. Uji ini dilakukan dengan membandingkan hasil *output* antara model

dengan sistem aktual menggunakan uji statistik (Banks, et al., 2005). Uji yang digunakan adalah Uji Independensi untuk mengetahui adakah perbedaan antara hasil simulasi dan hasil sistem nyata, jika tidak ada perbedaan maka model dinyatakan valid. Penelitian ini menggunakan bantuan *software* SPSS untuk mempermudah perhitungan uji independensi dan uji normalitas, yang lebih lengkap dijelaskan pada sub-bab 2.6.3 SPSS.

Sebelum uji Independensi dilakukan, diperlukan Uji normalitas untuk mengetahui Uji independensi apa yang sebaiknya dilakukan. Jika data berdistribusi normal, maka dapat menggunakan Uji Independensi dengan T-test. Sedangkan jika data tidak berdistribusi normal, maka menggunakan uji Independensi Man-Whitney (Montgomery & Runger, 2003).

$$Z_0 = \frac{W_1 - \mu_{W_1}}{\sigma_{W_1}} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$\mu_{W_1} = \frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2} \dots\dots\dots (2-16)$$

$$\sigma^2_{W_1} = \frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12} \dots\dots\dots (2-17)$$

dengan:

Z_0 : nilai Z hitung	W_1 : jumlah ranking data ke-1
n_1 : banyak data ke-1	μ_{W_1} : <i>mean</i>
n_2 : banyak data ke-2	$\sigma^2_{W_1}$: <i>variance</i>

2.5.8 Perancangan dan Pemilihan Skenario

Skenario terbaik adalah skenario yang menghasilkan desain sistem yang paling optimal (Banks, et al., 2005). Optimal atau tidaknya suatu pelabuhan ditentukan oleh nilai YOR, BOR, dan utilitas alat yang telah dijelaskan pada sub bab 2.4 Ukuran Kinerja Pelabuhan dan Utilitas.

Model yang dipilih adalah:

1. Memiliki nilai YOR yang paling mendekati dan tidak lebih besar dari 70%,
2. Memiliki nilai BOR yang paling mendekati dan tidak lebih besar dari 70%, dan
3. Memiliki nilai utilitas 80% atau dan tidak lebih besar dari 90%

Simulasi dilakukan setiap bulan hingga Desember 2023. Misalnya pada Bulan Januari 2019 ditemukan tiga indikator yang belum optimal, maka akan dilakukan perbaikan pertama. Perbaikan ini dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi alat, luas *Container Yard*, dan atau panjang dermaga melalui beberapa skenario. Kemudian simulasi

akan dijalankan dengan Model Perbaikan Pertama yang terpilih, jika pada Oktober 2021 ditemukan nilai salah satu dari tiga indikator yang belum optimal, maka akan dilakukan perbaikan kedua. Begitu seterusnya hingga Desember 2023.

2.5.9 Forecasting

Peramalan adalah memperkirakan jumlah sesuatu atau data pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau. Peramalan adalah metode pasti yang digunakan untuk mengurangi ketidakpastian terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa mendatang (Sipper & Bulfin, 1997).

Salah satu metode yang dipakai dalam peramalan adalah metode *time series*. Metode ini memiliki tiga model yaitu, konstan, tren, dan musiman yang bergantung pada data masa lampau dan pemahaman terhadap proses. Model Tren terjadi jika seiring berjalannya waktu terjadi peningkatan data atau penurunan data. Penelitian ini menggunakan bantuan *software* minitab untuk pengolahan data peramalan yang akan dijelaskan pada sub-bab

2.6.4 Minitab. Berikut adalah teknik peramalan *time series* dengan tren (Sipper & Bulfin, 1997):

Tabel 2.5
Teknik Peramalan *Time Series*

No.	Grafik	Keterangan
1	 <p>Trend Analysis</p>	<p>Digunakan jika data tidak konstan tetapi secara perlahan meningkat. Data akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu, tidak hanya meningkat (positif) tetapi juga menurun (negatif).</p> $\gamma_t = \beta_0 + \beta_1 t + e_t \quad (2-18)$
2	 <p>Double Exponential Smoothing</p>	<p>Digunakan saat data mengandung tren. Jika menggunakan simple ES maka peramalan akan sulit mengikuti pertumbuhan tren, sehingga peramalan akan selalu di bawah data aktual.</p> $S_T = \alpha d_T + (1 - \alpha)(S_{T-1} + B_{T-1}) \quad (2-19)$ $B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1 - \beta)B_{T-1} \quad (2-20)$ $F_{T+k} = S_T + kB_T \quad (2-21)$

Sumber: Sipper & Bulfin (1997)

Kedua metode tersebut harus dilakukan untuk dapat memilih metode peramalan terbaik. Pemilihan tersebut berdasarkan *forecast error*, yaitu perbedaan antara data aktual dan data hasil peramalan (Sipper & Bulfin, 1997).

$$e_t = d_t - F_t \quad (2-22)$$

$$E_t = \sum_{t=1}^T e_t \quad (2-23)$$

dengan

$e_t = error$ $d_t = data\ aktual$

$E_t = total\ error$ $F_t = data\ forecasting$

Jika total *error* meningkat atau menurun dengan perlahan, maka model peramalan yang dipakai kurang tepat atau adanya perubahan dengan data aktual. *Error* juga memiliki bias, misalkan pada bulan Januari e_t adalah +10 dan pada bulan Februari e_t adalah -10, sehingga E_t bernilai 0 (nol) dengan kata lain model peramalan dinilai bagus padahal terjadi *error* yang besar (Sipper & Bulfin, 1997). Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD) untuk menghitung persebaran dari *error*.

$$MAD = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \quad (2-24)$$

dengan

$T = data\ ke-t$

Cara lain untuk mengatasi bias pada *error* adalah dengan mengkuadratkan *error* tersebut, sehingga dampak atas satu *error* yang besar akan sangat mempengaruhi model. Cara ini dinamakan *Mean Squared Error* (Sipper & Bulfin, 1997).

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2 \quad (2-25)$$

Kedua cara tersebut bergantung pada besarnya nilai angka yang diramal, sehingga jika peramalan dilakukan pada data yang memiliki nilai angka yang besar maka *error* juga akan besar. Untuk mencegah hal tersebut, dapat digunakan *error* relatif yang menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage* (Sipper & Bulfin, 1997).

$$MAPE = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100 \right) \quad (2-26)$$

2.6 Software

Penelitian ini menggunakan bantuan *software* untuk mempermudah perhitungan dan validasi internal dengan cara membandingkan hasil perhitungan manual dengan *software*. *Software* yang dipakai dalam penelitian ini digunakan untuk Uji distribusi dan nilai parameter, pemodelan dan simulasi, uji normalitas dan uji independensi, serta peramalan.

2.6.1 EasyFit

EasyFit adalah *software* yang menguji distribusi data dalam jumlah besar, baik secara manual maupun otomatis. EasyFit memberikan hasil berupa peringkat distribusi

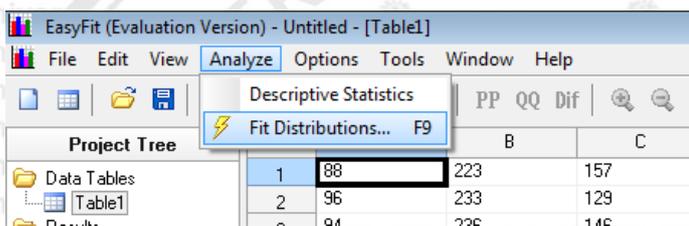
dengan *error* paling kecil terhadap sebuah data, sehingga dapat memilih distribusi yang terbaik untuk data tersebut. Berikut adalah cara melakukan pengujian distribusi dan mengetahui nilai parameter melalui EasyFit: (Mathwave, 2014)

1. Buka *Software EasyFit 5.6 Professional*
2. Masukan Data proses setiap stasiun kerja

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	98	223	157	71	59	510	56	80	
2	96	233	129	46	95	505	60	66	
3	94	236	146	62	57	502	59	83	
4	104	221	171	48	57	504	55	79	
5	99	229	172	54	53	507	56	98	
6	79	231	140	56	62	508	52	65	
7	85	230	154	56	62	509	60	76	
8	93	228	152	45	61	500	63	89	
9	94	244	152	42	52	512	63	91	
10	82	232	130	66	59	499	64	70	
11	77	229	143	47	59	516	60	59	
12	85	225	180	65	54	516	63	93	
13	83	232	162	43	62	510	54	56	
14	76	222	154	47	49	510	62	77	
15	84	228	130	42	53	503	54	79	
16	100	239	130	64	56	515	58	86	
17	83	233	142	52	59	514	58	72	

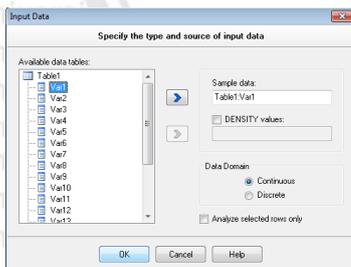
Gambar 2.7 Lembar Kerja EasyFit
Sumber: Mathwave (2014)

3. Klik *Analyze – Fit Distribution*. Atau bisa langsung menekan tombol F9



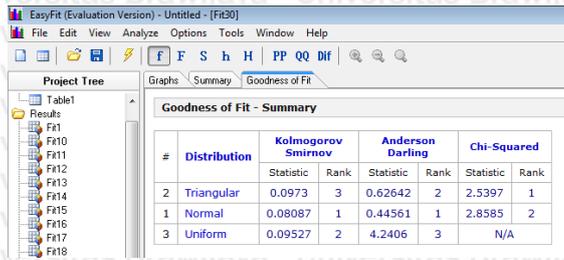
Gambar 2.8 Fit Distribution
Sumber: Mathwave (2014)

4. Akan muncul *Dialog Box 'Input Data'*. Pilih data di kolom A dengan memasukkan var1 ke *Sampel Data*. Pada bagian *Data Domain*, pilih *continuous*. Klik Ok



Gambar 2.9 Dialog Box Input Data
Sumber: Mathwave (2014)

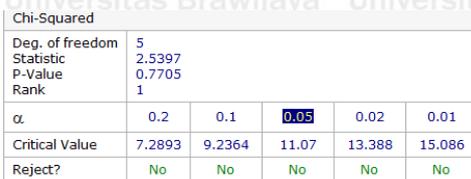
5. Selanjutnya akan muncul hasil. Pilih *Tab Goodness of Fit*. Klik *Chi-Squared* untuk mengurutkan distribusi berdasar *error* terkecil *Chi-Square*.



#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
2	Triangular	0.0973	3	0.62642	2	2.5397	1
1	Normal	0.08087	1	0.44561	1	2.8585	2
3	Uniform	0.09527	2	4.2406	3	N/A	

Gambar 2.10 Result of Goodness of Fit
Sumber: Mathwave (2014)

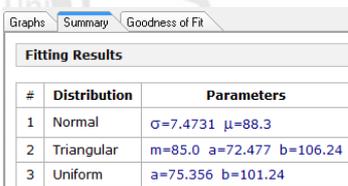
6. Klik distribusi pada Rank 1 Chi-Squared untuk melihat Goodness of Fit *Detail*. Kemudian lihat *table* Chi-Squared dengan tingkat signifikansi 0.05 (5%).



Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.5397				
P-Value	0.7705				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

Gambar 2.11 Chi-Squared Table
Sumber: Mathwave (2014)

7. Jika data diterima, (*Reject? No*) maka, kemudian data tersebut adalah data terpilih. Jika tidak, maka ulangi langkah 6 dengan memilih rank 2. Jika diterima, klik *Tab Summary* untuk melihat parameter distribusi.



#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=7.4731$ $\mu=88.3$
2	Triangular	$m=85.0$ $a=72.477$ $b=106.24$
3	Uniform	$a=75.356$ $b=101.24$

Gambar 2.12 Result of Summary
Sumber: Mathwave (2014)

8. Ulangi langkah 3 hingga 7 untuk data proses di kolom selanjutnya.

2.6.2 ARENA

Arena adalah program penyusunan model dan simulator. Arena merupakan kombinasi antara kemudahan pemakaian yang dimiliki *high level program* dan fleksibilitas yang menjadi ciri *general purpose simulation language* (Kelton, 2001). Arena adalah salah satu *software* yang dapat digunakan untuk memodelkan sistem diskrit. Karena kemudahan, fleksibilitasnya, dan tingkat kerumitan masalah yang dapat ditangani, Arena menjadi pilihan terbaik untuk penelitian ini yang akan memodelkan sistem bongkar-muat peti kemas (Banks, et al., 2005).

1. *Basic Process Panel*

Basic Process Panel pada Arena berisi *module* yang digunakan untuk memodelkan simulasi sebuah sistem. Berikut ini adalah modul yang terdapat pada *Basic Process*

Panel dalam mensimulasikan sistem yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7

(Rockwell, 2005)

Tabel 2.6

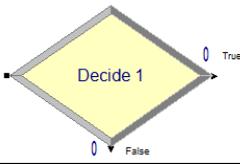
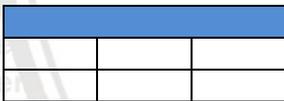
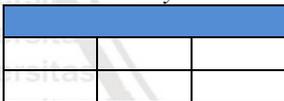
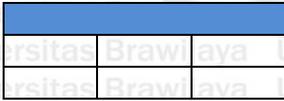
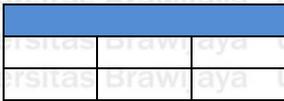
Module Create dan Dispose pada Basic Process Panel

No.	Nama Module	Fungsi
1	<p>Create Module</p> 	Modul ini digunakan sebagai titik awal untuk sebuah entitas dalam model simulasi. Entitas dibuat menggunakan jadwal atau berdasarkan waktu antar kedatangan. Kemudian meninggalkan modul untuk memulai proses melalui sistem.
2	<p>Dispose Module</p> 	Modul ini dimaksudkan sebagai titik akhir untuk entitas dalam model simulasi. Entitas statistik dapat direkam sebelum entitas tersebut keluar dari sistem.

Sumber: Rockwell (2005)

Tabel 2.7

Module Process, Decide, Set, Entity, Queue, dan Resource pada Basic Process Panel

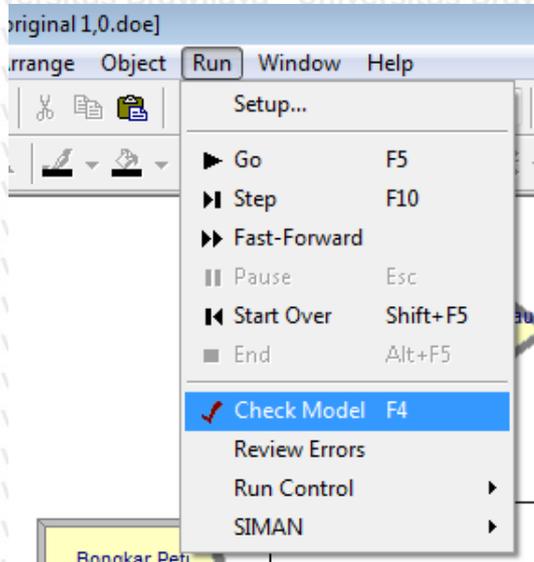
1	<p>Process Module</p> 	Digunakan untuk mendefinisikan langkah-langkah proses. Server dapat berupa <i>resources</i> atau <i>transporter</i> .
2	<p>Decide Module</p> 	Digunakan untuk pengambilan keputusan proses dalam sistem. Ini termasuk pilihan untuk membuat keputusan berdasarkan satu atau lebih kondisi probabilitas.
3	<p>Set</p> 	Mendefinisikan grup-grup dari elemen yang sama yang dihubungkan melalui <i>common name</i> dan <i>set index</i> . Elemen-elemen yang menyusun "sets" yang menjadi anggota dari set tersebut.
4	<p>Entity</p> 	Mendefinisikan tipe entitas berbagai dan nilai-nilai awal mereka gambar dalam simulasi. Biaya-biaya informasi dan memegang awal juga ditetapkan untuk entitas.
5	<p>Queue</p> 	Mendefinisikan sebuah elemen antrian dan membuat sebuah animasi antrian. <i>Queue</i> modul digunakan untuk mendefinisikan elemen antrian, menentukan apakah statistik pada panjang antrian dikumpulkan, identifikasi jika antrian dibagi, dan spesifikasi tingkat ranking antrian
6	<p>Resource</p> 	Mendefinisikan sumber <i>Resources</i> dalam sistem simulasi, termasuk informasi biaya dan ketersediaan

Sumber: Rockwell (2005)

2. Menjalankan Model dan Replikasi

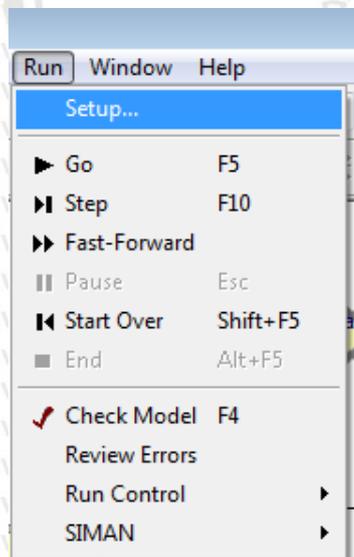
Setelah *module* tersusun sesuai model konseptual, maka model ARENA perlu dijalankan untuk mengetahui apakah model tersebut telah mewakili sistem nyata.

- a) Klik *Run – Check Model* (F4)



Gambar 2.13 Check Model ARENA
Sumber: Rockwell (2005)

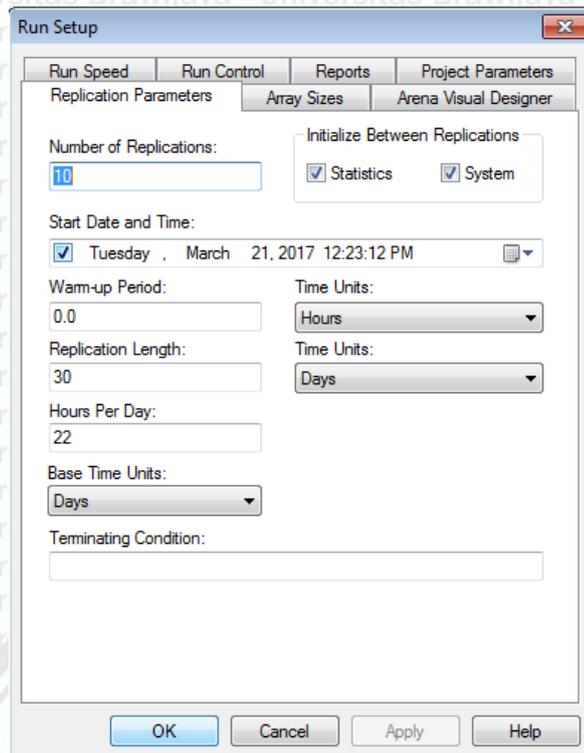
- b) Jika tidak ada *error* yang ditemukan. Klik *Run – Setup*



Gambar 2.14 Setup Run ARENA
Sumber: Rockwell (2005)

- c) Muncul *Dialog Box Setup Run*. Klik *Tab Replication Parameter*. Pada *Number of Replication*, masukkan angka 10 untuk 10 kali replikasi. Pada *Replication Length* masukkan 30 dengan *Time Unit* pilih *Days* agar setiap replikasi simulasinya

berjalan 30 hari. Pada *Hours per Day* masukkan 22 untuk mengetahui jumlah jam kerja aktif setiap harinya. Kemudian klik OK



Gambar 2.15 Dialog Box Setup Run ARENA
Sumber: Rockwell (2005)

- d) Kemudian tekan tombol F5 untuk menjalankan simulasi. *Output* dari ARENA tersebut harus diambil yang sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian.

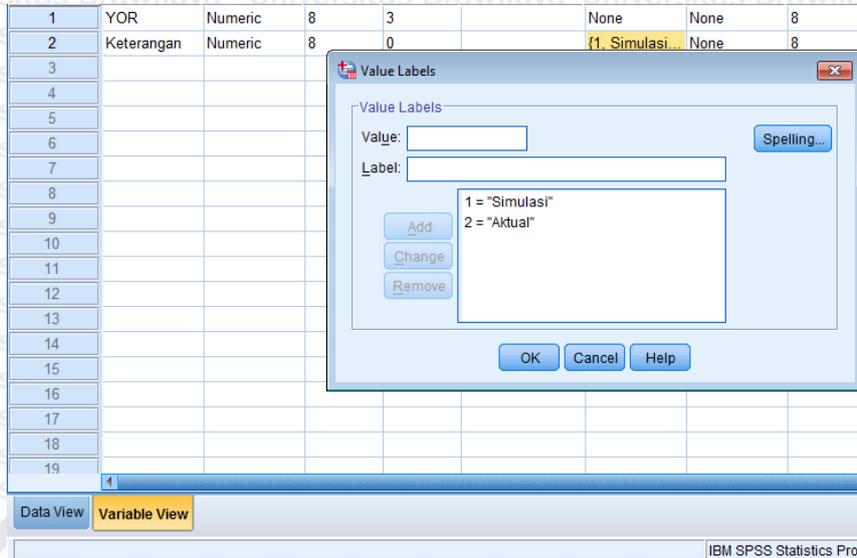
2.6.3 SPSS

IBM SPSS adalah sebuah program pengujian statistika. SPSS dapat digunakan mulai dari perencanaan ke pengumpulan data ke analisa, pelaporan, dan penyebaran data. SPSS dapat melakukan keseluruhan proses analisa statistika, mulai dari statistika deskriptif hingga inferensia. Penelitian ini menggunakan SPSS untuk melakukan Uji Normalitas dan Uji Independensi data hasil *output* simulasi ARENA.

1. Uji Normalitas

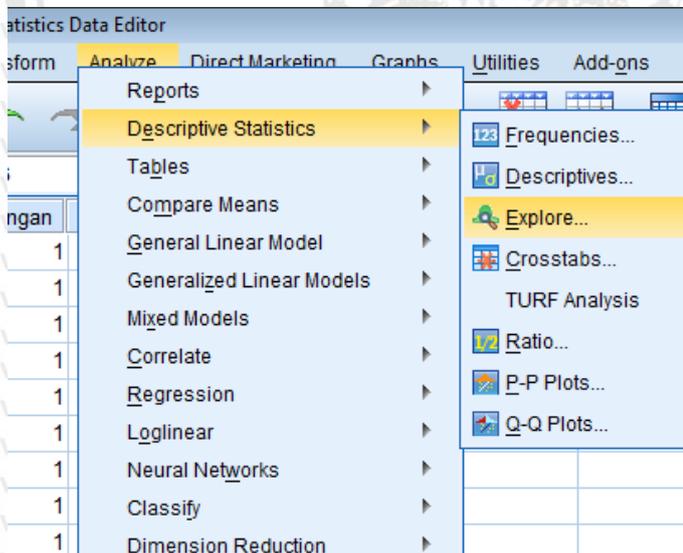
Penelitian ini menggunakan uji normalitas untuk mengetahui apakah hasil simulasi berdistribusi normal ataukah non-parametrik. Hal ini menentukan uji Independensi apa yang akan dipakai. Berikut adalah cara melakukan uji normalitas menggunakan SPSS (Field, 2009).

- a) Buka SPSS. Pilih *Variabel View*. Tuliskan YOR pada baris pertama dan Keterangan pada baris kedua. Klik *Values* pada baris keterangan sehingga muncul *Dialog Box Values*. Isikan *value* 1 dengan label Simulasi, dan 2 dengan aktual.



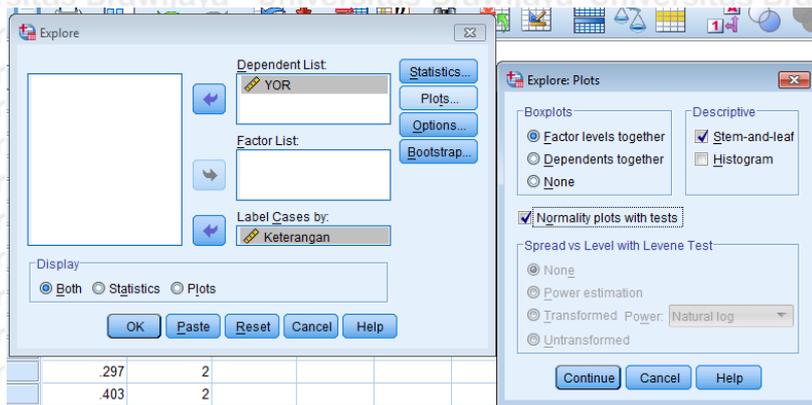
Gambar 2.16 Dialog Box Value Label
Sumber: data diolah (2017)

- b) Klik *Analyze – Descriptive Statistic – Explore*



Gambar 2.17 Analyze-Descriptive Statistics-Explore
Sumber: SPSS (2017)

- c) Setelah muncul *Dialog Box Explore*, masukkan YOR dalam *Dependent List* dan Keterangan dalam *Label Cases by*. Kemudian klik *Plot*, setelah muncul *Dialog Box Explore: Plot*, centang *Normality Plots with Tests*. Klik *Continue*. Klik *Ok*.



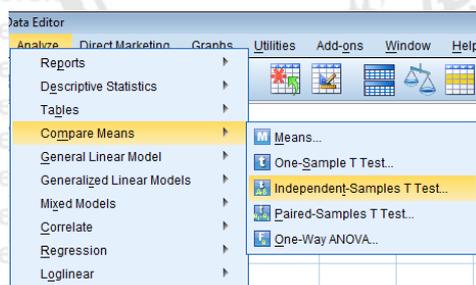
Gambar 2.18 Dialog Box Explore
Sumber: SPSS (2017)

d) *Output* hasil uji normalitas akan muncul. Kemudian *output* dapat dianalisa.

2. Uji Independensi

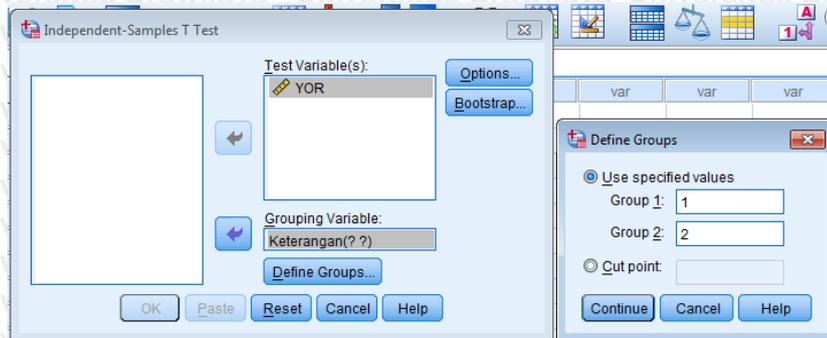
Uji independensi digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara hasil simulasi dengan data aktual. Jika tidak ada perbedaan maka model valid, karena telah merepresentasikan sistem aktual. Uji Independensi menggunakan T-test jika data berdistribusi normal, sedangkan jika data berdistribusi tidak normal, maka menggunakan Man-Whitney Test.

- Buka SPSS. Pilih *Variabel View*. Tuliskan YOR pada baris pertama dan Keterangan pada baris kedua. Klik *Values* pada baris keterangan sehingga muncul *Dialog Box*.
- Klik *Analyze – Compare Means – Independent Samples T-test*



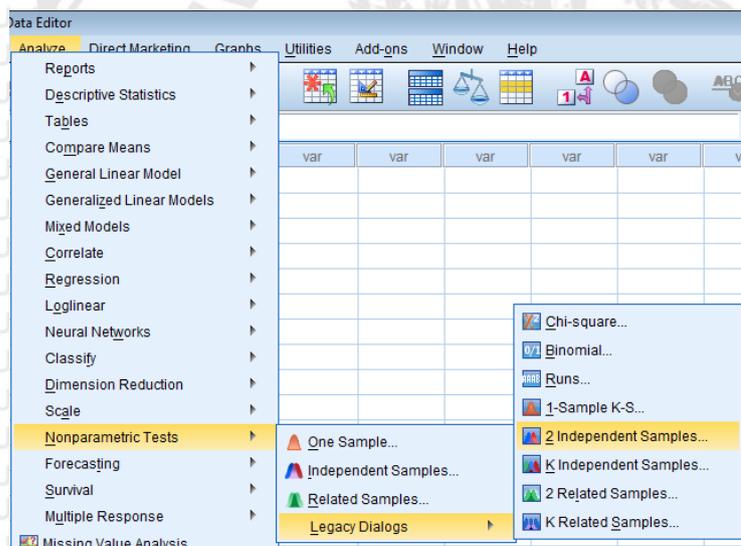
Gambar 2.19 Independent Samples T-test
Sumber: SPSS (2017)

- c) Saat muncul Dialog Box Independent Sample T-Test, masukkan YOR dalam *Test Variable* dan keterangan dalam *grouping Variable*. Pada *grouping variable* klik *define group* sehingga muncul *dialog box* baru. Isi *group 1* dengan 1 dan *group 2* dengan 2. Klik *continue*. Klik OK.



Gambar 2.20 Dialog Box Independent Samples T-test
Sumber: SPSS (2017)

- d) Untuk data yang tidak berdistribusi normal. Pada poin c, diganti menjadi *Analyze – Non Parametric Test – Legacy Dialogs – 2 Independent Samples*.



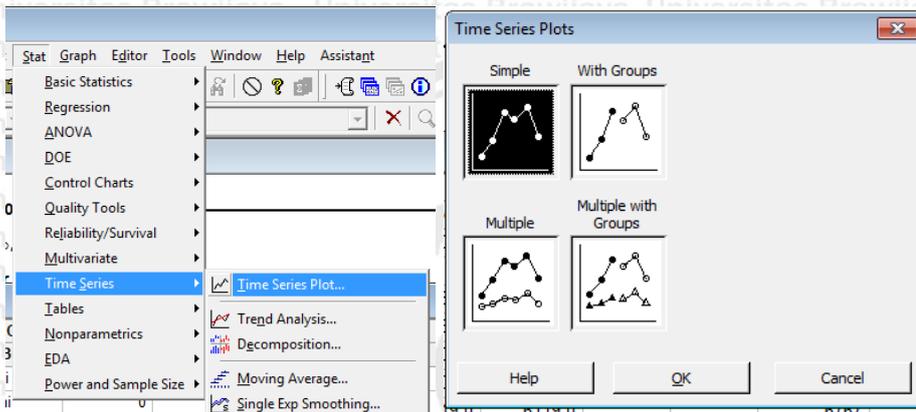
Gambar 2.21 Man-Whitney test
Sumber: SPSS (2017)

- e) Setelah muncul *Dialog Box 2 Independent Sampel Test*, masukkan YOR dalam *Test Variable* dan keterangan dalam *grouping Variable*. Pada *grouping variable* klik *define group* sehingga muncul *dialog box* baru. Isi *group 1* dengan 1 dan *group 2* dengan 2. Klik *continue*. Klik OK.
- f) Analisa hasil *output*. Jika tidak ada perbedaan, maka model dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk simulasi.

2.6.4 MiniTab

Minitab adalah *software* yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi bisnis dan juga memperbaiki kualitas melalui analisa data. Salah satunya adalah dengan melakukan *forecasting* atau peramalan. Penelitian ini menggunakan peramalan untuk mengetahui prediksi data arus impor-ekspor dermaga internasional hingga Desember 2023.

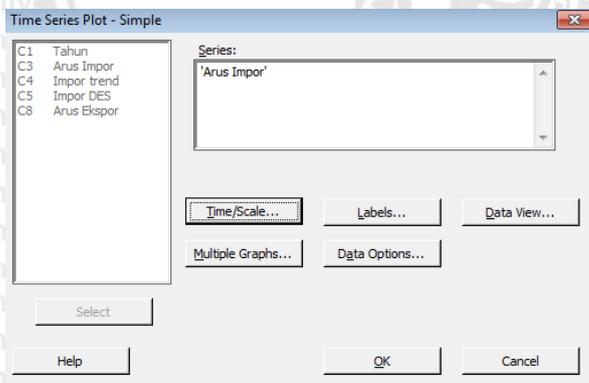
- Buka Minitab. Masukkan data historis arus peti kemas impor dan ekspor dalam kolom berbeda.
- Klik *Stat – Time Series – Time Series Plots – Simple – Ok*.



Gambar 2.22 Time Series Plot

Sumber: Minitab (2017)

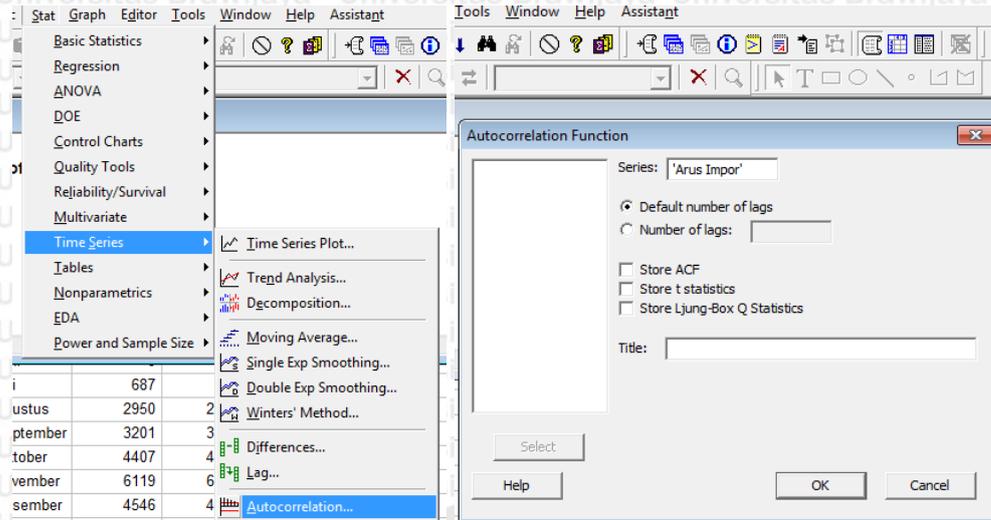
- Masukkan arus Impor dalam *Series*. Kemudian ulangi langkah untuk arus ekspor.



Gambar 2.23 Dialog Box Time Series Plot

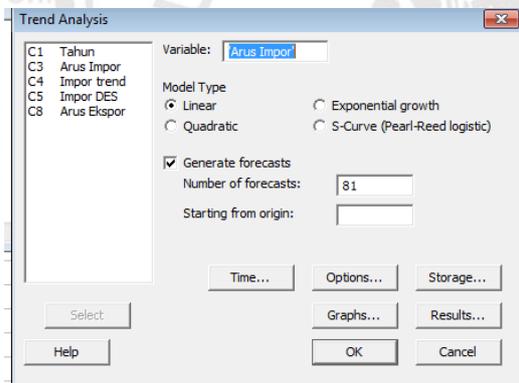
Sumber: Minitab (2017)

- Hasilnya berupa *Time Series Plot*. Kemudian dapat dianalisa data termasuk konstan, tren, atau musiman.
- Kemudian untuk mengetahui metode peramalan yang sesuai, dapat dilakukan Uji Autokorelasi. Uji ini melihat hubungan antara masing-masing data pada setiap periode waktu. Klik *Stat – Time Series – Autocorrelation Function*.



Gambar 2.24 Autocorrelation
Sumber: Minitab (2017)

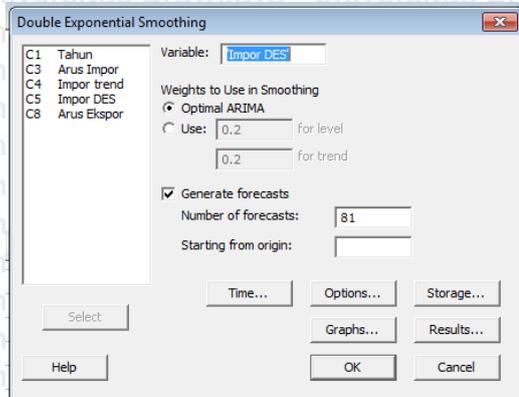
- f) Hasil dari uji korelasi dapat dianalisa untuk mengetahui metode apa yang paling tepat digunakan. Selanjutnya melakukan peramalan dengan cara klik *Stat – Time Series – Trend Analysis*. Masukkan Arus Impor sebagai variabel, pilih *Linear* pada *Model Type*. Centang *Generate Forecast*, isi 93 untuk *Number of Forecast* (April 2016 – Desember 2023). Klik ok.



Gambar 2.25 Dialog Box Trend Analysis
Sumber: Minitab (2017)

- g) Hasilnya adalah peramalan hingga Desember 2023. Kemudian dilakukan pengujian dari poin b hingga f untuk arus ekspor.

- h) Terakhir, menggunakan *Double Exponential Smoothing*. Dengan cara Klik *Stat – Time Series – Double Exponential Smoothing*. Masukkan Arus Impor sebagai variable, pada *Weight to Use in Smoothing*, Pilih optimal ARIMA. Centang *Generate Forecast*, isi 93 untuk *Number of Forecast*. Klik Ok.



Gambar 2.26 Dialog Box Double Exponential Smoothing

Sumber: Minitab (2017)

- i) Bandingkan MAPE, MAD, dan MSD dari kedua teknik peramalan tersebut. Teknik yang memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD terkecil yang akan dipilih.

Double Exponential Smoothing for Impor DES		Trend Analysis for Arus Impor	
* NOTE * Zero values of Yt exist; MAPE calculated only for non-zero Yt.		* NOTE * Zero values of Yt exist; MAPE calculated only for non-zero Yt.	
Data	Impor DES	Data	Arus Impor
Length	11	Length	11
		NMissing	0
Smoothing Constants		Fitted Trend Equation	
Alpha (level)	1.00271	Yt = 381 + 471*t	
Gamma (trend)	0.05159		
Accuracy Measures		Accuracy Measures	
MAPE	82	MAPE	38
MAD	1242	MAD	944
MSD	2523257	MSD	1290846

Gambar 2.27 MAPE, MAD, MSD Minitab

Sumber: Minitab (2017)

BAB III METODE PENELITIAN

Metode adalah tahap yang harus ditetapkan sebelum melakukan penyelesaian terhadap rumusan masalah yang sedang dibahas. Bab III ini akan menjelaskan mengenai tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eskperimental, yaitu sebuah studi yang menguji sebab akibat dari dua atau lebih variabel (Gravetter & Forzano, 2010). Studi tersebut secara objektif, sistematis, dan terkontrol dapat memprediksi atau mengontrol fenomena. Penelitian ini melakukan simulasi terhadap beberapa alternatif skenario proses bongkar-muat peti kemas untuk mengoptimalkan kapasitas dermaga internasional di PT Terminal Teluk Lamong.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada dermaga internasional di PT Terminal Teluk Lamong yang terletak di Jalan Raya Tambak Osowilangun Km. 12, Surabaya, Jawa Timur. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada bulan Februari 2016 sampai Juli 2017

3.3 Tahap Penelitian

Tahap-tahap yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pendahuluan, penyajian data, pengolahan data dan pembuatan model, serta analisis dan kesimpulan. Berikut ini adalah penjelasan dari tiap-tiap tahap yang dilakukan:

3.3.1 Tahap Pendahuluan

Serangkaian tahap-tahap pendahuluan dilakukan agar memperoleh informasi-informasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi kebutuhan dan pengerjaan penelitian. Tahap-tahap pendahuluan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang sebenarnya di lapangan mengenai sistem dan permasalahan yang ada. Observasi lapangan dilakukan untuk

mengetahui kondisi proses bongkar-muat pada PT Terminal Teluk Lamong di Surabaya.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan suatu tahap yang digunakan untuk mempelajari pustaka serta membaca sumber-sumber data informasi yang berhubungan sehingga dapat memahami permasalahan utama dalam penelitian secara teoritis. Studi pustaka dilakukan untuk memahami permasalahan ancaman *overcapacity* pada terminal peti kemas serta memahami metode simulasi yang dapat digunakan.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami persoalan yang ada pada perusahaan agar dapat merencanakan solusi pada permasalahan tersebut. Masalah yang ditemukan pada PT Teluk Lamong terdapat pada Bab Pendahuluan.

4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, maka dapat dibuat rumusan masalah yang terdapat pada Bab Pendahuluan.

5. Perancangan Tujuan

Tujuan penelitian perlu dirancangan dan ditetapkan agar penulisan skripsi dapat dilakukan dengan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang diangkat. Tujuan dari penelitian ini terdapat pada Bab Pendahuluan.

3.3.2 Tahap Penyajian Data

Tahap ini merupakan tahap mengumpulkan data yang diperlukan pada proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong. Selain itu, pada tahap ini juga menjelaskan tahapan dalam merancang model konseptual. Tahap-tahap penyajian data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan Pengambilan Data

Pengumpulan dan pengambilan data adalah pencatatan informasi yang digunakan untuk mendukung keberlangsungan penelitian. Penelitian ini menggunakan data sekunder dan data primer. Wawancara dan observasi digunakan sebagai teknik pengambilan data.

a. Observasi. Melalui pengamatan secara langsung di tempat penelitian yaitu PT Terminal Teluk Lamong dengan mengamati proses bongkar-muat peti kemas melalui CCTV *Live* dan rekaman serta melakukan *stopwatch time study*.

Kemudian, pengumpulan data skunder antara lain: profil PT Terminal Teluk Lamong; struktur organisasi PT Teluk Lamong; data jumlah kedatangan kapal; data YOR; data BOR; dan data arus peti kemas.

- b. Wawancara. Merupakan suatu cara untuk mendapatkan data atau informasi melalui tanya jawab secara langsung pada orang yang mengetahui tentang objek yang diteliti. Pada penelitian ini, wawancara dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan, antara lain proses kegiatan bongkar muat peti kemas, *dwelling time*, waktu standar tiap alat, target *box/hour* tiap alat.

2. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

Uji keseragaman dilakukan untuk memastikan data seragam sedangkan Uji kecukupan dilakukan untuk memastikan data yang akan diolah telah cukup. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Jika data tidak cukup, maka kembali melakukan pengambilan data sampai data cukup.

3. Identifikasi Sistem

Pada tahap ini, peneliti melakukan identifikasi sistem bongkar muat dari hasil wawancara dan observasi.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data dan Pembuatan Model

Tahap ini merupakan tahap dimana data yang disajikan kemudian diolah dan dibuat menjadi model dalam ARENA. Berikut adalah tahap-tahap pengolahan data dan pembuatan model yang dilakukan:

1. Perancangan Model Konseptual

Perancangan model konseptual dilakukan dengan menggunakan *Activity Cycle Diagram* (ACD) sebagai upaya untuk menerjemahkan kompleksitas sistem nyata ke dalam model yang disesuaikan dengan rumusan masalah yang ingin diselesaikan dan tujuan dilakukan permodelan.

2. Penentuan Distribusi dan Nilai Parameter

Data yang telah cukup dan *independent*, akan digunakan sebagai dasar pembuatan model. Data tersebut kemudian diolah dimulai dengan menentukan distribusi dari setiap *input* proses model sehingga dapat menggambarkan kejadian nyata. Penentuan distribusi menggunakan program EasyFit yang dijelaskan pada sub bab 2.6.1 EasyFit.

3. Perancangan Model ARENA

Model dibuat dengan alat yaitu program ARENA sesuai dengan model konseptual yang telah dirancang sebelumnya, yaitu *Activity Cycle Diagram* (ACD). Program

ARENA mampu membangun model *Discrete-Event Simulation*. Penjelasan mengenai program ARENA terdapat pada sub-bab 2.6.2 Arena.

4. Menentukan Jumlah Replikasi dan Menjalankan Simulasi

Menentukan jumlah replikasi yang dijalankan pada model simulasi melalui perhitungan rumus penentuan jumlah replikasi (2-14) dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Kemudian simulasi dijalankan sesuai jumlah replikasi yang didapat sehingga mendapatkan hasil simulasi

5. Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi memiliki logika proses yang sama dengan model konseptual yang mewakili sistem nyata. Langkah verifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Membandingkan model simulasi proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong dengan rancangan model konseptual proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong.
- b. Melihat rangkuman proses pada model simulasi proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong untuk melakukan pengecekan parameter, satuan, serta variabel.
- c. Mengamati animasi model proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong.
- d. *Debugging* atau melakukan kompilasi *error* pada model proses bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong.

Jika model simulasi telah lolos proses verifikasi, maka dapat dilanjutkan ke validasi. Jika model simulasi tidak lolos proses verifikasi, maka harus kembali melakukan pembuatan model.

6. Pilot Run

Sebelum Validasi dilakukan, simulasi harus terlebih dahulu dijalankan agar memperoleh *output* simulasi. Model ini dijalankan sesuai dengan parameter pada sistem bongkar muat PT Terminal Teluk Lamong karena sudah memiliki *output* nyata.

7. Validasi

Uji Validitas dilakukan dengan Uji Independensi untuk mengetahui apakah hasil simulasi telah mewakili sistem nyata. Uji Independensi yang digunakan bergantung pada jenis distribusi data, jika data berdistribusi normal, maka menggunakan T-test. Jika data tidak berdistribusi normal, menggunakan Man-Whitney Test. Jika data *independent*, maka model dinyatakan tidak valid, sehingga kembali ke tahap pengambilan data. Pengujian menggunakan program SPSS yang dijelaskan pada sub bab 2.6.3 SPSS

8. Menjalankan Simulasi

Simulasi akan dijalankan hingga Desember 2023 dengan melakukan peramalan arus ekspor dan impor. Pengoptimalan akan terjadi saat nilai YOR, BOR, atau Utilitas Peralatan melebihi standar yang ditetapkan setiap bulannya.

9. Menyusun Skenario

Jika ditemukan kondisi nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, maka perlu menyusun beberapa rancangan eksperimen yang akan dilakukan terhadap model simulasi setelah mengamati hasil simulasi proses bongkar-muat PT Terminal Teluk Lamong. Penyusunan Skenario bertujuan untuk mengoptimalkan nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan.

10. Pemilihan Skenario

Skenario yang telah disusun akan dipilih berdasarkan dampak atau pengaruhnya pada nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan. Skenario yang menghasilkan nilai YOR, BOR, dan Utilitas peralatan yang sesuai standar yang akan dipilih. Setelah itu, model akan disesuaikan dengan skenario terpilih, untuk selanjutnya dijalankan simulasi bulan berikut hingga Desember 2023. Data hingga bulan Desember 2023 adalah data hasil *forecasting*. *Forecasting* dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software* Minitab yang dijelaskan pada sub bab 2.6.4 Minitab.

3.3.4 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap dimana data yang diolah, dimodelkan, dan telah dijalankan simulasinya, kemudian dilakukan analisa. Tahap ini terdiri dari menganalisa hasil, kemudian memilih skenario terbaik, hingga kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Berikut ini adalah penjelasan tiap tahap analisis dan kesimpulan:

1. Analisis dan Interpretasi

Berdasarkan penelitian dengan *Discrete-Event Simulation* yang dilakukan meliputi menjalankan simulasi dan menyusun skenario, maka akan dilakukan analisis dan pembahasan untuk mencapai tujuan yang diinginkan dari penelitian ini, serta sebagai acuan untuk melakukan pemilihan skenario terbaik dan penarikan kesimpulan.

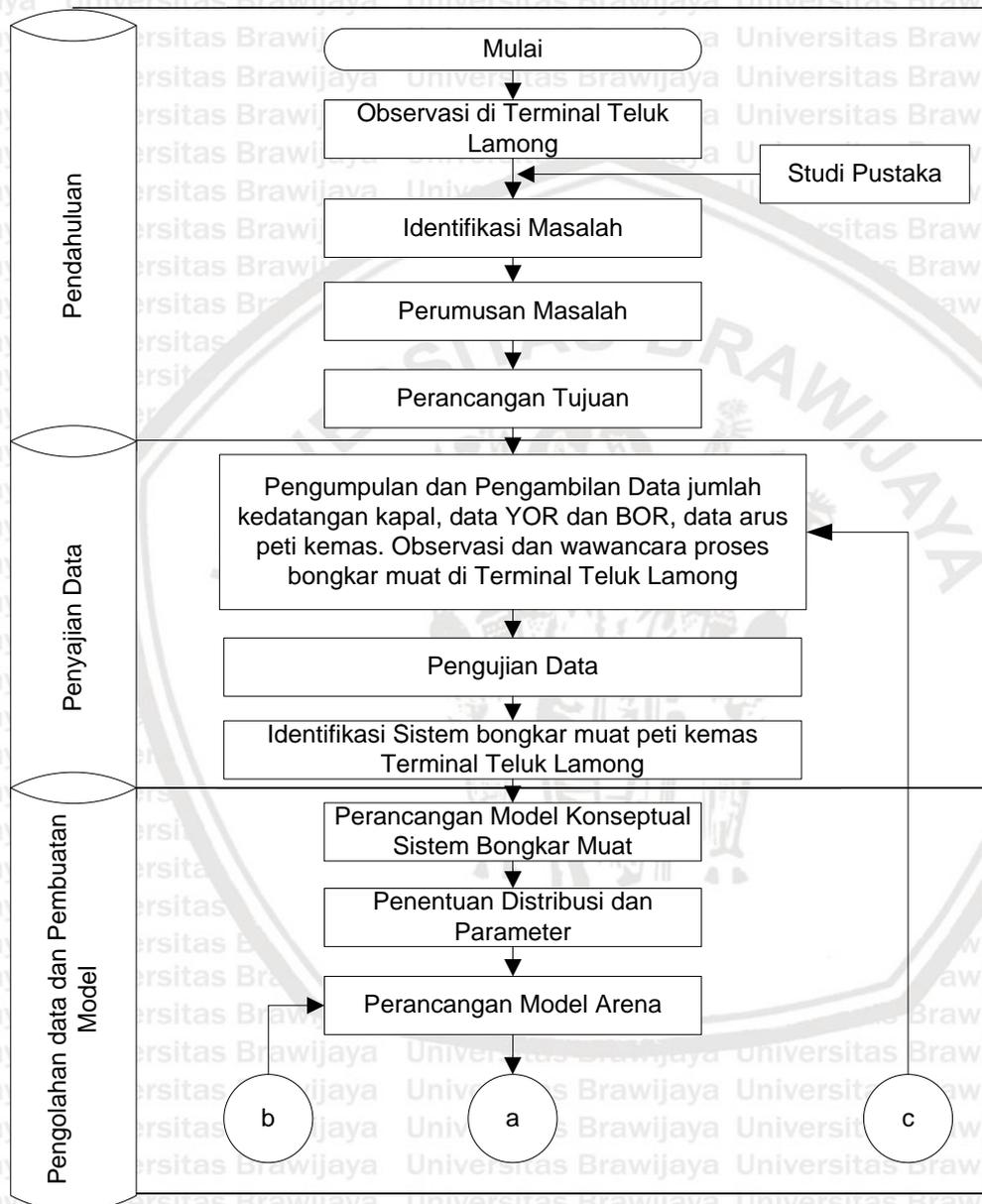
2. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran adalah bagian akhir dari keseluruhan rangkaian penelitian. Kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Saran merupakan masukan yang diberikan oleh peneliti bagi

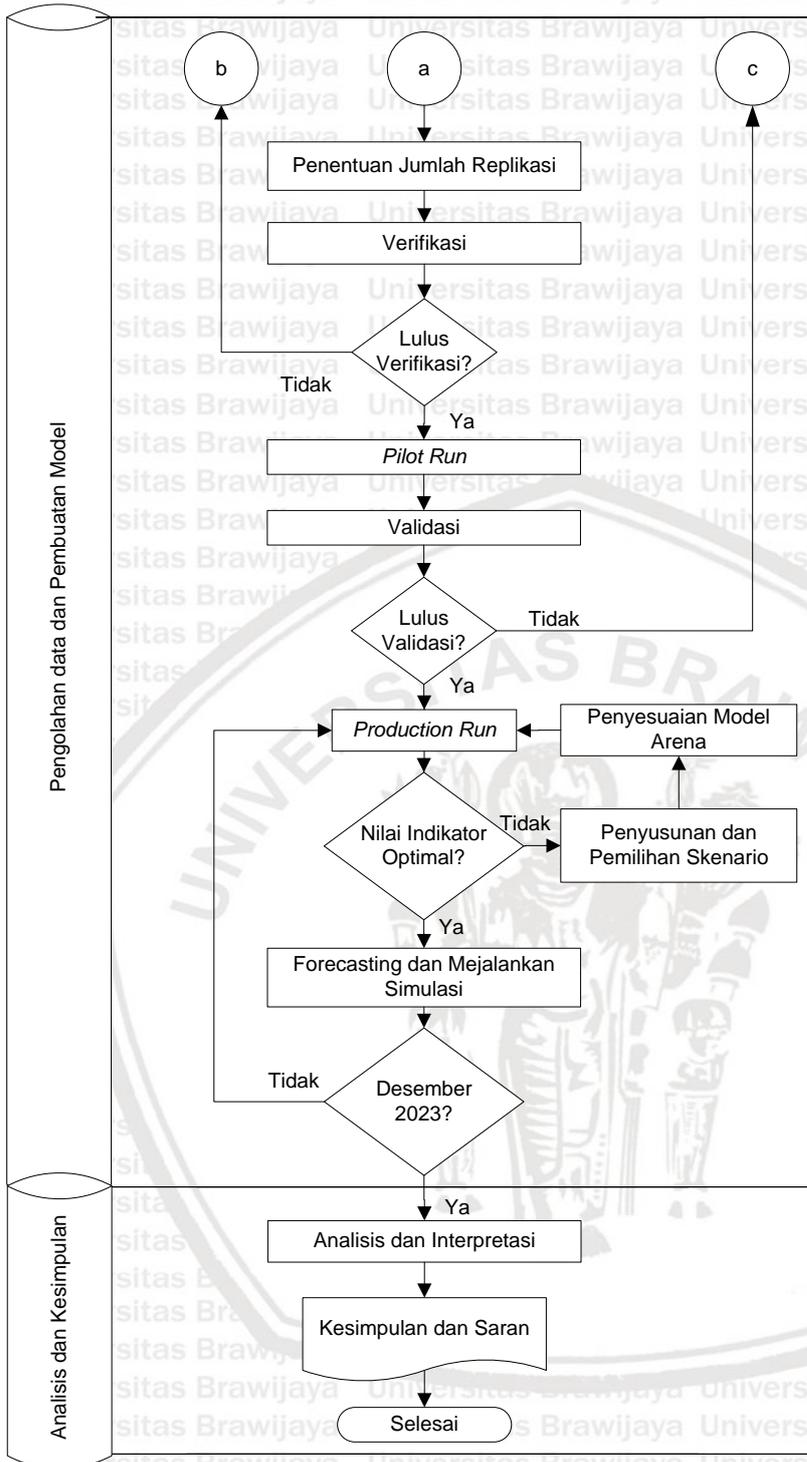
perusahaan maupun penelitian yang akan datang berkaitan dengan proses bongkar-muat PT Terminal Teluk Lamong.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir menunjukkan langkah langkah penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Gambar 3.1 berikut menunjukkan diagram alir penelitian:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian tahap pendahuluan, penyajian, dan pengolahan data serta pembuatan model



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian tahap pengolahan data dan pembuatan model serta analisis dan kesimpulan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi profil perusahaan, data yang telah diambil dan dikumpulkan, yang selanjutnya akan diolah dan dianalisa lebih lanjut untuk mendapatkan kesimpulan dan saran perbaikan.

4.1 Gambaran Umum PT Terminal Teluk Lamong

Bagian ini menjelaskan mengenai gambaran umum Terminal Teluk Lamong sebagai tempat penelitian yang meliputi profil Terminal Teluk Lamong, visi misi, struktur organisasi, dan jenis pelayanan atau jasa yang diberikan.

4.1.1 Profil Terminal Teluk Lamong

Terminal Teluk Lamong adalah terminal *multipurpose* yang menyediakan layanan untuk bongkar muat peti kemas, baik domestik maupun internasional, dan curah kering. Terminal Teluk Lamong dibangun dengan kade sedalam-13 LWS dan dilengkapi peralatan-peralatan tercanggih yang mendukung modernisasi dan otomatisasi pelayanan jasa kepelabuhan. Terminal Teluk Lamong beralamat di Jalan Raya Tambak Osowilangun Km. 12, Kelurahan Tambak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya.

Terminal Teluk Lamong diresmikan oleh Presiden Joko Widodo pada tahun 2015. Terminal Teluk Lamong mengusung konsep *Go Green* dengan menggunakan Bahan Bakar Gas dan meminimalisir emisi dari keseluruhan proses bisnisnya sebagai bentuk kontribusi terhadap keberlangsungan lingkungan hidup.

Terminal Teluk Lamong telah menginisiasi modernisasi operasi kepelabuhan dalam rangka mengurangi tingkat emisi dan pada saat yang sama mengefisiensikan biaya operasional melalui otomatisasi fasilitas pelabuhan yang diharapkan dapat mendatangkan manfaat bagi bisnis dan lingkungan. Terminal Teluk Lamong bekerjasama dengan Gaussin Manugistique sebagai *key partner* dengan tujuan bersama-sama meningkatkan performa pelabuhan.

Terminal Teluk Lamong menggunakan Teknologi Informasi dalam sebagian proses bisnisnya, dimana pelayanan jasa di Terminal Teluk Lamong menggunakan *online platform* sebagai medianya. Pengguna jasa pun dimudahkan dengan proses yang *paperless*, cepat, dan

mudah. Dengan sistem pelayanan ini, Terminal Teluk Lamong dapat benar-benar beroperasi 24 jam untuk pendaftaran dokumen bongkar maupun muat. Sistem pelayanan ini sekaligus yang pertama kali diadakan di lingkungan *maritime* Indonesia.

Terminal Teluk Lamong melewati beberapa tahap pembangunan, yaitu pembangunan Tahap I, Tahap II, Tahap III, dan Tahap IV. Tahap I berlangsung pada tahun 2010 hingga 2014. Pada fase ini pembangunan berfokus pada penempatan dan infrastruktur utama seperti dermaga, *container yard*, dan lahan *interchange*. Tahap II berlangsung antara rentang waktu tahun 2014 hingga 2016. Pada fase ini tidak banyak dilakukan pembangunan infrastruktur baru. Namun tahap II lebih berkonsentrasi pada penambahan jumlah peralatan bongkar muat, perluasan *container yard*, pembangunan dermaga curah kering beserta lapangan penumpukan dan pembangunan area *power plan*.

Tahap III dilaksanakan pada tahun 2016 hingga 2023. Hampir sama seperti tahap II, namun ada penambahan pembangunan area distribusi dan konsolidasi depo peti kemas menggunakan *monorail*. Selain itu ada penambahan fasilitas pelabuhan seperti *Container Crane*, *Ship Unloader*, *Automated Stacking Crane*, dan lain-lain. Tahap IV direncanakan akan dikerjakan pada tahun 2023 sampai 2030. Pada tahap ini di fokuskan pada perluasan lokasi dermaga serta *container yard* beserta penambahan peralatan fasilitas pelabuhan.

4.1.2 Visi dan Misi Terminal Teluk Lamong

Terminal Teluk Lamong memiliki visi, yaitu “Menjadi *Top Five* Terminal Operator di Kawasan ASEAN yang Berwawasan Lingkungan”.

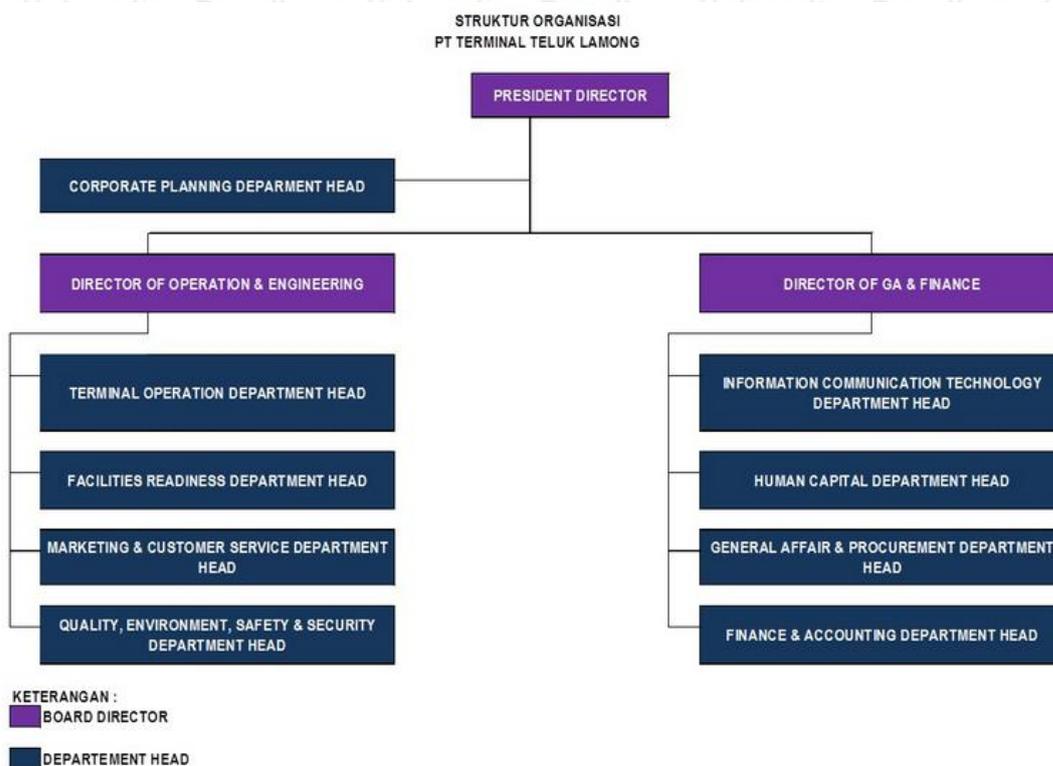
Untuk mewujudkan visi tersebut, Terminal Teluk Lamong bermisi untuk

1. Menyediakan pelayanan terminal yang terintegrasi pada industri pelayaran berdasarkan SLA dan SLG serta regulasi dan standar internasional
2. Menjamin pertumbuhan *profit* dan pengembangan perusahaan melalui pengelolaan terminal yang efisien, inovatif, dan penggunaan teknologi terdepan dan berwawasan lingkungan
3. Menjadikan pegawai yang kompeten dan berkinerja tinggi melalui pengembangan dan kesejahteraan

4.1.3 Struktur Organisasi Terminal Teluk Lamong

Terminal Teluk Lamong dipimpin oleh tiga direksi, yaitu Direktur Utama sebagai posisi tertinggi di perusahaan, Direktur Operasi dan Teknik yang bertanggung jawab terhadap seluruh operasi di terminal, dan yang terakhir adalah Direktur Keuangan.

Terdapat sembilan departemen yang dikepalai oleh kepala departemen dalam hal ini adalah manager, yang langsung bertanggung jawab kepada direktur sesuai bidang masing-masing.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi di Terminal Teluk Lamong

Sumber: www.teluklamong.co.id (diakses pada tanggal 1 November 2016)

4.1.4 Pelayanan di Terminal Teluk Lamong

Terminal Teluk Lamong memiliki dua pelayanan, yaitu layanan bongkar muat peti kemas dan curah kering.

1. Layanan Bongkar Muat Peti Kemas.

Pengguna Jasa dapat bertransaksi tanpa batas ruang dan waktu karena menggunakan fasilitas online berbasis web. PT Terminal Teluk Lamong melayani jasa peti kemas sebagai berikut: a) Bongkar-Muat Peti kemas Internasional dan Domestik; b) Pasang dan buka tali tambat kapal Internasional dan Domestik; c) Pasang dan buka *plug* petikemas *reefer* di kapal Internasional dan Domestik; d) Penumpukan Peti kemas Internasional dan Domestik; e) Penyediaan *reefer plug* dan pemantauan suhu peti kemas *reefer* di lapangan penumpukan; f) *Stripping* dan *Stuffing* CFS

2. Pelayanan curah kering

Komoditi yang dapat dilayani antara lain *soya bean meal* (SBM), pupuk, garam, gandum, raw sugar dan lain-lain. Terminal Teluk Lamong memiliki konveyor khusus dan beberapa alat khusus untuk menangani curah kering.

4.2 Penyajian Data

Berikut adalah hasil observasi dan *stopwatch time study* yang dilakukan di Terminal Teluk Lamong tentang proses bongkar muat peti kemas di dermaga internasional. Observasi dilakukan bulan Maret 2016 hingga Mei 2016. Data yang diambil berdasar kondisi aktual di Terminal Teluk Lamong saat sudah beroperasi.

4.2.1 Pengumpulan dan Pengambilan Data

Data yang diambil dan dikumpulkan dibagi menjadi beberapa macam, yaitu data arus ekspor dan impor, data kedatangan kapal, dan data proses setiap alat atau stasiun di proses bongkar muat. Berikut adalah penyajian dan penjelasan data yang diambil:

4.2.1.1 Data Arus Ekspor dan Impor

Data Arus ekspor dan arus impor di dermaga internasional berupa data sekunder yang dikumpulkan dari sistem Terminal Teluk Lamong. Data tersebut digunakan untuk perhitungan *Yard Occupancy Ratio* (YOR), *input* simulasi, dan peramalan hingga Desember 2023. Berikut adalah data arus ekspor dan impor:

Tabel 4.1
Data Arus Ekspor Impor di Dermaga Internasional TTL

Bulan	Bongkar/Impor	Muat/Ekspor	Total	YOR
Mei 2015	608 TEU	0 TEU	608 TEU	1,9 %
Juni 2015	0 TEU	0 TEU	0 TEU	0 %
Juli 2015	687 TEU	133 TEU	820 TEU	2,5 %
Agustus 2015	2.950 TEU	1.631 TEU	4.581 TEU	14,3 %
September 2015	3.201 TEU	1.864 TEU	5.065 TEU	15,8 %
Oktober 2015	4.407 TEU	5.091 TEU	9.498 TEU	19,6 %
November 2015	6.119 TEU	6.767 TEU	12.886 TEU	40,2 %
Desember 2015	4.546 TEU	6.398 TEU	10.944 TEU	34,2 %
Januari 2016	4.506 TEU	5.144 TEU	9.657 TEU	30,1 %
Februari 2016	3.967 TEU	4.565 TEU	8.620 TEU	26,6 %
Maret 2016	4.279 TEU	5.485 TEU	9.765 TEU	30,5 %

4.2.1.2 Data Kedatangan Kapal di Dermaga Internasional

Data kedatangan kapal juga merupakan data sekunder yang diberikan oleh Terminal Teluk Lamong, yang digunakan untuk menghitung *Berth Occupancy Ratio* (BOR). Data kedatangan kapal ini termasuk kapal yang melakukan bongkar maupun muat, tetapi hanya di dermaga internasional saja. Berikut adalah data kedatangan kapal di dermaga internasional:

Tabel 4.2
Data Arus Kedatangan Kapal

Bulan	Jumlah Kapal	BOR
Mei 2015	1	1 %
Juni 2015	0	0 %
Juli 2015	3	3 %
Agustus 2015	10	10 %
September 2015	13	13 %
Oktober 2015	19	19 %
November 2015	23	23 %
Desember 2015	17	17 %
Januari 2016	16	16 %
Februari 2016	17	17 %
Maret 2016	18	18 %

4.2.1.3 Data Proses Bongkar Muat

Data proses bongkar muat dikumpulkan dengan *Stopwatchtime study*, Peneliti mengamati proses bongkar muat dari CCTV dan rekaman CCTV. Setiap proses dilakukan 50 kali replikasi dengan asumsi bahwa beban kerja setiap *shift* kerja sama. Berikut adalah hasil untuk 5 kali replikasi, untuk selengkapnya ditampilkan dalam **Lampiran 1**

Tabel 4.3
Waktu Proses Bongkar/Impor

Replikasi	Waktu Proses Bongkar/Impor (dalam detik)							
	a	b	c	d	e	f	g	h
1	88	223	157	67	59	510	56	80
2	96	233	129	46	55	505	60	66
3	94	236	146	62	57	502	59	83
4	103	221	171	48	57	504	55	79
5	99	229	172	54	53	507	56	98

Tabel 4.4
Waktu Proses Muat/Ekspor

Replikasi	Waktu Proses Bongkar/Impor (dalam detik)							
	i	j	k	l	m	n	o	p
1	80	54	505	116	62	54	236	75
2	66	56	499	115	71	57	240	84
3	83	60	535	119	62	55	239	80
4	79	52	512	122	82	51	235	72
5	98	63	518	116	72	58	236	83

Keterangan:

- | | | | |
|---|----------------------------|---|----------------------------|
| a | = STS Bongkar | i | = Gate in |
| b | = Dermaga ke Lap. Buffer 1 | j | = Pertukaran HT ke CTT |
| c | = Lap. Buffer 1 ke CY | k | = Lap. Tukar ke Buffer 2 |
| d | = Penumpukan Peti kemas 1 | l | = Positioning |
| e | = Pengambilan Peti kemas 1 | m | = Penumpukan Peti Kemas 2 |
| f | = CY ke Lap. Tukar | n | = Pengambilan Peti Kemas 2 |
| g | = Pertukaran CTT ke HT | o | = CY ke Dermaga |
| h | = Gate Out | p | = STS Muat |

4.2.2 Pengujian Data

Pengujian data yang dilakukan adalah uji keseragaman dan kecukupan data untuk data waktu proses bongkar dan muat. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa data telah seragam dan cukup untuk dijadikan input simulasi dengan k sebesar 1,96 (dibulatkan menjadi 2) dan s sebesar 0,05. Berikut adalah perhitungan pengujian data waktu proses STS

Bongkar, untuk perhitungan waktu proses lainnya dapat melihat **Lampiran 2**.

Uji Keseragaman

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{4414}{50} = 88,275$$

$$\sigma_{\bar{t}} = 7,45$$

$$BKA = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 88,2 + 2(7,45) = 103,19$$

$$BKB = \bar{t} - k\sigma_{\bar{t}} = 88,2 - 2(7,45) = 73,36$$

Uji Kecukupan Data

$$N^1 = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (392.563) - (19.490.357)}}{4.415} \right)^2$$

$$N^1 = 11,3 \approx 12$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa untuk proses STS Bongkar memiliki batas atas sebesar 103 dan batas bawah sebesar 73, sehingga semua data yang diambil harus berada dalam rentang tersebut. Untuk kecukupan data, dibutuhkan pengambilan data sebanyak 12 (dua belas) kali. Hasil perhitungan keseragaman dan kecukupan data untuk masing-masing proses disajikan dalam Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5

Uji Keseragaman dan Kecukupan Data Proses STS Bongkar-CY ke Lapangan Tukar

No.	Proses	Uji Keseragaman Data				Uji Kecukupan Data		
		Min	BKB	Max	BKA	N	N ¹	Hasil
1	STS Anjungan Bongkar	75	73	103	103	50	12	Seragam dan cukup
2	STS Buritan Bongkar	75	73	103	103	50	12	Seragam dan cukup
3	Dermaga ke Lapangan Buffer 1	217	214	242	242	50	2	Seragam dan cukup
4	Lapangan Buffer 1 ke CY	129	124	175	179	50	13	Seragam dan cukup
5	Penumpukkan Peti Kemas 1	42	38	67	67	50	29	Seragam dan cukup
6	Pengambilan Peti Kemas 1	51	50	62	62	50	5	Seragam dan cukup
7	CY ke Lapangan Tukar	498	491	527	527	50	1	Seragam dan cukup

Tabel 4.6
Uji Keseragaman dan Kecukupan Data Proses Pertukaran CTT ke HT-STs Muat

No.	Proses	Uji Keseragaman Data				Uji Kecukupan Data		
		Min	BKB	Max	BKA	N	N ¹	Hasil
1	Pertukaran CTT ke HT	52	51	66	66	50	7	Seragam dan cukup
2	Gate Out	58	57	100	100	50	30	Seragam dan cukup
3	Gate in	65	63	100	100	50	20	Seragam dan cukup
4	Pertukaran HT ke CTT	50	49	63	64	50	7	Seragam dan cukup
5	Lapangan Tukar ke Lapangan Buffer 2	488	480	543	544	50	2	Seragam dan cukup
6	Positioning	108	107	123	123	50	2	Seragam dan cukup
7	Penumpukan Peti Kemas 2	52	51	82	82	50	21	Seragam dan cukup
8	Pengambilan peti kemas 2	47	47	71	71	50	16	Seragam dan cukup
9	CY ke Dermaga	232	231	245	245	50	1	Seragam dan cukup
10	STS buritan muat	72	71	97	97	50	10	Seragam dan cukup
11	STS anjungan muat	72	71	97	97	50	10	Seragam dan cukup

Tabel 4.5 Hasil Uji Keseragaman dan Kecukupan Data menunjukkan bahwa jumlah pengambilan yang dilakukan masing-masing proses telah seragam dan mencukupi, hal ini ditunjukkan Uji keseragaman data dengan $\min \geq \text{BKB}$ dan $\max \leq \text{BKA}$ sedangkan untuk kecukupan data $N > N^1$. Karena data waktu telah seragam dan cukup untuk dijadikan input simulasi, kemudian dapat dilakukan tahap berikutnya.

4.2.3 Identifikasi Sistem Bongkar Muat

Proses dibagi menjadi dua lini, yaitu proses impor dan ekspor. Proses impor melibatkan dua aktivitas utama, yaitu aktivitas bongkar dan aktivitas pengiriman. Sedangkan proses ekspor melibatkan dua aktivitas utama, yaitu aktivitas penerimaan dan aktivitas muat.

Pada proses Impor, kegiatan dimulai dengan kedatangan kapal pada dermaga internasional. Kemudian setelah kapal berhasil bersandar, proses bongkar mulai dilakukan. Proses ini dimulai dengan kegiatan pembongkaran peti kemas yang dilakukan oleh dua alat *Ship to Shore* (STS) sekaligus, satu alat bertugas untuk bagian buritan sedangkan satu lagi pada bagian anjungan. Setiap peti kemas yang dibongkar, langsung ditempatkan di *Combine Tractor Terminal* (CTT), setelah itu CTT mengangkut peti kemas dari dermaga menuju Lapangan *Buffer* pertama. Sesampainya di Lapangan *Buffer*, peti kemas diambil oleh *Straddle Carrier* (SC) dan dipindahkan ke rantai CY. Kemudian peti kemas diambil oleh *Automated Stacking Crane* (ASC) untuk ditumpuk di CY. Pada aktivitas ini, proses bongkar telah selesai, dimana petikemas akan menunggu selama rata-rata 4,5 hari (*dwelling time*) untuk kemudian melewati proses pengiriman.

Proses pengiriman dimulai dengan masuknya Head Truck (HT) ke lapangan Tukar. Disaat yang bersamaan, operator Gate In, memberitahukan operator ASC untuk mengambil peti kemas yang berada pada tumpukan di CY. ASC memindahkan peti kemas dari CY dan menempatkannya pada CTT. CTT mengangkut peti kemas dari CY ke Lapangan Tukar.

Setelah sampai di Lapangan Tukar, peti kemas dipindahkan oleh SC dari CTT ke HT yang sudah menunggu. Kemudian HT yang bermuatan peti kemas tersebut keluar dari Terminal Teluk Lamong untuk mengirim peti kemas ke konsumen.

Pada proses ekspor, aktivitas dimulai dari Penerimaan peti kemas. HT yang mengangkut peti kemas masuk dari Gate in menuju Lapangan Tukar. Sesampainya di Lapangan Tukar, SC memindahkan peti kemas dari HT ke CTT. Kemudian CTT mengangkut peti kemas menuju Lapangan Buffer 2. Di lapangan Buffer 2, CTT melakukan *positioning* ke tiga blok CY yang tersedia untuk kemudian ditangani oleh ASC. ASC mengambil peti kemas langsung dari CTT dan menumpuknya pada CY. Pada aktivitas ini, proses penerimaan telah selesai, peti kemas menunggu selama rata-rata 4.5 hari (*dwelling time*) untuk kemudian melewati proses muat.

Proses muat dimulai dengan datangnya kapal di dermaga internasional. Kemudian ASC mengambil peti kemas di tumpukan CY dan memindahkannya ke CTT. CTT mengangkut peti kemas dari CY ke Dermaga, selanjutnya STS melakukan pemuatan dengan memindahkan peti kemas dari CTT ke atas kapal.

4.3 Pengolahan Data dan Pembuatan Model

Tahap selanjutnya adalah merancang model konseptual yang akan digunakan sebagai pembandingan dengan sistem nyata. Setelah itu, menentukan distribusi dari masing-masing waktu proses dan nilai parameter untuk digunakan sebagai input simulasi. Kemudian merancang model simulasi dengan ARENA berdasarkan model konseptual. Selanjutnya, menentukan jumlah replikasi dengan melakukan *pilot run*. Setelah jumlah replikasi ditentukan, kemudian melakukan pengujian verifikasi dan validasi. Berikut adalah detail tahapan pengolahan data dan pembuatan model.

4.3.1 Perancangan Model Konseptual

Model konseptual dirancang berdasarkan identifikasi sistem bongkar muat di Terminal Teluk Lamong dermaga internasional yang sedang berjalan. Model Konseptual dibagi menjadi dua, yaitu proses impor dan proses ekspor yang dijelaskan pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.10. Model konseptual ini telah diverifikasi oleh *Staff Planner* Terminal Teluk Lamong. Gambaran keseluruhan proses dapat dilihat pada **Lampiran 3**

Tabel 4.7
Model Konseptual Impor Bongkar

Proses	Model Konseptual
<p>Kapal bersandar pada dermaga, kemudian dilakukan proses pembongkaran peti kemas oleh 2 STS sekaligus. STS ini memindahkan satu persatu peti kemas dari kapal ke CTT</p>	
<p>Kemudian CTT membawa peti kemas dari dermaga menuju lapangan Buffer. CTT berhenti di lapangan buffer, menunggu SC mengambil petikemas, kemudian CTT kembali lagi menuju dermaga tanpa membawa muatan</p>	
<p>SC memindahkan peti kemas dari lapangan buffer menuju lapangan penumpukan</p>	
<p>Kemudian ASC mengambil peti kemas yang berada di lapangan penumpukan untuk di tumpuk</p>	



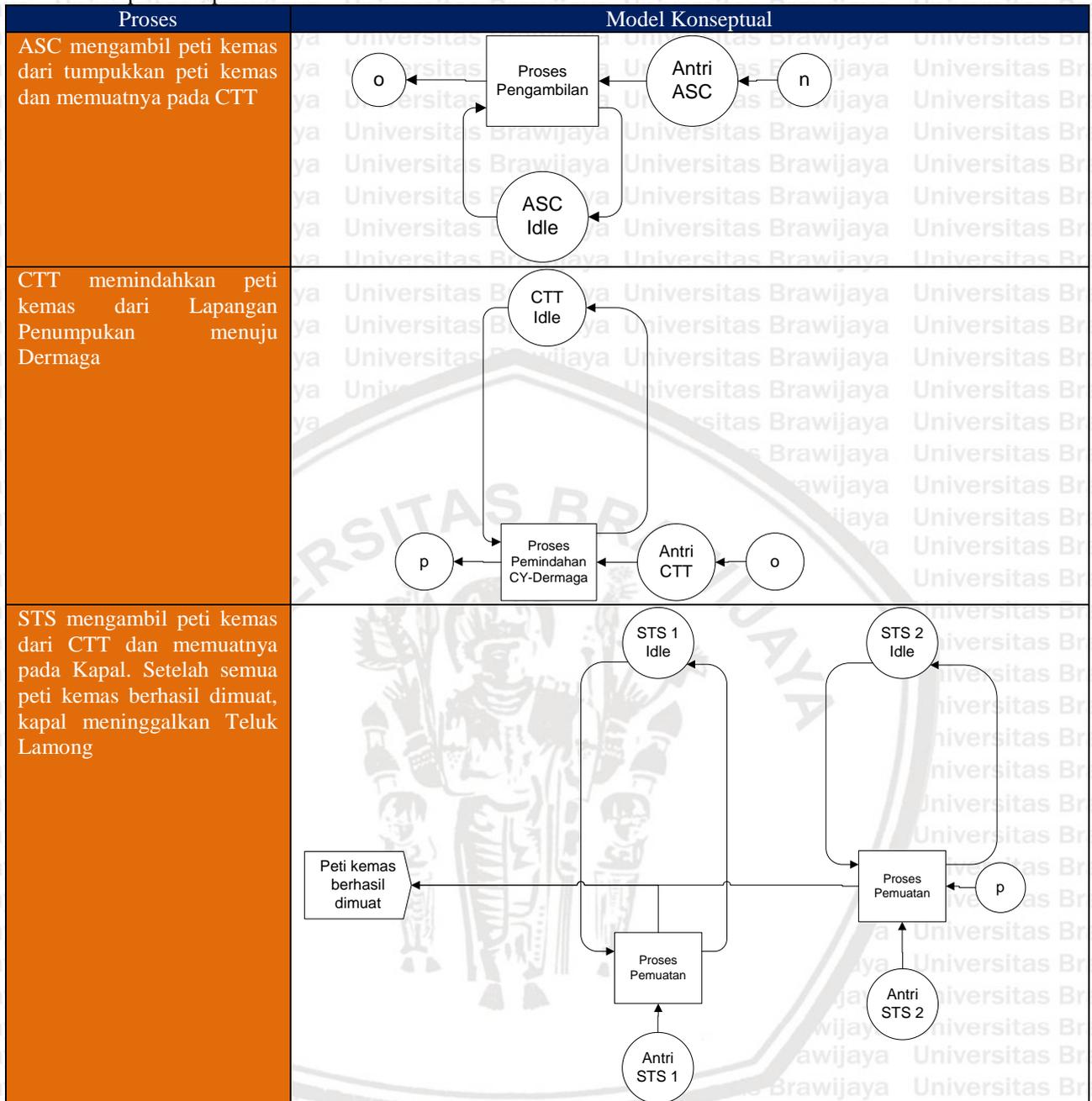
Tabel 4.8
Model Konseptual Impor Pengiriman

Proses	Model Konseptual
<p>Peti kemas berada di CY selama 4,5 hari sesuai dwelling time</p>	
<p>ASC mengambil peti kemas dari tumpukan peti kemas. ASC memuat peti kemas ke CTT</p>	
<p>CTT memindahkan peti kemas dari Lapangan penumpukkan menuju Lapangan Tukar</p>	
<p>SC memindahkan peti kemas dari CTT ke HT (truk milik konsumen)</p>	
<p>HT keluar dari Terminal Teluk Lamong membawa peti kemas</p>	

Tabel 4.9
Model Konseptual Ekspor Penerimaan

Proses	Model Konseptual
<p>HT masuk ke Terminal Teluk Lamong membawa muatan peti kemas. HT menuju Lapangan Tukar</p>	
<p>SC memindahkan peti kemas dari HT ke CTT</p>	
<p>CTT memindahkan peti kemas dari Lapangan Tukar menuju Lapangan Penumpukkan</p>	
<p>CTT melakukan positioning agar memudahkan ASC mengambil peti kemas langsung</p>	
<p>ASC mengambil peti kemas dari CTT dan melakukan proses penumpukkan</p>	
<p>Peti kemas berada di CY selama 3,5 hari sesuai dwelling time</p>	

Tabel 4.10
Model Konseptual Ekspor Muat



4.3.2 Penentuan Distribusi dan Nilai Parameter

Data yang diambil tidak bisa dijadikan sebagai input ARENA secara langsung, data waktu proses tersebut harus diketahui jenis distribusinya dan nilai parameternya. Penelitian ini menggunakan *Chi-Squared Goodness of Fit* dengan *Software EasyFit*. Berikut adalah salah satu perhitungan waktu proses STS Bongkar dengan α sebesar 0,05. Waktu STS Bongkar telah diuji dengan uji distribusi normal, uniform, dan triangular sehingga didapatkan hasil bahwa distribusi triangular yang paling sesuai.

H_0 : Data berdistribusi Triangular

H_1 : Data tidak berdistribusi Triangular

H_0 diterima jika Nilai Statistik < *Critical Value*

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.5397				
P-Value	0.7705				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

Gambar 4.2 Hasil Chi-Squared Goodness of Fit STS Bongkar

Karena Nilai Statistik < *Critical Value*, yaitu $2,53 < 11,07$, maka H_0 diterima, artinya Data Waktu Proses STS Bongkar berdistribusi Triangular. Selanjutnya dapat dilihat parameter dari Distribusi Triangular untuk Data Waktu Proses STS Bongkar.

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=7.4731$ $\mu=88.3$
2	Triangular	$m=85.0$ $a=72.477$ $b=106.24$
3	Uniform	$a=75.356$ $b=101.24$

Gambar 4.3 Nilai Parameter STS Bongkar dengan Distribusi Triangular

Untuk Data Waktu Proses STS Bongkar dengan distribusi Triangular, diketahui memiliki nilai parameter, yaitu $m=85$, $a=72,477$, dan $b=106,24$. Sedangkan untuk perhitungan masing-masing proses dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 disajikan hasil Uji *Chi-Squared Goodness of Fit* beserta Nilai Parameternya untuk masing-masing proses. Distribusi terpilih adalah distribusi dengan nilai *error chi-squared* paling kecil.

Tabel 4.11

Perbandingan Hasil Uji Chi-Squared dan Nilai Parameternya untuk Proses STS Bongkar-CY ke Lapangan Tukar

Proses	Hasil Error Chi-Square			Distribusi Pilihan
	Normal	Triangular	Uniform	
STS Anjungan Bongkar	2,8585	2,5397	N/A	Triangular (72,447;85;106,24)
STS Buritan Bongkar	2,8585	2,5397	N/A	Triangular (72,447;85;106,24)
Dermaga ke Lapangan Buffer 1	1,8479	6,4	N/A	Normal (6,9282;228,4)
Lapangan Buffer 1 ke CY	3,0471	15,22	1,7981	Uniform (128,34;176,18)
Penumpukkan Peti Kemas 1	2,1922	2,7092	N/A	Normal (7,2775;53,24)
Pengambilan Peti Kemas 1	2,1102	3,4007	N/A	Normal (3,1298;56,8)
CY ke lapangan Tukar	3,224	13,12	N/A	Normal (6,0562;507,66)

Tabel 4.12

Perbandingan Hasil Uji Chi-Squared dan Nilai Parameternya untuk Proses Pertukaran CTT ke HT-STS Muat

Proses	Hasil Error Chi-Square			Distribusi Pilihan
	Normal	Triangular	Uniform	
Pertukaran CTT ke HT	0,98692	0,6807	N/A	Triangular (56;51,38;72,194)
Gate Out	2,1572	1,3734	N/A	Triangular (79; 53,375; 104,9)
Gate in	2,6714	2,0844	N/A	Triangular (80; 61,917; 103,9)
Pertukaran HT ke CTT	3,7947	8,1305	N/A	Normal (3,81; 56,88)
Lapangan Tukar ke Lapangan Buffer 2	1,2002	6,34	N/A	Normal (16,167; 512,64)
Positioning	0,15439	1,2348	N/A	Normal (4,3753; 115,86)
Penumpukan peti kemas 2	5,6045	5,64760	N/A	Normal (8,1848; 67,22)
Pengambilan peti kemas 2	8,7429	2,8352	N/A	Triangular (66; 44,807; 68,571)
CY ke Dermaga	3,3281	2,8	N/A	Triangular (234,99; 245,33)
STS buritan muat	0,74187	2,1341	N/A	Normal (7,2399; 84,54)
STS anjungan muat	0,74187	2,1341	N/A	Normal (7,2399; 84,54)

4.3.3 Skenario Model ARENA

Model ARENA dirancang berdasarkan model konseptual yang telah dibuat. Model tersebut dibagi menjadi dua, yaitu alur ekspor dan alur impor. Walaupun model dibagi menjadi dua, namun alur proses tetap sama dengan model konseptual. Model ARENA memerlukan penyesuaian lain, yaitu penambahan *module create* untuk sisa peti kemas dari bulan sebelumnya. Model ARENA dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

4.3.4 Penentuan Jumlah Replikasi

Setelah model berhasil dirancang, dilakukan *pilot run* untuk menentukan sebaiknya berapa kali replikasi yang harus dilakukan agar *output* simulasi mewakili sistem nyata. Jika *Output* simulasi konstan, maka cukup dilakukan satu kali replikasi, namun jika *output*-nya berubah-ubah, maka dibutuhkan pengujian untuk menentukan berapa replikasi yang harus dilakukan. Tabel 4.13 menyajikan hasil *pilot run* untuk bulan Maret 2016 dengan sepuluh kali replikasi.

Tabel 4.13

Output Bulan Maret 2016

Replikasi	Output								
1	1.344	3	1.340	5	1.341	7	1.341	9	1.342
2	1.344	4	1.344	6	1.342	8	1.343	10	1.341

Berdasarkan Tabel 4.12 di atas, maka dilakukan penentuan jumlah replikasi untuk menentukan berapa replikasi yang harusnya dilakukan dengan taraf signifikansi 0,05. Bulan Maret 2016 digunakan karena data terakhir adalah pada bulan Maret 2016. Karena model ARENA yang dipakai sama, maka pengujian untuk *output* satu bulan sudah dapat mewakili bulan-bulan berikutnya.

$$n' = \left(\frac{Z_{\alpha/2} X S}{(t_{n-1}, \frac{\alpha}{2} X S)} \right)^2 \rightarrow n' = \left(\frac{1,96 X 1,47573}{\frac{(2,262 X 1,47573)}{\sqrt{10}}} \right)^2 = 6,04$$

Hasil penentuan jumlah replikasi menunjukkan bahwa untuk Model ARENA proses bongkar muat di Terminal Teluk Lamong adalah sebanyak 6 (enam) kali replikasi. Sehingga sepuluh replikasi yang telah dilakukan telah cukup.

4.3.5 Verifikasi dan Validasi

Model ARENA yang telah dibuat harus diuji apakah model tersebut telah sesuai dengan sistem nyata, baik alur proses bongkar muatnya, maupun hasil *output WIP* yang kemudian diolah menjadi YOR telah sesuai dengan sistem nyata. Untuk mengetahui hal itu, maka Model ARENA harus melewati tahap Verifikasi dan Validasi.

4.3.5.1 Verifikasi

Verifikasi bertujuan untuk memastikan Model ARENA yang dirancang telah sesuai dengan model konseptual berdasarkan sistem nyata. Ada 4 (empat) poin verifikasi model, yaitu:

1. Membandingkan Model ARENA dengan Model Konseptual

Masing-masing model dapat dilihat pada Lampiran 5 (untuk model ARENA) dan Lampiran 3 (untuk Model Konseptual). Model ARENA membutuhkan beberapa penyesuaian, tetapi alur proses telah sama dengan model konseptual dan merepresentasikan sistem nyata. Penyesuaian tersebut, seperti yang dijelaskan pada sub-bab 4.3.3, yaitu pemisahan menjadi dua alur proses dan penambahan *module create* untuk peti kemas yang tersisa di bulan sebelumnya.

2. Memeriksa *Input Parameter* dan Rangkuman Proses

Setiap proses dan *input parameter*-nya diperiksa yang bertujuan untuk memastikan satuan waktu dan distribusinya sudah sesuai dengan waktu proses sistem nyata. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan antara Input parameter pada Model ARENA dengan distribusi waktu dan parameter sistem nyata yang disajikan pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 di atas.

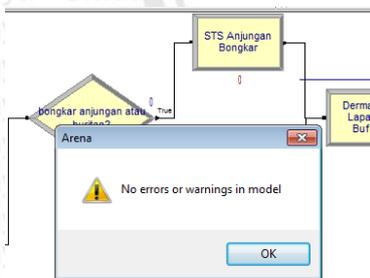
Process - Basic Process												
Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay ...	Units	Allocation	Mini...	Value	Maxi...	Std Dev	R...
1 ▶ STS Anjungan Bongkar	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	75	88.3	103	7.4731	✓
2 STS Buritan Bongkar	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	75	88.3	103	7.4731	✓
3 Dermaga ke Lapangan Buffer1	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	217	228.4	243	6.9282	✓
4 Lap Buffert1 ke CY	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Uniform	Seconds	Transfer	128.34	1	176.18	2	✓
5 Penumpukan Peti Kemas 1	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	60	53.24	109.88	7.2775	✓
6 Dwelling Time Impor	Standard	Delay	Med	0 rows	Constant	Days	Wait	4	4.5	6	2	✓
7 Pengambilan Peti Kemas 1	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	5	56.8	1.5	3.1298	✓
8 CY ke Lap Tukar	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	497	507.66	537	6.0562	✓
9 Pertukaran CTT ke HT	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Triangula	Seconds	Transfer	51.38	56	72.94	2	✓
10 Gate Out	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Triangula	Seconds	Transfer	53.375	79	104.9	16.32	✓
11 Gate In	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Triangula	Seconds	Transfer	61.917	80	103.9	13.681	✓
12 Pertukaran HT ke CTT	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	50	56.88	64	3.81	✓
13 Lap Tukar ke Buffer2	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	488	512.64	546	16.167	✓
14 Positioning	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	5	115.86	1.5	4.3753	✓
15 Penumpukan Peti Kemas 2	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	5	67.22	1.5	8.1848	✓
16 Dwelling Time Ekspor	Standard	Delay	Med	0 rows	Constant	Days	Wait	4	4.5	6	2	✓
17 Pengambilan Peti Kemas 2	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Triangula	Seconds	Transfer	44.867	66	68.571	8.791	✓
18 CY ke Dermaga	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Triangula	Seconds	Transfer	232	234.98	249	5.7516	✓
19 STS Buritan muat	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Transfer	5	84.54	1.5	7.2399	✓
20 STS Anjungan Muat	Standard	Seize Delay Release	Med	1 rows	Normal	Seconds	Value	5	84.54	1.5	7.2399	✓

Gambar 4.4 Input Parameter Model ARENA

Input parameter pada Model ARENA telah sesuai dengan distribusi waktu dan parameter sistem bongkar muat nyata, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap verifikasi berikutnya.

3. Kompilasi Error

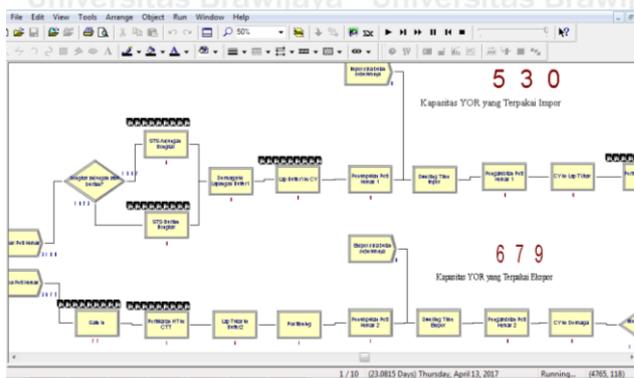
Mengidentifikasi *error* pada model dengan menjalankan *debugger*. Pada ARENA, cara tersebut dilakukan dengan cara klik *Run-Check Model*. Pada Gambar 4.5 ditampilkan hasil *debugger* dan dapat dilihat bahwa tidak terdapat *error* pada model ARENA.



Gambar 4.5 Check-Model Model ARENA

4. Pemeriksaan Animasi

Tahap ini dilakukan dengan melakukan *run* pada Model ARENA untuk mengetahui jalannya proses dan perpindahan dari satu proses ke proses berikutnya telah sesuai dengan alur proses model konseptual. Gambar 4.6 menunjukkan bahwa animasi telah berjalan lancar dan perpindahan entitas dari satu proses ke proses berikutnya telah sesuai dengan proses bongkar muat sistem nyata.



Gambar 4.6 Pemeriksaan animasi Model ARENA

4.3.5.2 Validasi

Setelah semua tahap verifikasi berhasil dilalui maka dilakukan validasi model. Validasi digunakan untuk menguji apakah hasil atau output dari Model ARENA telah sesuai dengan hasil dari sistem nyata. Penelitian ini melakukan validasi model ARENA dengan cara membandingkan *output* WIP yang kemudian diolah menjadi YOR pada model dengan YOR pada sistem bongkar muat peti kemas di dermaga internasional Terminal Teluk Lamong yang telah terjadi pada bulan Juli 2015-Maret 2016. Jika rata-rata YOR hasil olahan *Output* WIP Model ARENA memiliki rata-rata yang sama dengan YOR aktual, maka Model ARENA dinyatakan valid. Hasil *output* WIP yang diolah menjadi YOR Model ARENA dan YOR pada sistem nyata disajikan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14

Perbandingan YOR Model ARENA dengan YOR Aktual Bulan Juli 2015-Maret 2016

Bulan	Simulasi		YOR Aktual
	WIP (TEU)	YOR	
Juli 2015	111	$YOR \Rightarrow \frac{(111)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 2,3\%$	2,6%
Agustus 2015	626	$YOR \Rightarrow \frac{(626)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 13,0\%$	14,3%
September 2015	669	$YOR \Rightarrow \frac{(669)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 13,9\%$	15,8%
Oktober 2015	1.304	$YOR \Rightarrow \frac{(1304)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 27,2\%$	29,7%
November 2015	1.798	$YOR \Rightarrow \frac{(1798)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 37,5\%$	40,3%
Desember 2015	1.503	$YOR \Rightarrow \frac{(1503)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 31,3\%$	34,2%
Januari 2016	1.325	$YOR \Rightarrow \frac{(1325)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 27,6\%$	30,2%
Februari 2016	1.172	$YOR \Rightarrow \frac{(1172)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 24,4\%$	26,7%
Maret 2016	1.344	$YOR \Rightarrow \frac{(1344)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 28,0\%$	30,5%

Perbandingan dilakukan dengan melakukan Uji Independensi atau disebut juga Uji Beda. Sebelum melakukan Uji Independensi, terlebih dahulu dilakukan Uji Normalitas

untuk mengetahui Uji Independensi apa yang tepat digunakan. Berikut adalah pengujian

Normalitas yang dilakukan

H_0 : Data memiliki distribusi normal

H_1 : Data tidak memiliki distribusi normal

H_0 diterima jika $Sig. > 0,05$

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
YOR	.228	18	.014	.910	18	.086

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4.7 Hasil Uji Normalitas

Karena data kurang dari tiga puluh, maka tabel Shapiro-Wilk yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa nilai $sig.$ Shapiro-Wilk $> 0,05$, yaitu $0,08 > 0,05$, maka H_0 diterima, artinya data berdistribusi normal. Sehingga t -test digunakan untuk uji Independensi.

Berikut adalah Uji Independensi yang dilakukan dengan menggunakan t -test.

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$, Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata *output* YOR simulasi dengan YOR aktual

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$, Terdapat perbedaan antara rata-rata *output* YOR simulasi dengan YOR aktual

H_0 diterima jika *equal variances assumed Sig. (2-tailed)* $> 0,05$

		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
YOR	Equal variances assumed	2.185	.159	-1.372	16	.189
	Equal variances not assumed			-1.425	15.860	.174

Gambar 4.8 Hasil Uji t-test

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa *equal variances assumed sig. (2-tailed)* $> 0,05$, yaitu $0,189 > 0,05$, maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan antara rata-rata *output* YOR simulasi dengan YOR aktual. Karena tidak terdapat perbedaan hasil *output* Model ARENA dengan YOR aktual sistem nyata, maka Model ARENA dinyatakan valid.

4.4 Pengoptimalan Kapasitas Dermaga Internasional

Simulasi dilakukan dengan menjalankan sebanyak 10 (sepuluh) kali replikasi untuk bulan yang sama. Setiap bulannya dilakukan dengan simulasi yang terpisah karena adanya *input* yang berbeda dan tambahan *input* dari bulan sebelumnya. Simulasi pertama dilakukan pada bulan Agustus 2015 dimana Dermaga Internasional Teluk Lamong beroperasi secara penuh dan tidak ada sisa peti kemas dari bulan Juli 2015.

Simulasi dijalankan hingga Desember 2023, setiap bulannya akan dilakukan analisa nilai YOR dan Utilitas peralatan dari hasil simulasi sedangkan nilai BOR didapat dari hasil perhitungan. Nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang terlalu kecil atau melebihi standar menjadi alasan dilakukannya pengoptimalan. Standar untuk YOR dan BOR adalah mendekati 70% tetapi tidak lebih besar dari 70%. Sedangkan untuk Utilitas Peralatan adalah tidak lebih besar dari 90%.

Pengoptimalan bertujuan untuk menurunkan atau menaikkan nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan agar memenuhi standar yang telah ditetapkan sehingga tidak terjadi kongesti dan atau stagnasi. Kondisi aktual Teluk Lamong, yaitu memiliki kapasitas CY sebanyak 4.797 TEU, dermaga dengan panjang 500m, dan berbagai peralatan yang dapat dilihat pada table 4.19. Kemudian setelah dilakukan pengoptimalan akan menggunakan model terbaru untuk simulasi bulan berikutnya. Setelah simulasi dilakukan hingga tahun 2023, didapatkan hasil yang dirangkum dalam Tabel 4.15. Sedangkan untuk detail setiap pengoptimalan akan dijelaskan dalam sub-bab 4.4.2 hingga 4.4.21.

Tabel 4.15
Rangkuman Pengoptimalan Tahun 2016-2023

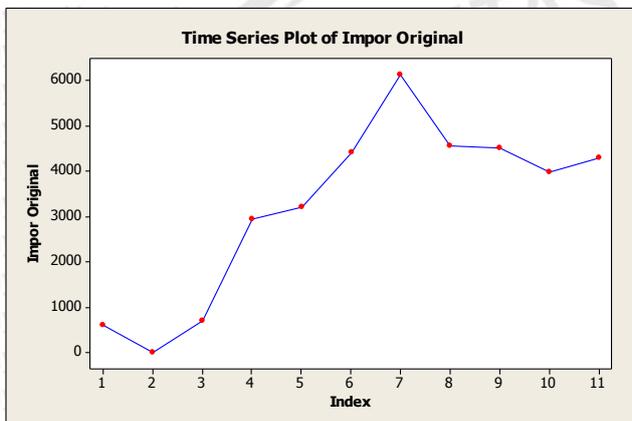
Pengoptimalan	Skenario Perbaikan		
	Kapasitas CY	Panjang Dermaga	Peralatan
I	-	-	Mengurangi CTT Dermaga menjadi 2, CTT Lapangan Tukar menjadi 3, dan alat lain menjadi 1
II	Menjadi 6.396 TEU	-	-
III	Menjadi 7.995 TEU	Menjadi 770m	-
IV	-	-	Penambahan SC Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
V	Menjadi 9.595 TEU	-	-
VI	Menjadi 11.193 TEU	Menjadi 1.040m	-
VII	-	-	Penambahan STS sebanyak 1 (satu) pasang
VIII	-	-	Penambahan SC Depan sebanyak 1 (satu) buah
IX	Menjadi 12.792 TEU	-	Penambahan Gate In sebanyak 1 (satu) buah
X	-	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XI	Menjadi 14.391 TEU	Menjadi 1.310m	-
XII	-	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XIII	Menjadi 15.990 TEU	-	-
XIV	-	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XV	-	-	Penambahan SC Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XVI	-	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XVII	-	-	Penambahan SC Depan sebanyak 1 (satu) buah
XVIII	Menjadi 17.589 TEU	Menjadi 1.580m	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XIX	-	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah
XX	Menjadi 19.188	-	Penambahan CTT Lap. Tukar sebanyak 1 (satu) buah

4.4.1 Peramalan

Peramalan adalah proses yang harus dilakukan sebelum melakukan simulasi maupun pengoptimalan. Peramalan digunakan untuk meramalkan data kedatangan kapal untuk perhitungan nilai BOR serta data arus peti kemas ekspor dan impor untuk input simulasi. Peramalan dilakukan hingga Desember 2023. Peramalan menggunakan *software* minitab yang telah dijelaskan pada Bab II. Metode yang digunakan adalah *time series* karena data yang diramalkan adalah data yang mengalami peningkatan seiring waktu. Hasil peramalan ini dapat dilihat lebih lengkap pada **Lampiran 6**.

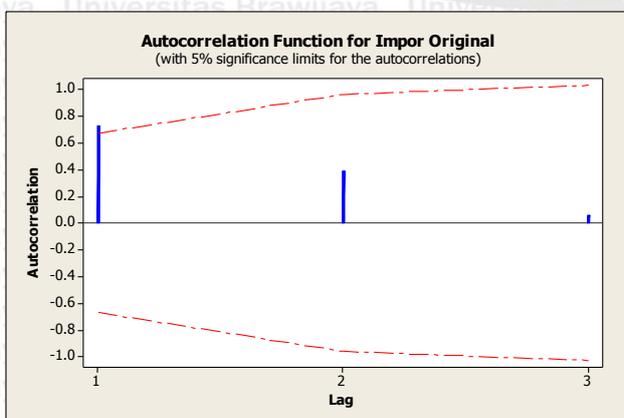
1. Peramalan Arus Peti Kemas Impor

Sebelum melakukan peramalan, dilakukan analisis untuk mengetahui jenis data dan jenis peramalan yang bisa dilakukan. Semua analisis tersebut dihasilkan dari pengujian menggunakan minitab.



Gambar 4.9 Hasil *Time Series Plot* arus impor

Hasil *time series plot* menunjukkan bahwa data arus impor tidak konstan atau mengalami perubahan seiring waktu, perubahan yang terjadi adalah perubahan positif atau mengalami peningkatan. Selanjutnya dilakukan uji Autokorelasi untuk mengetahui jenis peramalan yang bisa digunakan.



Gambar 4.10 Hasil *Autocorrelation function* arus impor

Uji Autokorelasi dilakukan untuk melihat hubungan antara masing-masing data pada setiap periode. Pada Gambar 4.10 menunjukkan data arus impor pada periode awal kondisi *lag* jauh berbeda dari 0 (nol) namun pada periode akhir kondisi *lag* mendekati 0 (nol), maka data dinyatakan memiliki pola tren. Sehingga peramalan yang bisa digunakan adalah *Trend Analysis* dan *Double Exponential Smoothing*. Setelah peramalan dilakukan, selanjutnya memilih metode peramalan yang paling sesuai dengan melihat nilai MAPE, MAD, MSD.

Tabel 4.16
Perbandingan Peramalan untuk Arus Impor

Indikator	Trend Analysis	DES
MAPE	38	82
MAD	944	1242
MSD	1290846	2523257

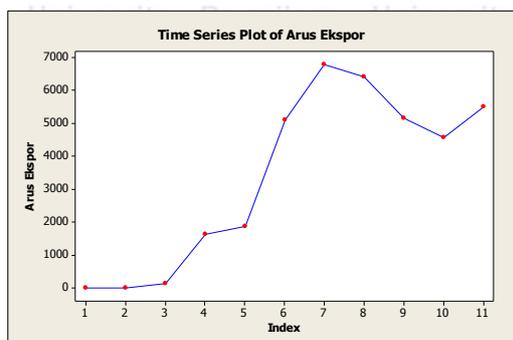
Tabel 4.16 menunjukkan nilai MAPE, MAD, dan MSD antara metode *trend analysis* dan *double exponential smoothing*. Hasil menunjukkan bahwa metode *double exponential smoothing* memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang lebih besar.

Sehingga metode *trend analysis* adalah metode yang dipilih karena memiliki nilai *error* yang lebih kecil.

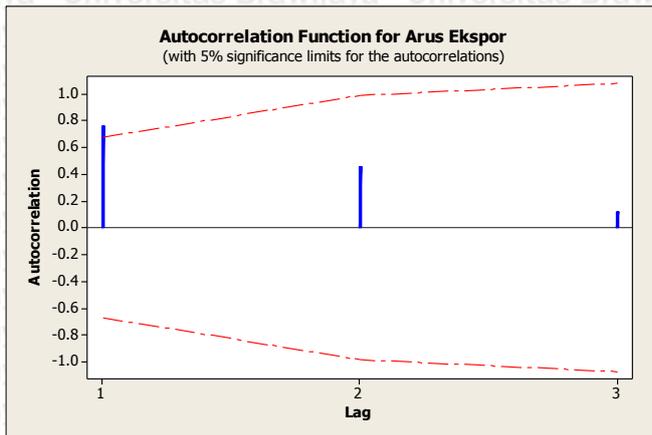
2. Peramalan Arus Peti Kemas Ekspor

Selanjutnya untuk Arus Peti Kemas Ekspor dilakukan serangkaian pengujian yang sama dengan Arus peti Kemas Impor. Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan hasil uji *time series plot* dan uji autokorelasi menggunakan minitab.

Data arus peti kemas ekspor terlihat mengalami perubahan positif atau meningkat seiring waktu. Sedangkan dari uji autokorelasi diketahui bahwa data arus ekspor pada periode awal *lag* menjauhi 0 (nol) namun pada periode akhir *lag* mendekati 0 (nol), sehingga data bersifat *trend* dengan metode terbaik untuk digunakan adalah *trend analysis* dan *double exponential smoothing*.



Gambar 4.11 Hasil *Time Series Plot* arus ekspor



Gambar 4.12 Hasil *Autocorrelation function* arus ekspor

Selanjutnya dicari metode peramalan terbaik antara *trend analysis* dan *double exponential smoothing* dengan cara membandingkan nilai MAPE, MAD, MSD. Nilai tersebut disajikan pada Tabel 4.17 berikut:

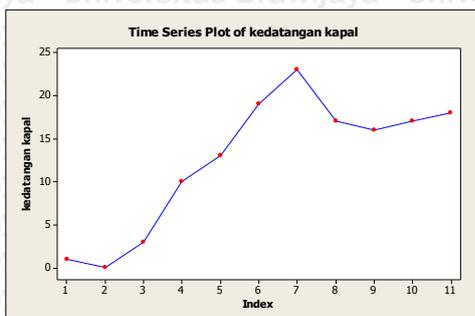
Tabel 4.17
Perbandingan Peramalan untuk Arus Ekspor

Indikator	Trend Analysis	DES
MAPE	125	34
MAD	1116	1093
MSD	1804976	1902834

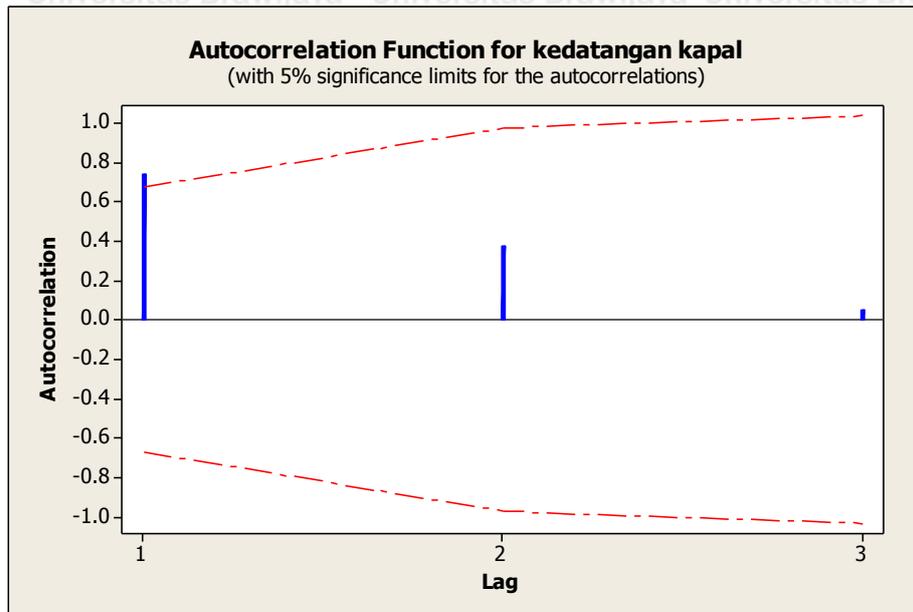
Metode terpilih adalah *Double Exponential Smoothing* karena memiliki nilai MAPE dan MAD yang lebih kecil, walaupun MSD lebih besar. MSD mengindikasikan adanya satu data *error* yang besar pada DES. Namun karena MAD lebih kecil, berarti DES memiliki jumlah *error* yang lebih sedikit dibanding *trend analysis*.

3. Peramalan Kedatangan Kapal

Terakhir untuk data kedatangan kapal juga dianalisa menggunakan minitab. Hasil uji *time series plot* dan uji autokorelasi menunjukkan bahwa data mengalami perubahan positif. Periode awal menunjukkan bahwa *lag* menjauhi 0 (nol) sedangkan periode akhir menunjukkan *lag* mendekati 0 (nol). Maka data bersifat *trend* dengan metode peramalan terbaik adalah *trend analysis* dan *double exponential smoothing*.



Gambar 4.13 Hasil *Time Series Plot* kedatangan kapal



Gambar 4.14 Hasil Autocorrelation function kedatangan kapal

Untuk data Kedatangan Kapal, metode yang digunakan adalah metode *trend analysis* karena memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang lebih kecil jika dibandingkan dengan metode *Double Exponential Smoothing*. Perbandingan MAPE, MAD, dan MSD disajikan dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18

Perbandingan Peramalan untuk Kedatangan Kapal

Indikator	Trend Analysis	DES
MAPE	45	96
MAD	3,5	3,9
MSD	17,8	19,9

4.4.2 Pengoptimalan I

Bulan Maret 2016 memiliki peti kemas impor sebanyak 4.279 TEU dan peti kemas ekspor sebanyak 5.485 TEU. Jumlah ini kemudian ditambah dengan peti kemas yang tersisa dari bulan sebelumnya, yaitu bulan Februari 2016 dengan peti kemas impor sebesar 547 TEU dan peti kemas ekspor sebanyak 625 TEU. Hasil dari simulasi bulan Maret 2016 dengan model aktual disajikan dalam Tabel 4.19 Hasil Simulasi YOR Bulan Maret 2016

Tabel 4.19

Hasil Simulasi YOR Kondisi Aktual Bulan Maret 2016

Impor	WIP	Ekspor	WIP
Dermaga ke Lap. Buffer	0	Dwelling Time Ekspor	751
Dwelling Time Impor	593	Gate In	0
Lap. Buffer 1 ke CY	0	Lap. Tukar ke Buffer 2	0
Penumpukan Peti Kemas 1	0	Penumpukan Peti Kemas 2	0
STS Anjungan Bongkar	0	Pertukaran HT ke CTT	0
STS Buritan Bongkar	0	Positioning	0
Total	593	Total	751

Hasil simulasi tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus YOR untuk mengetahui kapasitas dermaga internasional yang terpakai. Kapasitas total yang tersedia pada dermaga internasional Teluk Lamong adalah 3 (tiga) blok dengan setiap bloknya memiliki kapasitas 1.599 TEU.

$$YOR = \frac{Capacity\ Used}{Capacity\ Available} \times 100\% \rightarrow \frac{(593 + 751)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 28\%$$

Kemudian indikator selanjutnya adalah nilai BOR. Nilai ini tidak dihasilkan dari simulasi melainkan dari jumlah kapal yang bersandar di Terminal Teluk Lamong pada bulan Maret 2016, baik ekspor maupun impor, adalah sebanyak 18 kapal.

$$BOR = \frac{Vs \times St \times (Panjang\ Kapal + 5)}{WE \times Panjang\ Dermaga} \times 100\% \rightarrow \frac{18 \times 21 \times (168 + 5)}{(24 \times 30) \times 500} \times 100\% = 18\%$$

Indikator terakhir adalah utilitas peralatan yang di dapat dari hasil simulasi proses bongkar muat di Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamong. Utilitas Peralatan disajikan dalam tabel 4.20.

Tabel 4.20
Hasil Simulasi Utilitas Peralatan Bulan Maret 2016

Alat	Jumlah Alat	Utilitas
ASC Ekspor Ambil	2	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,067}{1} = 6,7\% \approx 7\%$
ASC Ekspor Tumpuk	3	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,051}{1} = 5,1\% \approx 5\%$
ASC Impor Ambil	2	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,050}{1} = 5,0\% \approx 5\%$
ASC Impor Tumpuk	3	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,03}{1} = 3,0\% \approx 3\%$
CTT Dermaga	15	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,06}{1} = 6,0\% \approx 6\%$
CTT Lap. Tukar	15	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,139}{1} = 13,9\% \approx 14\%$
HT in (operator)	1	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,188}{1} = 18,8\% \approx 19\%$
HT out (operator)	1	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,141}{1} = 14,1\% \approx 14\%$
Park	3	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,088}{1} = 8,8\% \approx 9\%$
SC Depan	2	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,136}{1} = 13,6\% \approx 14\%$
SC Lap. Tukar	1	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,238}{1} = 23,8\% \approx 24\%$
STS Anjungan	1	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,175}{1} = 17,5\% \approx 18\%$
STS Buritan	1	$\frac{Number\ busy}{Number\ Scheduled} \times 100\% = \frac{0,175}{1} = 17,5\% \approx 18\%$

Simulasi dan perhitungan menunjukkan bahwa nilai YOR sebesar 28%, BOR sebesar 18%, dan Utilitas peralatan paling besar 24%. Indikator tersebut masih jauh dari nilai standar

pelabuhan, yaitu YOR dan BOR mendekati dan maksimal 70% serta utilitas peralatan mendekati 80% dan tidak lebih dari 90%. Sehingga perlu dilakukan pengoptimalan proses bongkar muat pada Dermaga Internasional Teluk Lamong.

4.4.2.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan I

Pengoptimalan yang dapat dilakukan adalah mengurangi jumlah alat untuk menambah utilitas alat. Skenario perbaikan yang diajukan adalah 4 (empat) skenario. Skenario I mengurangi jumlah alat CTT Dermaga menjadi 3, CTT Lapangan Tukar menjadi 3, dan Alat lain menjadi 1. Skenario II mengurangi jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 2 dan Alat lain menjadi 1. Skenario III mengurangi jumlah alat CTT Lapangan Tukar dan CTT Dermaga menjadi 2 serta Alat lain menjadi 1. Sedangkan Skenario IV mengurangi jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 3, CTT Dermaga menjadi 2, dan alat lain menjadi 1.

Tabel 4.21
Skenario Perbaikan Bulan Maret 2016

Alat	Jumlah Alat				
	Aktual	Skenario			
		I	II	III	IV
ASC Ekspor Ambil	2	1	1	1	1
ASC Ekspor Tumpuk	3	1	1	1	1
ASC Impor Ambil	2	1	1	1	1
ASC Impor Tumpuk	3	1	1	1	1
CTT Dermaga	15	3	1	2	2
CTT Lap. Tukar	15	3	2	2	3
HT in (operator)	1	1	1	1	1
HT out (operator)	1	1	1	1	1
Park	3	1	1	1	1
SC Depan	2	1	1	1	1
SC Lap. Tukar	1	1	1	1	1
STS Anjungan	1	1	1	1	1
STS Buritan	1	1	1	1	1

4.4.2.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan I

Skenario yang dipilih adalah skenario yang menghasilkan nilai Utilitas Peralatan yang optimal, yaitu mendekati 80% serta tidak lebih dari 90%. Setelah semua skenario I sampai dengan skenario IV dijalankan, kemudian didapatkan hasil utilitas alat yang disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22
Hasil Simulasi Skenario Perbaikan Bulan Maret 2016

Alat	Utilitas				
	Aktual	Skenario			
		I	II	III	IV
ASC Ekspor Ambil	7%	13,5%	12,3%	12%	13,5%
ASC Ekspor Tumpuk	5%	15,5%	14%	14%	15,5%
ASC Impor Ambil	5%	10,1%	10,1%	10%	10,1%
ASC Impor Tumpuk	3%	9,5%	9,5%	9,5%	9,5%
CTT Dermaga	6%	31,7%	89%	44%	47,5%
CTT Lap. Tukar	14%	69%	94,6%	94,5%	69,7%
HT in (operator)	19%	18%	18,93%	18,9%	18,9%
HT out (operator)	14%	14%	12,75%	12,85%	14,1%
Park	9%	26%	24,2%	24%	26,7%
SC Depan	14%	27%	27,3%	27,3%	27,3%
SC Lap. Tukar	24%	24%	22,82%	23%	23,9%
STS Anjungan	18%	17,4%	16,16%	16,59%	17,5%
STS Buritan	18%	17,6%	16,5%	16,59%	17,5%

Dari hasil simulasi perbaikan Bulan Maret 2016 didapatkan hasil, yaitu nilai utilitas peralatan untuk alat CTT Dermaga dan CTT Lapangan Tukar yang mengalami perubahan signifikan. Pada Skenario I, Utilitas CTT Dermaga sebesar 31,7% dan CTT Lapangan Tukar 69%. Pada Skenario II, Utilitas CTT Dermaga sebesar 89% dan CTT Lapangan Tukar sebesar 94,6%. Pada Skenario III, Utilitas CTT Dermaga sebesar 44% dan CTT Lapangan Tukar sebesar 94,5%. Sedangkan pada Skenario IV, Utilitas CTT Dermaga sebesar 47,5% dan CTT Lapangan Tukar sebesar 69,7%.

Sehingga Skenario optimal untuk perbaikan Bulan Maret 2016 adalah Skenario IV, yaitu mengurangi jumlah pengoperasian alat CTT Lapangan Tukar menjadi 3, CTT Dermaga menjadi 2, dan alat lain menjadi 1. Model Pengoptimalan Pertama ini tidak digunakan untuk simulasi selanjutnya, karena model ini hanya untuk menunjukkan bahwa keadaan Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamong pada Bulan Maret 2016 tidak sesuai standar.

4.4.3 Pengoptimalan II

Simulasi dengan model aktual dijalankan hingga bulan Juni 2017. Hasil dari simulasi tersebut menunjukkan nilai indikator YOR yang melebihi standar. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23
Hasil Simulasi Model Aktual Bulan Juni 2017

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Juni 2017	71,1	52,2	SC Lap. Tukar	59,6

Nilai YOR pada bulan Juni 2017 adalah 71,1%, nilai tersebut melebihi standar yang ditetapkan pemerintah, yaitu 70% sehingga perlu dilakukan perbaikan. Nilai BOR adalah 52,2%, nilai tersebut masih memenuhi standar yang ditetapkan pemerintah, yaitu 70%. Sedangkan nilai Utilitas Peralatan paling besar adalah 59,6% untuk alat SC Lapangan Tukar, nilai tersebut masih di bawah standar yang ditetapkan yaitu 90%.

4.4.3.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan II

Perbaikan yang mungkin dilakukan adalah menambah kapasitas *Container Yard* dikarenakan nilai Utilitas Peralatan paling besar masih 59,6%. Jika skenario perbaikan yang dilakukan adalah menambah alat, maka akan menghasilkan nilai Utilitas Peralatan yang lebih kecil atau tidak optimal. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.24.

Tabel 4.24
Skenario Perbaikan Bulan Juni 2017

Lapangan	Aktual		Skenario			
			I		II	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)
CY	3	4.797	4	6.396	5	7.995

Kapasitas Aktual Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamong adalah 4.797 TEU yang terbagi dalam 3 (tiga) blok dengan masing-masing memiliki kapasitas 1.599 TEU. Skenario perbaikan I menambah kapasitas sebanyak 1.599 TEU atau 1 (satu) blok menjadi 6.396 TEU. Sedangkan Skenario perbaikan II menambah kapasitas sebanyak 2 (dua) blok menjadi 7.995 TEU.

4.4.3.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan II

Skenario perbaikan yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai YOR tidak melebihi standar yaitu 70% dan sebisa mungkin mendekati 70%. Tabel 4.25 menyajikan hasil nilai YOR dengan setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.25
Hasil Simulasi Aternatif Perbaikan Bulan Juni 2017

Bulan	Aktual		I		II	
	Kapasitas Terpakai	YOR	Kapasitas Terpakai	YOR	Kapasitas Terpakai	YOR
Juni 2017	3.413	71,1%	3.413	53,3%	3.413	42,6%

Setelah dilakukan perubahan terhadap kapasitas *container yard*, maka didapatkan nilai YOR yang berbeda. Perubahan ini dilakukan tanpa menjalankan simulasi, tetapi dengan merubah perhitungan yang ada pada Microsoft excel. Nilai YOR aktual adalah 71,1%, nilai YOR untuk skenario perbaikan I menurun menjadi 53,3%, dan nilai YOR untuk skenario perbaikan II menurun kembali menjadi 42,6%. Berikut adalah perhitungan YOR yang dirubah

$$YOR = \frac{Capacity\ Used}{Capacity\ Available} \times 100\% \rightarrow \frac{(3413)}{(3 \times 1599)} \times 100\% = 71,1\%$$

$$YOR = \frac{Capacity\ Used}{Capacity\ Available} \times 100\% \rightarrow \frac{(3413)}{(4 \times 1599)} \times 100\% = 53,3\%$$

$$YOR = \frac{Capacity\ Used}{Capacity\ Available} \times 100\% \rightarrow \frac{(3413)}{(5 \times 1599)} \times 100\% = 42,6\%$$

Skenario perbaikan yang dipilih adalah skenario perbaikan I, yaitu nilai YOR 53,3%.

Skenario ini dipilih karena hasil nilai YOR kurang dari 70% tetapi mendekati 70%, yaitu lebih besar dari hasil nilai YOR skenario perbaikan II. Sehingga untuk simulasi dan perhitungan bulan selanjutnya, kapasitas CY berubah menjadi 6.396 TEU atau 4 (empat) blok.

4.4.4 Pengoptimalan III

Simulasi dengan model pengoptimalan II dijalankan hingga bulan April 2018. Hasil simulasi menunjukkan adanya nilai YOR dan BOR yang melebihi standar yang ditetapkan.

Hasil simulasi bulan April 2018 disajikan dalam Tabel 4.26.

Tabel 4.26

Hasil Simulasi Model Pengoptimalan II Bulan April 2018

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
April 2018	71,1	72,0	SC Lap. Tukar	80,1

Hasil simulasi tersebut menunjukkan dua nilai indikator yang melebihi standar yang ditetapkan, yaitu nilai YOR 71,1% melebihi standar 70% dan nilai BOR 72% melebihi standar 70%. Sehingga perlu dilakukan skenario perbaikan sebelum melakukan simulasi untuk bulan berikutnya.

4.4.4.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan III

Perbaikan yang mungkin dilakukan adalah menambah luas CY, dan atau menambah luas dermaga. Hal tersebut dikarenakan kedua indikator melebihi nilai standar Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.27.

Tabel 4.27
Skenario Perbaikan Bulan April 2018

Skenario	Container Yard		Panjang Dermaga (m)
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	
Pengoptimalan II	4	6.396	500
I	5	7.995	770

Skenario perbaikan yang dilakukan adalah menambah kapasitas *Container Yard* sebanyak 1 (satu) blok menjadi 7.995 TEU dan menambah panjang dermaga menjadi 770 meter. Skenario perbaikan dapat diterima jika memiliki nilai YOR dan BOR tidak melebihi standar yaitu 70% dan sebisa mungkin mendekati 70%. Tabel 4.28 menyajikan hasil nilai YOR dan BOR setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.28
Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2018

Skenario	YOR (%)	BOR (%)
Pengoptimalan II	71,1	72,0
I	56,9	46,7

Hasil nilai YOR dan BOR setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan, yaitu YOR menjadi 56,9% dan BOR menjadi 46,7%. Nilai tersebut telah memenuhi standar, yaitu di bawah 70% sehingga skenario perbaikan diterima. Simulasi untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan III.

4.4.5 Pengoptimalan IV

Simulasi dengan model pengoptimalan III dijalankan hingga bulan Oktober 2018. Hasil simulasi menunjukkan adanya nilai YOR dan Utilitas Alat yang melebihi standar yang ditetapkan. Utilitas alat tersebut adalah untuk alat SC Lapangan Tukar. Hasil simulasi bulan Oktober 2018 disajikan dalam Tabel 4.29.

Tabel 4.29
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan III Bulan Oktober 2018

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Oktober 2018	70,4	54,4	SC Lap. Tukar	91,7

Nilai indikator YOR melebihi batas yang ditetapkan, yaitu di atas 70% dan salah satu alat, yaitu SC Lapangan Tukar memiliki nilai Utilitas Alat melebihi 90%. Hasil simulasi menunjukkan terjadi kongesti pada proses pemindahan peti kemas dari HT ke CTT, yaitu sebanyak 157 peti kemas yang belum ditangani oleh SC Lapangan Tukar. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar tidak terjadi kongesti.

4.4.5.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan IV

Skenario perbaikan yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan jumlah alat SC Lapangan Tukar dan atau memperluas CY. Sehingga kongesti yang terjadi karena adanya *bottleneck* yang terjadi akibat utilitas SC Lapangan Tukar yang terlalu tinggi, yaitu pada proses pemindahan HT ke CTT dapat berkurang atau hilang. Perbaikan juga bertujuan untuk mengurangi nilai YOR sehingga masih memenuhi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.30.

Tabel 4.30
Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2018

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan III	5	7.995	SC Lap. Tukar	1
I	5	7.995	SC Lap. Tukar	2
II	6	9.594	SC Lap. Tukar	1
III	6	9.594	SC Lap. Tukar	2

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang mungkin dilakukan. Skenario I hanya menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II hanya menambah kapasitas CY menjadi 9,594 TEU, sedangkan SC Lapangan Tukar jumlahnya tetap. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 9,594 TEU dan menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario perbaikan yang dipilih adalah yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%.

4.4.5.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan IV

Skenario perbaikan yang dipilih adalah yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70%. Sedangkan untuk Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah dilakukan *run*, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.31.

Tabel 4.31
Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2018

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan III	70,4	SC Lap. Tukar	91,7
I	64,4	SC Lap. Tukar	46,5
II	58,6	SC Lap. Tukar	91,7
III	53,7	SC Lap. Tukar	46,5

Skenario 1 dan Skenario III diterima karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Skenario I memiliki nilai YOR 64,4 sedangkan Skenario III memiliki nilai YOR 53,7, sehingga sesuai aturan bahwa nilai YOR harus di bawah dan mendekati 70% maka Skenario 1 adalah skenario terpilih. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan IV dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah.

4.4.6 Pengoptimalan V

Simulasi dengan model pengoptimalan IV dijalankan hingga bulan Februari 2019. Hasil dari simulasi menunjukkan nilai YOR yang melebihi standar. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan IV Bulan Februari 2019

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Februari 2019	70,9	60,9	STS	75

Nilai YOR pada bulan Februari 2019 adalah 70,9%, melebihi standar yang ditetapkan, yaitu 70% sehingga perbaikan perlu dilakukan. Nilai BOR adalah 60,9%, nilai tersebut masih memenuhi standar, yaitu 70%. Sedangkan nilai Utilitas Peralatan paling besar adalah 75% untuk alat STS, nilai tersebut masih di bawah standar yang ditetapkan yaitu 90%.

4.4.6.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan V

Perbaikan yang dapat dirancang adalah menambah kapasitas *Container Yard*. Skenario ini dilakukan karena nilai Utilitas Peralatan yang masih di bawah standar, sehingga jika melakukan penambahan alat maka akan terjadi *waste resource*. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.33.

Tabel 4.33
Skenario Perbaikan Bulan Februari 2019

Lapangan	Skenario					
	Pengoptimalan IV		I		II	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)
CY	5	7.995	6	9.594	7	11.193

Kapasitas Dermaga Internasional Terminal Teluk Lamongan sebelumnya adalah 7.995 TEU yang terbagi dalam 5 (lima) blok dengan kapasitas 1.599 TEU/blok. Skenario perbaikan I menambah kapasitas menjadi 9.594 TEU. Sedangkan Skenario perbaikan II menambah kapasitas sebanyak 2 (dua) blok menjadi 11.193 TEU.

4.4.6.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan V

Skenario perbaikan yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai YOR di bawah 70% tetapi mendekati 70%. Tabel 4.34 menyajikan hasil nilai YOR setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.34
Hasil Simulasi Aternatif Perbaikan Bulan Februari 2019

Bulan	Pengoptimalan IV		Skenario			
	Kapasitas Terpakai	YOR	I		II	
			Kapasitas Terpakai	YOR	Kapasitas Terpakai	YOR
Februari 2019	7.995	70,9%	9.594	59,0%	11.193	50,6%

Setelah merubah kapasitas *container yard* sesuai skenario perbaikan, maka didapatkan nilai YOR yang di bawah 70%. Perubahan ini dilakukan dengan merubah perhitungan pada Microsoft excel. Nilai YOR pengoptimalan IV adalah 70,9%, nilai YOR untuk skenario perbaikan I menurun menjadi 59,0%, dan nilai YOR untuk skenario perbaikan II menurun kembali menjadi 50,6%.

Skenario perbaikan terpilih adalah skenario perbaikan I, yaitu nilai YOR 59,0%. Pemilihan ini dikarenakan hasil nilai YOR kurang dari 70% tetapi mendekati 70%, yaitu lebih besar dari hasil nilai YOR skenario perbaikan II. Sehingga untuk perhitungan bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan V.

4.4.7 Pengoptimalan VI

Simulasi dengan model pengoptimalan V dapat berjalan hingga bulan Oktober 2019.

Pada Oktober 2019, hasil simulasi menunjukkan adanya indikator YOR dan BOR tidak

memenuhi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Oktober 2019 disajikan dalam

Tabel 4.35.

Tabel 4.35

Hasil Simulasi Model Pengoptimalan V Bulan Oktober 2019

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Oktober 2019	71,4	70,1	STS	87,4

Simulasi menunjukkan nilai indikator YOR dan BOR tidak memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu nilai YOR 71,4% melebihi standar 70% dan nilai BOR 70,1% melebihi standar 70%. Sehingga perlu membuat skenario perbaikan sebelum melakukan simulasi untuk bulan November 2019.

4.4.7.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VI

Skenario perbaikan yang dapat dibuat adalah menambah luas CY dan atau menambah luas dermaga. Skenario skenario bertujuan untuk dapat mengurangi nilai YOR dan BOR agar memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu 70%. Skenario perbaikan disajikan dalam

Tabel 4.36.

Tabel 4.36

Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2019

Skenario	Container Yard		Panjang Dermaga (m)
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	
Pengoptimalan V	6	9.594	770
Skenario perbaikan	7	11.193	1.040

Skenario perbaikan yang dirancang adalah menambah kapasitas *Container Yard* menjadi 11.1953TEU dan menambah panjang dermaga menjadi 1.040 meter. Skenario perbaikan diterima jika memenuhi standar, yaitu nilai YOR dan BOR tidak melebihi 70% dan sebisa mungkin mendekati 70%. Tabel 4.37 menyajikan hasil nilai YOR dan BOR setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.37

Hasil Skenario Perbaikan Bulan Oktober 2019

Skenario	YOR	BOR
Pengoptimalan V	71,4	70,1
I	61,2	51,9

Indikator YOR dan BOR menurun setelah dilakukan perbaikan, yaitu YOR menjadi 61,2% dan BOR menjadi 51,9%. Nilai tersebut memenuhi standar, yaitu di bawah 70%

sehingga skenario perbaikan diterima. Simulasi untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan VI.

4.4.8 Pengoptimalan VII

Simulasi dengan model pengoptimalan VI dijalankan hingga bulan Januari 2020.

Simulasi dengan model tersebut memberikan nilai Utilitas Alat untuk alat STS yang melebihi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Januari 2020 disajikan dalam Tabel 4.38.

Tabel 4.38

Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VI Bulan Januari 2020

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Januari 2020	66,0	54,6	STS	92

Nilai utilitas STS memiliki nilai melebihi standar, yaitu di atas 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar tidak terjadi kongesti. Alat STS ini terbagi menjadi STS Anjungan dan STS Buritan yang keduanya bekerja secara bersamaan untuk melayani 1 (satu) kapal.

4.4.8.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VII

Skenario perbaikan yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan jumlah alat STS. Karena STS bekerja bersamaan, yaitu STS Anjungan dan STS Buritan, maka skenario perbaikan harus memperhitungkan penambahan sepesang alat STS bukan hanya satu. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.39.

Tabel 4.39

Skenario Perbaikan Bulan Januari 2020

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah Pasang
Pengoptimalan VI	STS	1
I	STS	2

Skenario yang diusulkan adalah menambah jumlah alat STS sebanyak 1 (satu) pasang, yang terdiri dari 1 (satu) buah STS Buritan dan 1 (satu) buah STS Anjungan. Skenario perbaikan diterima jika memiliki nilai utilitas peralatan yang memenuhi standar, yaitu nilai Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah dilakukan *run*, didapatkan hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam Tabel 4.40.

Tabel 4.40
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Januari 2020

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan VI	STS	92
I	STS	46,1

Skenario perbaikan I diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Perbaikan ini membuat nilai Utilitas Peralatan STS menjadi 46,1%. Sehingga mulai bulan Februari 2020 menggunakan model pengoptimalan VII dengan skenario I, yaitu menambah jumlah alat STS sebanyak 1 (satu) pasang.

4.4.9 Pengoptimalan VIII

Simulasi dengan model pengoptimalan VII dijalankan hingga bulan April 2020. Hasil menunjukkan adanya nilai YOR dan Utilitas Alat yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Utilitas alat tersebut adalah untuk alat SC Depan. Hasil simulasi bulan April 2020 disajikan dalam Tabel 4.41.

Tabel 4.41
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VII Bulan April 2020

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
April 2020	70,3	57,4	SC Depan	91,7

Nilai indikator YOR melebihi standar yang ditetapkan, yaitu di atas 70% dan salah satu alat, yaitu SC Depan memiliki nilai Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indicator tersebut dapat memenuhi standar.

4.4.9.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan VIII

Skenario perbaikan yang dapat dirancang adalah melakukan penambahan jumlah alat SC Depan dan atau memperluas CY. Perbaikan bertujuan untuk mengurangi nilai YOR dan Utilitas Peralatan sehingga masih memenuhi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.42.

Tabel 4.42
Skenario Perbaikan Bulan April 2020

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan VII	7	11.193	SC Depan	2
I	7	11.193	SC Depan	3
II	8	12.792	SC Depan	2
III	8	12.792	SC Depan	3

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang mungkin dilakukan. Skenario I hanya menambah jumlah alat SC Depan menjadi 3 (tiga) buah, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II hanya menambah kapasitas CY menjadi 12.792 TEU, sedangkan SC Depan jumlahnya tetap. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 12.792 TEU dan menambah jumlah alat SC Depan menjadi 3 (tiga) buah.

4.4.9.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan VIII

Skenario perbaikan yang dipilih adalah yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah dilakukan simulasi, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.43.

Tabel 4.43
Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2020

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan VII	70,3	SC Lap. Tukar	91,7
I	66,8	SC Lap. Tukar	61,0
II	61,5	SC Lap. Tukar	91,7
III	58,5	SC Lap. Tukar	61,0

Skenario 1 dan Skenario III dapat diterima karena memiliki nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Skenario I memiliki nilai YOR 66,8 sedangkan Skenario III memiliki nilai YOR 58,5 sehingga sesuai aturan bahwa nilai YOR harus di bawah dan mendekati 70% maka Skenario 1 adalah skenario terpilih. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan VIII dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah jumlah alat SC Depan menjadi 3 (tiga) buah.

4.4.10 Pengoptimalan IX

Simulasi dengan model pengoptimalan VIII dijalankan hingga bulan Agustus 2020. Hasil simulasi memiliki nilai YOR dan Utilitas Alat yang melebihi standar. Alat tersebut adalah Gate In. Hasil simulasi bulan Agustus 2020 disajikan dalam Tabel 4.44.

Tabel 4.44
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan VIII Bulan Agustus 2020

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Agustus 2020	71,4	61,2	Gate In	90,2

Nilai YOR tidak memenuhi standar, yaitu di atas 70% dan alat Gate In memiliki nilai Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indikator tersebut tidak melebihi standar.

4.4.10.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan IX

Skenario perbaikan yang bias dilakukan adalah melakukan penambahan jumlah alat Gate In dan atau memperluas CY. Perbaikan bertujuan untuk mengurangi nilai YOR dan Utilitas Peralatan sehingga dalam batas standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.45.

Tabel 4.45
Skenario Perbaikan Bulan Agustus 2020

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan VIII	7	11.193	Gate In	1
I	7	11.193	Gate In	2
II	8	12.792	Gate In	1
III	8	12.792	Gate In	2

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang mungkin dilakukan. Skenario I hanya menambah jumlah alat Gate In menjadi 2 (dua) buah, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II hanya menambah kapasitas CY menjadi 12.792 TEU, sedangkan Gate In jumlahnya tetap. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 12.792 TEU dan menambah jumlah alat Gate In menjadi 2 (dua) buah.

4.4.10.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan IX

Skenario perbaikan yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah dilakukan simulasi, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.46.

Tabel 4.46
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Agustus 2020

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan VIII	71,4	Gate In	90,2
I	70,1	Gate In	45,0
II	62,5	Gate In	90,2
III	61,3	Gate In	45,0

Skenario III adalah skenario terpilih karena memenuhi standar, yaitu nilai YOR di bawah 70% dan Utilitas Peralatan di bawah 90%. Sehingga untuk bulan selanjutnya

menggunakan model pengoptimalan IX dengan menggunakan model skenario III, yaitu menambah jumlah alat Gate In menjadi 2 (dua) buah dan menambah luas CY menjadi 12.792 TEU.

4.4.11 Pengoptimalan X

Simulasi dengan model pengoptimalan IX dijalankan hingga bulan April 2021. Simulasi menunjukkan nilai Utilitas Alat untuk alat CTT Lapangan Tukar di luar standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan April 2021 disajikan dalam Tabel 4.47.

Tabel 4.47
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan IX Bulan April 2021

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
April 2021	69,1	68,9	CTT Lap. Tukar	90,6

Utilitas CTT Lapangan Tukar memiliki nilai melebihi standar, yaitu di atas 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan untuk menurunkan nilai utilitas tersebut. Alat CTT Lapangan Tukar ini berjumlah 15 (lima belas) buah yang beroperasi secara siklus.

4.4.11.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan X

Skenario perbaikan yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Penambahan ini bertujuan untuk mengurangi beban kerja sehingga utilitas alat dapat menurun. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.48.

Tabel 4.48
Skenario Perbaikan Bulan April 2021

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah
Pengoptimalan IX	CTT Lap. Tukar	15
I	CTT Lap. Tukar	16

Skenario yang diusulkan adalah menambah jumlah CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario perbaikan diterima jika memiliki nilai utilitas peralatan di bawah 90%.

Hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam Tabel 4.49.

Tabel 4.49
Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2021

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan IX	CTT Lap. Tukar	90,6
I	CTT Lap. Tukar	85,1

Skenario perbaikan I diterima karena Utilitas Peralatan di bawah batas standar.

Perbaikan ini membuat nilai Utilitas Peralatan CTT Lapangan Tukar menjadi 85,1%. Selain ini, penambahan alat ini membuat YOR menurun menjadi 68,9%. Sehingga mulai bulan Mei 2021 menggunakan model pengoptimalan X dengan menggunakan model skenario I.

4.4.12 Pengoptimalan XI

Simulasi dengan model pengoptimalan X dapat berjalan hingga bulan Juni 2021. Hasil simulasi menunjukkan indikator YOR dan BOR melebihi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Juni 2021 disajikan dalam Tabel 4.50.

Tabel 4.50
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan X Bulan Juni 2021

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Juni 2021	71,0	70,8	CTT Lap. Tukar	87,3

Simulasi menunjukkan indikator YOR dan BOR melebihi standar yang ditetapkan, yaitu nilai YOR 71,0% melebihi standar 70% dan nilai BOR 70,8% melebihi standar 70%. Sehingga perlu merancang perbaikan sebelum melakukan simulasi untuk bulan Juli 2021

4.4.12.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XI

Skenario perbaikan dilakukan dengan cara menambah luas CY dan atau memperpanjang dermaga. Skenario bertujuan untuk dapat mengurangi nilai YOR dan BOR agar di bawah standar yang ditetapkan, yaitu 70%. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.51.

Tabel 4.51
Skenario Perbaikan Bulan Juni 2021

Skenario	Container Yard		Panjang Dermaga (m)
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	
Pengoptimalan X	8	12.792	1.040
I	9	14.391	1.310

Skenario perbaikan yang dirancang adalah menambah kapasitas *Container Yard* menjadi 9 blok dan menambah panjang dermaga menjadi 1.310 meter. Skenario perbaikan diterima jika memenuhi standar, yaitu nilai YOR dan BOR tidak melebihi 70%. Tabel 4.52 menyajikan nilai YOR dan BOR setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.52
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Juni 2021

Skenario	YOR	BOR
Pengoptimalan X	71,0	70,8
I	63,1	56,2

Skenario perbaikan diterima karena berhasil membuat nilai YOR dan BOR menurun, yaitu YOR menjadi 63,1% dan BOR menjadi 56,2%. Simulasi untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XI.

4.4.13 Pengoptimalan XII

Simulasi dengan model pengoptimalan XI dijalankan hingga bulan September 2021.

Simulasi menunjukkan indikator Utilitas Alat untuk CTT Lapangan Tukar melebihi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan September 2021 disajikan dalam Tabel 4.53.

Tabel 4.53
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XI Bulan September 2021

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
September 2021	66,4	58,4	CTT Lap. Tukar	90,6

Indikator Utilitas CTT Lapangan Tukar melebihi standar, yaitu di atas 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar nilai utilitas tersebut memenuhi standar. CTT Lapangan Tukar ini berjumlah 16 (enam belas) buah yang beroperasi secara siklus.

4.4.13.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XII

Skenario perbaikan dilakukan dengan menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Penambahan ini bertujuan untuk menurunkan utilitas alat. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.54.

Tabel 4.54
Skenario Perbaikan Bulan September 2021

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XI	CTT Lap. Tukar	16
I	CTT Lap. Tukar	17

Skenario perbaikan yang diusulkan adalah penambahan CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario perbaikan diterima jika memiliki nilai utilitas peralatan di bawah standar, yaitu Utilitas peralatan tidak melebihi 90%. Hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam Tabel 4.55.

Tabel 4.55
Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2021

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XI	CTT Lap. Tukar	90,6
I	CTT Lap. Tukar	85,1

Skenario perbaikan I diterima karena Indikator Utilitas Peralatan memenuhi standar.

Perbaikan ini menurunkan indikator Utilitas Peralatan CTT Lapangan Tukar menjadi 85,5%. Sehingga mulai bulan Oktober 2021 menggunakan model pengoptimalan XII dengan menggunakan model skenario I.

4.4.14 Pengoptimalan XIII

Simulasi dengan model pengoptimalan XII berjalan hingga bulan Januari 2022. Pada Januari 2022, hasil simulasi menunjukkan indikator YOR tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Januari 2022 disajikan dalam Tabel 4.56.

Tabel 4.56
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XII Bulan Januari 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Januari 2022	70,6	61,5	CTT Lap. Tukar	89,8

Simulasi menunjukkan nilai indikator YOR melebihi standar yang ditetapkan, yaitu nilai YOR 71,4% melebihi standar 70%. Sehingga perlu membuat skenario perbaikan sebelum melakukan simulasi untuk bulan Februari 2022.

4.4.14.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIII

Skenario perbaikan yang dapat dibuat adalah menambah luas CY. Skenario bertujuan untuk dapat mengurangi nilai YOR agar memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu 70%.

Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.57.

Tabel 4.57
Skenario Perbaikan Bulan Januari 2022

Skenario	Container Yard	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)
Pengoptimalan XII	9	14.391
I	10	15.990

Skenario perbaikan yang dirancang adalah menambah kapasitas *Container Yard* menjadi 15.990 TEU. Skenario perbaikan diterima jika memenuhi standar, yaitu nilai YOR tidak melebihi 70%. Tabel 4.58 menyajikan hasil nilai YOR setelah dilakukan skenario perbaikan.

Tabel 4.58
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Januari 2022

Skenario	YOR (%)
Pengoptimalan V	70,6
I	63,5

Indikator YOR mengalami penurunan setelah dilakukan perbaikan, yaitu YOR menjadi 63,5%. Nilai tersebut memenuhi standar, yaitu di bawah 70% sehingga skenario perbaikan diterima. Simulasi untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XIII.

4.4.15 Pengoptimalan XIV

Model pengoptimalan XIII disimulasikan hingga bulan Februari 2022. Simulasi menunjukkan indikator untuk CTT Lapangan Tukar melebihi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Februari 2022 disajikan dalam Tabel 4.59.

Tabel 4.59
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIII Bulan Februari 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Februari 2022	65,5	62,2	CTT Lap. Tukar	90,9

Nilai Utilitas CTT Lapangan Tukar melebihi standar, yaitu di atas 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar nilai utilitas tersebut di bawah standar yang ditetapkan.

CTT Lapangan Tukar berjumlah 17 (tujuh belas) buah yang beroperasi secara siklus.

4.4.15.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIV

Skenario perbaikan dilakukan dengan menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Penambahan jumlah alat CTT Lapangan Tukar bertujuan untuk menurunkan presentase utilitas alat. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.60.

Tabel 4.60
Skenario Perbaikan Bulan Februari 2022

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XIII	CTT Lap. Tukar	17
I	CTT Lap. Tukar	18

Skenario perbaikan yang dilakukan adalah menambah CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario perbaikan diterima jika nilai utilitas peralatan di bawah standar, yaitu Utilitas peralatan tidak melebihi 90%. Hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam

Tabel 4.61.

Tabel 4.61
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Februari 2022

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XIII	CTT Lap. Tukar	90,6
I	CTT Lap. Tukar	85,1

Skenario perbaikan I diterima karena Indikator Utilitas Peralatan memenuhi standar.

Perbaikan ini menurunkan indikator Utilitas Peralatan CTT Lapangan Tukar menjadi 85,1%. Selain itu, penambahan jumlah CTT Lapangan Tukar membuat YOR menurun menjadi 64,4%. Sehingga mulai bulan Februari menggunakan model pengoptimalan XIV dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah.

4.4.16 Pengoptimalan XV

Model pengoptimalan XIV berjalan hingga bulan April 2022. Simulasi menunjukkan Utilitas Alat untuk SC Lapangan Tukar melebihi standar yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan April 2022 disajikan dalam Tabel 4.62.

Tabel 4.62
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIV Bulan April 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
April 2022	67,8	63,7	SC Lap. Tukar	90,9

Utilitas Alat SC Lapangan Tukar melebihi standar, yaitu di atas 90%. Sehingga perlu melakukan skenario perbaikan agar nilai utilitas tersebut memenuhi standar yang ditetapkan. SC Lapangan Tukar berjumlah 2 (dua) buah.

4.4.16.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XV

Skenario perbaikan yang dapat dirancang adalah menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar. Penambahan jumlah SC Lapangan Tukar bertujuan agar presentase utilitas alat menurut. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.63.

Tabel 4.63
Skenario Perbaikan Bulan April 2022

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XIV	SC Lap. Tukar	2
I	SC Lap. Tukar	3

Skenario perbaikan yang dilakukan adalah menambah jumlah SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario diterima jika nilai utilitas peralatan memenuhi standar, yaitu Utilitas peralatan tidak melebihi 90%. Hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam Tabel 4.64.

Tabel 4.64
Hasil Skenario Perbaikan Bulan April 2022

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XIII	SC Lap. Tukar	90,9
I	SC Lap. Tukar	60,6

Skenario perbaikan I dapat diterima karena nilai Utilitas Peralatan tidak melebihi standar. Perbaikan ini menurunkan presentase Utilitas Peralatan SC Lapangan Tukar menjadi 60,6%. Selain itu, penambahan jumlah SC Lapangan Tukar membuat YOR menurun menjadi 65,9%. Sehingga mulai bulan Mei menggunakan model pengoptimalan XV dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah.

4.4.17 Pengoptimalan XVI

Simulasi dengan model pengoptimalan XV disimulasikan hingga bulan Juli 2022. Hasilnya nilai YOR dan Utilitas Alat yang melebihi standar yang ditetapkan. Utilitas alat tersebut adalah untuk alat CTT Lapangan Tukar. Hasil simulasi bulan Juli 2022 disajikan dalam Tabel 4.65.

Tabel 4.65
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XV Bulan Juli 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Juli 2022	70,4	66,0	CTT Lap. Tukar	90,9

Indikator YOR tidak memenuhi standar, yaitu di atas 70% dan salah satu alat, yaitu CTT Lapangan Tukar, memiliki presentase Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indikator tersebut dapat memenuhi standar.

4.4.17.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVI

Skenario perbaikan yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan jumlah CTT Lapangan Tukar dan atau memperluas CY. Perbaikan bertujuan untuk membuat nilai YOR dan Utilitas Peralatan memenuhi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.66.

Tabel 4.66
Skenario Perbaikan Bulan Juli 2022

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XV	10	15.900	CTT Lap. Tukar	18
I	10	15.900	CTT Lap. Tukar	19
II	11	17.589	CTT Lap. Tukar	18
III	11	17.589	CTT Lap. Tukar	19

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang dapat dilakukan. Skenario I menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 19 (Sembilan belas) buah, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II hanya menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU dan menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 19 (Sembilan belas) buah.

4.4.17.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVI

Skenario perbaikan terbaik adalah yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah simulasi dijalankan, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.67.

Tabel 4.67
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Juli 2022

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XV	70,4	CTT Lap. Tukar	90,9
I	68,6	CTT Lap. Tukar	86,2
II	64,0	CTT Lap. Tukar	91,7
III	62,4	CTT Lap. Tukar	86,2

Skenario I dan Skenario III diterima karena memiliki YOR dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Skenario I memiliki nilai YOR 68,6 sedangkan Skenario III memiliki nilai YOR 62,4 sehingga sesuai aturan bahwa nilai YOR harus di bawah dan mendekati 70% maka Skenario I adalah skenario terpilih. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XVI dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah.

4.4.18 Pengoptimalan XVII

Simulasi dengan model pengoptimalan XVI dijalankan hingga bulan September 2022. Hasil simulasi menunjukkan nilai YOR dan Utilitas Alat yang melebihi standar yang ditetapkan. Utilitas alat tersebut adalah untuk alat SC Depan. Hasil simulasi bulan September 2022 disajikan dalam Tabel 4.68.

Tabel 4.68
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVI Bulan September 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
September 2022	70,6	67,5	SC Depan	90,2

Nilai presentase YOR tidak memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu di atas 70% dan salah satu alat, yaitu SC Depan, memiliki presentase Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indikator tersebut dapat memenuhi standar.

4.4.18.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVII

Skenario perbaikan yang mungkin dirancang adalah melakukan penambahan jumlah SC Depan dan atau memperluas CY. Perbaikan bertujuan untuk membuat nilai YOR dan Utilitas Peralatan tidak melebihi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.69.

Tabel 4.69
Skenario Perbaikan Bulan September 2022

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XVI	10	15.900	SC Depan	3
I	10	15.900	SC Depan	4
II	11	17.589	SC Depan	3
III	11	17.589	SC Depan	4

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang dapat dilakukan. Skenario I menambah jumlah alat SC Depan menjadi 4 (empat) buah, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU dan menambah jumlah alat SC Depan menjadi 4 (empat) buah.

4.4.18.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVII

Skenario perbaikan terpilih adalah skenario yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah simulasi dijalankan, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.70.

Tabel 4.70
Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2022

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XVI	70,6	SC Depan	90,2
I	68,2	SC Depan	67,0
II	64,2	SC Depan	90,2
III	62,0	SC Depan	67,0

Skenario I dan Skenario III dapat diterima karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Skenario I memiliki nilai YOR 68,2 sedangkan Skenario III memiliki nilai YOR 62,0 sehingga sesuai standar kinerja bahwa nilai YOR harus di bawah dan mendekati 70% maka Skenario I adalah skenario terpilih. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XVII dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah jumlah alat SC Depan menjadi 4 (empat) buah.

4.4.19 Pengoptimalan XVIII

Simulasi dengan model pengoptimalan XVII disimulasikan hingga Desember 2022. Hasilnya menunjukkan nilai YOR, BOR, dan Utilitas Alat yang melebihi standar yang ditetapkan. Utilitas alat tersebut adalah untuk alat CTT Lapangan Tukar. Hasil simulasi bulan Oktober 2022 disajikan dalam Tabel 4.71.

Tabel 4.71
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVII Bulan Desember 2022

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Desember 2022	71,6	70,1	CTT Lap. Tukar	90,8

Nilai presentase YOR dan BOR tidak memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu di atas 70% dan SC Depan memiliki presentase Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indikator tersebut dapat memenuhi standar.

4.4.19.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XVIII

Skenario perbaikan yang mungkin dirancang adalah melakukan penambahan panjang dermaga dan jumlah CTT Lapangan Tukar dan atau memperluas CY. Perbaikan bertujuan untuk membuat Indikator YOR, BOR dan Utilitas Peralatan tidak melebihi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.72.

Tabel 4.72
Skenario Perbaikan Bulan Desember 2022

Skenario	YOR		BOR	Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Panjang Dermaga (m)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XVII	10	15.900	1310	CTT Lap. Tukar	19
I	10	15.900	1.580	CTT Lap. Tukar	20
II	11	17.589	1.580	CTT Lap. Tukar	19
III	11	17.589	1.580	CTT Lap. Tukar	20

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang dirancang. Skenario I menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah menjadi 20 (dua puluh) buah, dan panjang dermaga ditambah menjadi 15.850, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU, dan panjang dermaga menjadi 15.850, sedangkan jumlah CTT Lapangan Tukar tetap. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 17.589 TEU, menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 20 (dua puluh) buah, dan panjang dermaga menjadi 1.580.

4.4.19.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XVIII

Skenario perbaikan yang terpilih adalah skenario yang memiliki nilai YOR dan BOR di bawah dan mendekati 70%. Sedangkan untuk nilai Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah simulasi skenario perbaikan dijalankan, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.73.

Tabel 4.73
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Desember 2022

Skenario	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Alat	
			Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XVII	71,6	70,1	CTT Lap. Tukar	90,8
I	70,4	58,1	CTT Lap. Tukar	86,4
II	65,6	58,1	CTT Lap. Tukar	90,8
III	62,9	58,1	CTT Lap. Tukar	86,4

Skenario III adalah skenario terpilih karena memiliki nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Sedangkan skenario lain memiliki satu atau dua indikator yang melebihi batas. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XVIII dengan menggunakan model skenario III.

4.4.20 Pengoptimalan XIX

Model pengoptimalan XVIII berjalan hingga bulan Mei 2023. Simulasi menunjukkan Utilitas Alat untuk CTT Lapangan Tukar melebihi standar yang ditetapkan, sedangkan indikator YOR dan BOR masih dalam batas yang ditetapkan. Hasil simulasi bulan Mei 2023 disajikan dalam Tabel 4.74.

Tabel 4.74
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XVIII Bulan Mei 2023

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
Mei 2023	68,8	61,0	CTT Lap. Tukar	90,8

Utilitas Alat CTT Lapangan Tukar melebihi standar yang ditetapkan, yaitu di atas 90%.

Sehingga skenario perbaikan diperlukan agar nilai utilitas tersebut memenuhi standar yang ditetapkan. CTT Lapangan Tukar berjumlah 20 (dua puluh) buah.

4.4.20.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XIX

Skenario perbaikan yang dapat dirancang adalah melakukan penambahan jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Penambahan jumlah CTT Lapangan Tukar bertujuan agar presentase indikator utilitas alat menurun. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.75.

Tabel 4.75
Skenario Perbaikan Bulan Mei 2023

Skenario	Utilitas Tertinggi	
	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XVIII	CTT Lap. Tukar	20
I	CTT Lap. Tukar	21

Skenario perbaikan yang dilakukan adalah menambah jumlah CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Skenario diterima jika presentase utilitas peralatan memenuhi standar, yaitu tidak melebihi 90%. Hasil dari skenario perbaikan yang disajikan dalam Tabel 4.76.

Tabel 4.76
Hasil Skenario Perbaikan Bulan Mei 2023

Skenario	Utilitas Alat	
	Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XVIII	CTT Lap. Tukar	90,8
I	CTT Lap. Tukar	86,7

Skenario perbaikan I dapat diterima menurunkan presentase Utilitas Peralatan CTT Lapangan Tukar menjadi 86,7%. Selain itu, penambahan jumlah CTT Lapangan Tukar membuat YOR menurun menjadi 67,4%. Sehingga mulai bulan Juni 2023 menggunakan model pengoptimalan XIX dengan menggunakan model skenario I, yaitu menambah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah.

4.4.21 Pengoptimalan XX

Simulasi dengan model pengoptimalan XIX disimulasikan hingga bulan September 2023. Hasilnya indikator YOR dan Utilitas Alat melebihi standar yang ditetapkan. Presentase Utilitas alat yang melebihi batas adalah untuk alat CTT Lapangan Tukar. Hasil simulasi bulan September 2023 disajikan dalam Tabel 4.77.

Tabel 4.77
Hasil Simulasi Model Pengoptimalan XIX Bulan September 2023

Bulan	YOR (%)	BOR (%)	Utilitas Tertinggi	
			Alat	Utilitas (%)
September 2023	70,8	63,5	CTT Lap. Tukar	90,1

Indikator YOR tidak melebihi standar yang ditetapkan, yaitu di atas 70% dan CTT Lapangan Tukar memiliki presentase Utilitas Alat melebihi 90%. Sehingga dibutuhkan skenario perbaikan agar indikator tersebut tidak melebihi standar.

4.4.21.1 Skenario Perbaikan Pengoptimalan XX

Skenario perbaikan yang dapat dirancang adalah dengan menambah jumlah CTT Lapangan Tukar dan atau memperluas CY. Skenario perbaikan bertujuan untuk membuat nilai YOR dan Utilitas Peralatan tidak melebihi standar yang ditetapkan. Skenario perbaikan disajikan dalam Tabel 4.78.

Tabel 4.78
Skenario Perbaikan Bulan September 2023

Skenario	YOR		Utilitas Tertinggi	
	Jumlah Blok	Kapasitas (TEU)	Alat	Jumlah
Pengoptimalan XIX	11	17.589	CTT Lap. Tukar	21
I	11	17.589	CTT Lap. Tukar	22
II	12	19.188	CTT Lap. Tukar	21
III	12	19.188	CTT Lap. Tukar	22

Ada 3 (tiga) skenario perbaikan yang dapat dilakukan. Skenario I menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah menjadi 22 (dua puluh dua) buah, sedangkan kapasitas CY tetap. Skenario II menambah kapasitas CY menjadi 19.188 TEU atau 12 (dua belas) blok sedangkan CTT Lapangan Tukar jumlahnya tetap. Skenario III menambah kapasitas CY menjadi 19.188 TEU atau 12 (dua belas) blok dan menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah menjadi 22 (dua puluh dua) buah.

4.4.21.2 Pemilihan Skenario Terbaik Pengoptimalan XX

Skenario perbaikan terbaik adalah yang memiliki nilai YOR di bawah dan mendekati 70% dan Utilitas peralatan di bawah 90%. Setelah simulasi dijalankan, didapatkan hasil dari masing-masing skenario yang disajikan dalam Tabel 4.79.

Tabel 4.79
Hasil Skenario Perbaikan Bulan September 2023

Skenario	YOR	Utilitas Alat	
		Alat	Utilitas (%)
Pengoptimalan XIX	70,4	CTT Lap. Tukar	90,1
I	70,6	CTT Lap. Tukar	86,1
II	64,9	CTT Lap. Tukar	90,1
III	64,7	CTT Lap. Tukar	86,1

Skenario III diterima karena memiliki YOR dan Utilitas Peralatan yang memenuhi standar. Skenario III memiliki nilai YOR 64,7 sehingga sesuai aturan bahwa nilai YOR harus di bawah dan mendekati 70%. Sedangkan Utilitas CTT Lapangan Tukar menjadi 86,1%, maka Skenario III adalah skenario terpilih. Sehingga untuk bulan selanjutnya menggunakan model pengoptimalan XX dengan menggunakan model skenario III.

4.5 Analisis dan Pembahasan

Sub-bab ini melakukan pembahasan mengenai pengoptimalan-pengoptimalan yang telah dilakukan. Pembahasan dimulai dari proses, alasan pengoptimalan dilakukan, skenario perbaikan, pemilihan skenario perbaikan, hingga perubahan setelah menerapkan skenario tersebut.

4.5.1 Analisis Peramalan

Proses yang dilakukan sebelum pengoptimalan dilakukan adalah melakukan peramalan terhadap arus peti kemas impor, arus peti kemas ekspor, dan jumlah kedatangan kapal. Arus peti kemas impor, arus peti kemas ekspor, dan jumlah kedatangan kapal menunjukkan hasil yang tidak konstan dan mengalami perubahan positif atau peningkatan, sehingga setelah dilakukan uji autokorelasi diketahui bahwa ketiganya memiliki pola tren. Metode Peramalan yang bisa dilakukan terhadap data yang memiliki pola tren adalah *Trend Analysis* dan *Double Exponential Smoothing*.

Metode Peramalan yang paling sesuai diketahui dengan membandingkan nilai MAPE, MAD, dan MSD. Arus peti kemas impor menunjukkan metode *Trend Analysis* memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang lebih kecil; Arus peti kemas ekspor menunjukkan metode *Double Exponential Smoothing* memiliki nilai MAPE dan MAD yang lebih kecil, sedangkan MSD lebih besar, yang berarti adanya indikasi adanya satu data yang memiliki *error* yang besar tetapi secara keseluruhan metode DES memiliki jumlah *error* yang lebih sedikit; Jumlah kedatangan kapal menunjukkan metode *Trend Analysis* memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang lebih kecil.

Sehingga peramalan arus peti kemas impor dan jumlah kedatangan kapal menggunakan metode Trend Analysis, sedangkan peramalan arus peti kemas ekspor menggunakan metode Double Exponential Smoothing. Peramalan arus peti kemas impor, arus peti kemas ekspor, dan jumlah kedatangan kapal menunjukkan nilai MAPE, MAD, dan MSD yang besar, hal ini disebabkan karena ketiganya merupakan data tren dengan peningkatan yang besar, sehingga error yang timbul juga semakin besar. Namun Error ini masih relevan dengan data peramalan, mengingat pertumbuhan arus peti kemas yang sangat pesat dan fungsi Terminal Teluk Lamong sebagai alternatif yang menerima kelebihan arus peti kemas dari terminal-terminal lain dalam kawasan Pelabuhan Tanjung Perak.

4.5.2 Analisis Pengoptimalan

Setelah simulasi dijalankan, diketahui bahwa ada dua puluh pengoptimalan yang dapat dilakukan secara bertahap. Pengoptimalan tersebut dilakukan setelah pengoptimalan model sebelumnya telah melebihi standar yang ditetapkan. Rangkuman hasil sebelum dilakukan pengoptimalan dan sesudah dilakukan pengoptimalan di bulan yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 4.80 di bawah ini. Penjelasan lebih detail dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Tabel 4.80
Rangkuman Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengoptimalan I-XX

Tahun	Pengoptimalan	Bulan	Indikator					
			YOR (%)		BOR (%)		Utilitas tertinggi (%)	
			Model Sebelum	Model Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2016	I	Maret	28	29,4	18	18	24	69,7
2017	II	Juni	71,1	53,3	52,2	52,2	59,6	59,6
2018	III	April	71,1	56,9	72,0	46,7	80,1	80,1
	IV	Oktober	70,4	64,4	54,4	54,4	91,7	69,0
2019	V	Februari	70,9	59,6	59,6	59,6	75,0	75,0
	VI	Oktober	71,4	61,2	70,1	51,9	87,4	87,4
2020	VII	Januari	66,0	66,0	54,6	54,6	92,0	87,0
	VIII	April	70,3	66,8	57,4	57,4	91,7	84,9
	IX	Agustus	71,4	61,3	61,2	61,2	90,2	84,9
2021	X	April	69,1	68,9	68,9	68,9	90,6	85,1
	XI	Juni	71,0	63,1	70,8	56,7	87,3	87,3
	XII	September	66,4	66,2	58,4	58,4	90,6	85,5
2022	XIII	Januari	70,6	63,5	61,5	61,5	89,8	89,8
	XIV	Februari	65,5	64,4	62,2	62,2	90,9	88,8
	XV	April	67,8	65,9	63,7	63,7	90,9	87,9
	XVI	Juli	70,4	68,6	66,0	66,0	90,9	88,2
	XVII	September	70,6	68,2	67,5	67,5	90,2	88,6
2023	XVIII	Desember	71,6	62,9	70,1	58,1	90,8	86,4
	XIX	Mei	68,8	67,4	61,0	61,0	90,8	86,6
	XX	September	70,8	64,7	63,5	63,5	90,1	86,1

Pengoptimalan I terjadi pada bulan Maret 2016. Pada bulan Maret 2016, model yang digunakan adalah model aktual sesuai model yang berjalan di Terminal Teluk Lamong sekarang. Model ini menunjukkan indikator YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang tidak optimal, yaitu YOR 28%, BOR 18%, dan Utilitas Peralatan tertinggi 24%. Pengoptimalan dilakukan dengan membuat 4 (empat) skenario perbaikan yang mengurangi jumlah alat. Hal ini dikarenakan utilitas peralatan yang masih sangat kecil, diharapkan pengurangan jumlah alat yang beroperasi dapat menaikkan nilai YOR. Skenario terpilih adalah skenario IV, yaitu mengurangi jumlah pengoperasian alat CTT Lapangan Tukar menjadi 3 (tiga), CTT Dermaga menjadi 2 (dua), dan alat lain menjadi 1 (satu). Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menjadi 29,4%, BOR tetap 18%, dan Utilitas Peralatan 69,7%. Skenario ini dipilih karena nilai indikator Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan II terjadi pada bulan Juni 2017. Pengoptimalan ini dilakukan karena model aktual mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR yang melebihi standar, yaitu 71,1%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 2 (dua) skenario perbaikan yang menambah luas CY. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu menambah luas CY menjadi 6.396 TEU. Hasil skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 53,3%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan III terjadi pada bulan April 2018. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan II mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan BOR yang melebihi standar, yaitu YOR 71,1% dan BOR 72,0%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah luas CY dan panjang dermaga. Skenario perbaikan tersebut menambah luas CY menjadi 7.995 TEU dan panjang dermaga menjadi 770 m. Hasil skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 56,9% dan BOR menurun menjadi 46,7%. Skenario ini diterima karena nilai YOR dan BOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan IV terjadi pada bulan Oktober 2018. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan III mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 70,4% dan Utilitas Peralatan tertinggi 91,7%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu hanya menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan menurun menjadi 46,5% dan YOR juga menurun menjadi 64,4%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan V terjadi pada bulan Februari 2019. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan IV mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR yang melebihi standar, yaitu nilai YOR 70,9%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 2 (dua) skenario perbaikan yang menambah luas CY. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu menambah luas CY menjadi 9.594 TEU. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 59,6%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan VI terjadi pada bulan Oktober 2019. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan V mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan BOR yang melebihi standar, yaitu YOR 71,4% dan BOR 70,1%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah luas CY dan panjang dermaga. Skenario tersebut menambah luas CY menjadi 11.193 TEU dan panjang dermaga menjadi 1.040 m. Hasil skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 61,2% dan BOR menurun menjadi 51,9%. Skenario ini diterima karena nilai YOR dan BOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan VII terjadi pada bulan Januari 2020. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan VI mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 92%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat STS sebanyak 1 (satu) pasang. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan STS menurun menjadi 46,1%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan VIII terjadi pada bulan April 2020. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan VII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 70,3% dan Utilitas Peralatan tertinggi 91,7%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat SC Depan. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu hanya menambah jumlah alat SC Depan sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan menurun menjadi 61,0% dan YOR juga menurun menjadi 66,8%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan IX terjadi pada bulan Agustus 2020. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan VIII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 71,4% dan Utilitas Peralatan tertinggi 90,2%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat Gate In. Skenario terpilih adalah skenario III, yaitu menambah luas CY menjadi 12.792 TEU dan jumlah alat Gate In

sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 61,3% dan Utilitas Peralatan alat Gate In menurun menjadi 45,0%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan X terjadi pada bulan April 2021. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan IX mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 90,6%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 85,1%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XI terjadi pada bulan Juni 2021. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan X mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan BOR yang melebihi standar, yaitu YOR 71,0% dan BOR 70,8%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah luas CY dan panjang dermaga. Skenario tersebut menambah luas CY menjadi 14.391 TEU dan panjang dermaga menjadi 1.310 m. Hasil skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 63,1% dan BOR menurun menjadi 56,7%. Skenario ini diterima karena nilai YOR dan BOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan XII terjadi pada bulan September 2021. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XI mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 90,6%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 17 (tujuh belas) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 85,1%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XIII terjadi pada bulan Januari 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR yang melebihi standar, yaitu nilai YOR 70,6%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario perbaikan yang menambah luas CY. Skenario tersebut menambah luas CY menjadi 15.990 TEU. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 63,5%. Skenario ini diterima karena nilai YOR yang sesuai standar.

Pengoptimalan XIV terjadi pada bulan Februari 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XIII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 90,9%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat CTT

Lapangan Tukar menjadi 18 (delapan belas) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 85,1%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XV terjadi pada bulan April 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XIV mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 90,9%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan alat SC Lapangan Tukar menurun menjadi 60,6%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XVI terjadi pada bulan Juli 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XV mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 70,4% dan Utilitas Peralatan tertinggi 90,9%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu hanya menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 68,6% dan Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 86,2%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XVII terjadi pada bulan September 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XVI mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 70,6% dan Utilitas Peralatan tertinggi 90,2%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat SC Depan. Skenario terpilih adalah skenario I, yaitu hanya menambah jumlah alat SC Depan sebanyak 1 (satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 68,2% dan Utilitas Peralatan alat SC Depan menurun menjadi 67,0%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XVIII terjadi pada bulan Desember 2022. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XVII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR, BOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 71,6%, BOR 70,1%, dan Utilitas Peralatan tertinggi 90,8%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY, menambah panjang dermaga, dan atau menambah jumlah alat CTT Lapangan Tuakr. Skenario terpilih adalah skenario III, yaitu

menambah luas CY menjadi 17.589 TEU, panjang dermaga menjadi 1.580 m, dan jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 20 (dua puluh) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 62,9%, BOR menurun menjadi 58,1%, dan Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 86,4%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XIX terjadi pada bulan Mei 2023. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XVIII mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu Utilitas Peralatan tertinggi 90,8%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan skenario yang menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 21 (dua puluh satu) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 86,7%. Skenario ini diterima karena nilai Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Pengoptimalan XX terjadi pada bulan September 2023. Pengoptimalan ini dilakukan karena model pengoptimalan XIX mengalami *overcapacity* yang ditunjukkan dengan nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang melebihi standar, yaitu YOR 70,8% dan Utilitas Peralatan tertinggi 90,1%. Pengoptimalan dilakukan dengan mengajukan 3 (tiga) skenario perbaikan yang menambah luas CY dan atau menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar. Skenario terpilih adalah skenario III, yaitu menambah luas CY menjadi 19.188 TEU dan menambah jumlah alat CTT Lapangan Tukar menjadi 22 (dua puluh dua) buah. Hasil dari skenario ini membuat nilai YOR menurun menjadi 64,7% dan Utilitas Peralatan alat CTT Lapangan Tukar menurun menjadi 86,1%. Skenario ini dipilih karena nilai YOR dan Utilitas Peralatan yang sesuai standar.

Penambahan-penambahan di atas dapat langsung direncanakan sekaligus agar memudahkan pemesanan serta meminimalisir biaya pengiriman dan pengadaan. Total penambahan yang diperlukan hingga bulan Desember tahun 2023 adalah menambah luas CY menjadi 19.188 TEU; menambah panjang dermaga internasional menjadi 1.580 meter; dan menambah jumlah alat *Straddle Carrier* (SC) Lapangan Tukar sebanyak 2 (dua) buah, *Ship to Shore* (STS) sebanyak 1 (satu) pasang, SC Depan sebanyak 2 (dua) buah, Gate In sebanyak 1 (satu) buah, dan CTT Lapangan Tukar sebanyak 7 (tujuh) buah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil analisa dan pembahasan data pada bab sebelumnya. Kesimpulan berisi jawaban rumusan masalah dari penelitian ini. Sedangkan saran berisi manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini dan untuk penelitian selanjutnya.

5.1. Kesimpulan

Berikut ini dipaparkan kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

1. Hasil simulasi untuk sistem Teluk Lamong Dermaga Internasional yang sedang berjalan, pada Bulan Maret 2016 menunjukkan nilai indikator YOR, BOR, dan Utilitas peralatan yang belum optimal, yaitu YOR sebesar 28%, BOR sebesar 18%, dan Utilitas Peralatan paling besar 24%. Sehingga perlu dilakukan rancangan perbaikan untuk mengoptimalkan kegiatan bongkar-muat. Terdapat 4 (empat) rancangan perbaikan yang diajukan. Skenario terbaik adalah skenario yang menghasilkan nilai Utilitas Peralatan yang optimal, yaitu mendekati 80% tetapi tidak lebih dari 90%. Skenario optimal untuk perbaikan Bulan Maret 2016 adalah alternatif IV, yaitu mengurangi jumlah pengoperasian CTT Lapangan Tukar menjadi 3 (tiga) buah, CTT Dermaga menjadi 2 (dua) buah, dan alat-alat lain menjadi 1 (satu) buah.
2. Hingga Tahun 2023, ditemukan 20 (dua puluh) kali pengoptimalan yang dapat dilakukan. Pengoptimalan tersebut berbeda setiap tahunnya. Pada tahun 2017, pengoptimalan terjadi pada bulan Juni dengan cara menambah luas CY menjadi 6.396 TEU atau 4 (empat) blok. Pada tahun 2018, pengoptimalan terjadi pada bulan April dan Oktober dengan cara menambah luas CY menjadi 7.995 TEU, panjang dermaga menjadi 770 m, dan jumlah alat SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah. Pada tahun 2019, pengoptimalan terjadi pada bulan Februari dan Oktober dengan cara menambah luas CY menjadi 11.193 TEU atau 7 (tujuh) blok dan panjang dermaga menjadi 1.040 m. Pada tahun 2020, pengoptimalan terjadi pada bulan Januari, April, dan Agustus dengan cara menambah luas CY menjadi 12.792 TEU atau 8 (delapan) blok, menambah alat STS, SC Depan, dan Gate In masing-masing sebanyak 1 (satu)

buah. Pada tahun 2021, pengoptimalan terjadi pada bulan April, Juni, dan September dengan menambah luas CY menjadi 14.391 TEU atau 9 (Sembilan) blok, panjang dermaga menjadi 1.310 m, dan CTT Lapangan Tukar sebanyak 2 (dua) buah. Pada tahun 2022, pengoptimalan terjadi pada bulan Januari, Februari, April, Juli, September, dan Desember dengan menambah CY menjadi 17.589 TEU atau 11 (sebelas) blok, panjang dermaga menjadi 1.580 m, CTT Lapangan Tukar sebanyak 3 (tiga) buah, SC Lapangan Tukar sebanyak 1 (satu) buah, dan SC Depan sebanyak 1 (satu) buah. Pada Tahun 2023, pengoptimalan terjadi pada bulan Mei dan September dengan menambah luas CY menjadi 19.188 TEU atau 12 (dua belas) blok dan CTT Lapangan Tukar sebanyak 2 (dua) buah.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan untuk pengoptimalan kapasitas dermaga internasional dan rancangan pembangunan tahap III Terminal Teluk Lamong.
2. Model konseptual dan atau simulasi pada penelitian ini dapat digunakan untuk tahun-tahun berikutnya sebagai proyeksi YOR, BOR, dan Utilitas Peralatan dermaga internasional dengan *input* dan data peramalan yang lebih aktual di Terminal Teluk Lamong..
3. Dapat digunakan sebagai acuan penelitian terkait untuk kapasitas dermaga domestik.
4. Dapat digunakan untuk penelitian lanjutan dengan mempertimbangan peti kemas dengan perlakuan khusus dalam dermaga internasional Terminal Teluk Lamong.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiyakso, T. W. & Hadi F. (2012). *Evaluasi Lokasi Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Altiok, T. & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Oxford: Elsevier.
- Arif, M. (2016). *Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri Edisi 1*. Yogyakarta: Deepublish.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. & Nicol, D. M. (2005). *Discrete-Event System Simulation Fourth Edition*. New Jersey: Pearson.
- Bappenas. (2015). *Sustaining Partnership Edisi Transportasi Laut*, Jakarta: Bappenas. [pkps.bappenas.go.id/attachments/article/1315/Majalah PKPS Edisi Transportasi Laut](http://pkps.bappenas.go.id/attachments/article/1315/Majalah%20PKPS%20Edisi%20Transportasi%20Laut). (diakses 30 Agustus 2016).
- Barus, H. (2016). *Arus Peti Kemas Tanjung Perak Meningkat 0,5 Persen*. <http://www.beritasatu.com/ekonomi/338896-arus-peti-kemas-tanjung-perak-meningkat-05-persen.html>. (diakses 02 Juli 2016).
- BUMN. (2008). *YOR*. http://www.bumn.go.id/pelindo1/berita/504/YARD_OCCUPANCY.RATIO. (diakses 30 Agustus 2016).
- Crowther, J. (1995). "Overcapacity". *Oxford: Advanced Learner's Dictionary Fifth Edition*, hal. 826.
- Customs Co-Operation Council. (1994). *Customs Convention on Container 1972*. Brussels: International Maritime Organization.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). "Kongesti" dan "Stagnansi". *Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa Edisi Keempat*, hal. 723 & 1336.
- Departemen Perhubungan. (2009). *Peraturan Pemerintah nomor 61 tahun 2009 tentang Kepelabuhan*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Ditjen Perhubungan Darat. (2007). *Peraturan menteri perhubungan nomor 14 tahun 2007 tentang Kendaraan Pengangkut Peti Kemas di Jalan*. Jakarta: Ditjen Perhubungan Darat.
- Ditjen Perhubungan Laut. (2011). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM. 002/38/18/DJPL-11 tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan*. Jakarta: Ditjen Perhubungan Laut.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistic Using SPSS Third Edition*. New Delhi: Sage Publication
- Google. (2016). *Google Earth Pro*. Earth.google.com. (diakses 02 Juli 2016).

- Gravetter, F. J. & Foranzo, L. (2010). *Research Methods for Behavioral Sciences*. Belmont: Wadsworth.
- Harrel, C., Ghosh, B. K. & Bowden, R. (2004). *Simulation Using Promodel Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- IBM. (2017). IBM SPSS. <https://www.ibm.com>. (diakses 03 Februari 2017)
- International Association of Ports and Harbors. (2015). *World Port Traffic 2015*. www.iaphworldports.org. (diakses 02 Juli 2016).
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Sadowski, D. A. (2001). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill.
- Kramadibrata, S. (2002). *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Lasse, D. A. (2007). *Manajemen Peralatan Aspek Operasional dan Perawatan*. Jakarta: Nika.
- Law, M. A. & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis International Edition*. Singapore: McGraw-Hill.
- Mathwave. (2014). *Data Analysis and Simulation*. <http://www.mathwave.com>. (diakses 10 Desember 2016)
- Minitab. (2017). *Minitab's Help*. <http://www.minitab.com> (diakses 3 Februari 2017)
- Minitorn. (2002). *Activity Cycle Diagram*. <http://minitorn.tlu.ee>. (diakses 02 Juli 2016)
- Montgomery, C. D. & Runger, C. G. (2003). *Applied Statistics and Probability for Engineers Third Edition*. New York: John Wiley & sons, Inc.
- PELINDO III. (2015). *Laporan Tahunan 2015 PT Pelabuhan Indonesia III (Persero)*. Surabaya: PELINDO III.
- Pranata, R.Y. (2014). Analisis Kinerja Terminal Multipurpose Teluk Lamong. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Rockwell. (2005). *ARENA User's Guide*. USA: Rockwell Software Inc.
- Rohmandani, R. (2009). Perancangan Model Simulasi untuk Mengoptimalkan Waktu Pelayanan pada Pelabuhan Merak. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Sigit. (2016). *Angkutan Peti Kemas Makin Jadi Idaman*. <https://www.truckmagz.com/angkutan-petikemas-makin-jadi-idaman>. (diakses 02 Juli 2016)
- Sipper, D. & Bulfin, R. L. (1997). *Production: Planning, Control, and Integration*. New York: McGraw-Hill.

- Siswadi & Mujiarto, I. (2013). Optimasi Sistem Pelayanan Bongkar Muat Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan Model Simulasi Antrian. *Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013*: 38-45. Semarang: Universitas Wahid Hasyim.
- Soepeno, B. (1997). *Statistik Terapan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Supriyono. (2009). Analisa Kinerja Terminal Petikemas di Tanjung Perak Surabaya (Studi Kasus: PT Terminal Petikemas Surabaya). *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Terminal Petikemas Surabaya. (2014). *Layanan*. <http://tps.co.id/services/Default.aspx>. (diakses pada 20 Agustus 2016)
- Terminal Teluk Lamong. (2016). *Laporan Produksi*. <http://www.teluklamong.co.id/produksi>. (diakses 01 November 2016).
- Terminal Teluk Lamong. (2016). *Fasilitas Pelayanan*. <http://www.teluklamong.co.id/page/facilities-3>. (diakses 20 Agustus 2016).
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Walpole, R. E. (1992). Pengantar Statistika Edisi ketiga. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wikipedia. (2016). *Peti Kemas*. https://id.wikipedia.org/wiki/Peti_kemas. (diakses 02 Agustus 2016)

Lampiran 1. Waktu Proses Bongkar Muat Peti Kemas

Replikasi	Waktu Proses Bongkar/Impor (dalam detik)							
	a	b	c	d	e	f	g	H
1	88	223	157	67	59	510	56	80
2	96	233	129	46	55	505	60	66
3	94	236	146	62	57	502	59	83
4	103	221	171	48	57	504	55	79
5	99	229	172	54	53	507	56	98
6	79	231	140	56	62	508	52	65
7	85	230	154	56	62	527	60	76
8	93	222	152	45	61	500	66	80
9	84	242	152	42	52	527	63	91
10	82	232	130	66	59	499	64	70
11	77	229	143	47	59	520	60	59
12	85	225	160	65	54	526	63	93
13	83	232	162	43	62	510	54	58
14	76	222	164	47	51	510	62	77
15	84	228	130	42	53	503	54	79
16	100	239	130	64	56	515	58	86
17	83	233	142	52	59	514	58	72
18	85	218	154	50	60	520	57	94
19	95	225	153	45	55	498	61	77
20	86	242	174	52	57	506	57	72
21	96	223	133	52	52	511	61	79
22	88	227	166	49	56	522	58	91
23	76	222	171	51	56	501	61	68
24	87	231	145	49	56	507	63	64
25	93	220	133	60	60	498	66	87
26	84	217	154	57	58	507	57	78
27	84	235	169	59	58	517	61	75
28	75	236	135	66	59	503	60	64
29	100	238	148	63	55	509	58	72
30	96	241	145	46	60	510	66	73
31	93	228	158	52	55	508	54	78
32	91	220	158	61	55	513	57	100
33	86	235	151	59	62	506	55	81
34	79	231	175	67	56	527	65	69
35	96	229	141	47	55	510	57	91
36	76	221	167	59	55	499	58	89
37	92	234	145	57	60	504	54	85
38	78	223	162	49	56	516	65	81
39	86	228	169	51	58	509	54	86
40	90	220	172	55	56	502	59	96
41	99	223	166	50	59	519	62	67
42	84	236	167	59	60	500	56	74
43	89	224	132	50	55	511	62	69
44	92	237	143	49	54	501	59	100
45	95	218	140	49	56	525	66	93
46	88	230	161	48	57	522	65	63
47	98	226	134	43	58	521	61	84
48	96	222	141	53	53	499	56	76
49	79	219	160	47	54	499	59	79
50	91	232	157	52	52	498	55	81



Replikasi	Waktu Proses Muat/Ekspor (dalam detik)							
	i	j	k	l	m	n	o	p
1	80	54	505	116	62	54	236	75
2	66	56	499	115	71	57	240	84
3	83	60	535	119	62	55	239	80
4	79	52	512	122	82	51	235	72
5	98	63	518	116	72	58	236	83
6	65	57	498	110	59	65	232	93
7	76	51	507	123	67	49	240	86
8	80	61	537	112	67	66	244	78
9	91	57	541	119	67	64	243	96
10	87	54	489	112	67	62	234	86
11	91	57	497	109	71	65	243	86
12	85	61	517	117	68	65	237	93
13	70	58	494	120	61	56	245	81
14	88	62	518	115	79	51	239	78
15	72	62	523	110	52	59	238	82
16	95	56	525	123	56	65	237	81
17	76	58	503	117	76	56	237	85
18	99	57	494	120	66	62	244	77
19	70	61	498	121	67	48	238	91
20	81	53	493	119	64	57	241	83
21	69	58	543	113	73	67	241	91
22	81	60	505	113	61	64	234	82
23	81	52	523	117	66	66	238	75
24	83	53	499	117	66	58	245	90
25	68	51	513	119	63	67	237	85
26	96	60	511	119	58	57	239	86
27	89	51	516	108	67	56	237	85
28	71	57	511	117	62	59	245	90
29	76	57	516	111	69	68	241	77
30	79	53	493	113	52	60	238	80
31	81	59	528	119	63	65	240	72
32	67	54	506	113	63	51	234	95
33	88	53	511	118	79	65	239	90
34	93	62	543	111	75	62	237	74
35	79	55	501	111	58	55	241	82
36	90	64	533	115	82	50	245	92
37	73	61	490	113	80	55	235	97
38	100	53	531	116	75	50	234	87
39	78	55	522	113	72	66	241	94
40	85	52	491	113	60	62	235	83
41	78	58	524	115	68	58	240	88
42	91	53	536	116	82	63	236	81
43	84	60	509	118	59	54	233	88
44	72	55	519	123	71	64	239	90
45	88	62	543	122	67	50	244	91
46	82	57	491	116	64	64	235	72
47	77	60	508	110	79	63	239	79
48	93	53	515	110	68	67	235	83
49	91	64	502	117	57	65	233	89
50	85	52	491	116	65	51	238	86

Keterangan:

a	= STS Bongkar	i	= Gate in
b	= Dermaga ke Lap. Buffer 1	j	= Pertukaran HT ke CTT
c	= Lap. Buffer 1 ke CY	k	= Lap. Tukar ke Buffer 2
d	= Penumpukan Peti kemas 1	l	= Positioning
e	= Pengambilan Peti kemas 1	m	= Penumpukan Peti Kemas 2
f	= CY ke Lap. Tukar	n	= Pengambilan Peti Kemas 2
g	= Pertukaran CTT ke HT	o	= CY ke Dermaga
h	= Gate Out	p	= STS Muat

Lampiran 2. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

1. STS Bongkar (Anjungan maupun Buritan)

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{4414}{50} = 88,275; \sigma_{\bar{t}} = 7,45; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 88,2 \pm 2(7,45) = 103,19 \text{ dan } 73,36$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (392.563) - (19.490.357)}}{4.415} \right)^2 = 11,3 \approx 12$$

2. Dermaga ke Lapangan Buffer 1

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{11419}{50} = 228,3; \sigma_{\bar{t}} = 6,8; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 228,3 \pm 2(6,8) = 242 \text{ dan } 214,7$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (2.611.028) - (130.434.576)}}{11.421} \right)^2 = 1,4 \approx 2$$

3. Lapangan Buffer 1 ke CY

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{7612}{50} = 152,2; \sigma_{\bar{t}} = 13,8; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 152,2 \pm 2(13,8) = 175,3 \text{ dan } 129$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (1.168.364) - (57.946.877)}}{7.612} \right)^2 = 13,01 \approx 13$$

4. Penumpukkan Peti Kemas 1

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2658}{50} = 53,1; \sigma_{\bar{t}} = 7,14; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 53,1 \pm 2(7,14) = 67,4 \text{ dan } 42$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (144.329) - (7.085.145)}}{2.663} \right)^2 = 28,3 \approx 29$$

5. Pengambilan Peti Kemas 1

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2838}{50} = 56,7; \sigma_{\bar{t}} = 2,9; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 56,7 \pm 2(2,9) = 62 \text{ dan } 51$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (161.637) - (8.057.033)}}{2.838} \right)^2 = 4,9 \approx 5$$

6. CY ke Lapangan Tukar

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{25485}{50} = 509,7; \sigma_{\bar{t}} = 8,8; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 509,7 \pm 2(8,8) = 527 \text{ dan } 498$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (13.009.468) - (650.250.000)}}{25.500} \right)^2 = 0,54 \approx 1$$

7. Pertukaran CTT ke HT

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2962}{50} = 59,2; \sigma_{\bar{t}} = 3,7; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 59,2 \pm 2(3,7) = 66,7 \text{ dan } 51,6$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (177714) - (8.841.060)}}{2.973} \right)^2 = 6,3 \approx 7$$

8. Gate Out

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{3947}{50} = 78,9 ; \sigma_{\bar{t}} = 10,7 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 78,9 \pm 2(10,7) = 100,4 \text{ dan } 57,4$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (317.311) - (15.573.924)}}{3.946} \right)^2 = 29,9 \approx 30$$

9. Gate in

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{4097}{50} = 81,9 ; \sigma_{\bar{t}} = 9 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 81,9 \pm 2(9) = 100,1 \text{ dan } 63,7$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (339.987) - (16.794.657)}}{4.098} \right)^2 = 19,5 \approx 20$$

10. Pertukaran HT ke CTT

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2842}{50} = 56,8 ; \sigma_{\bar{t}} = 3,7 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 56,8 \pm 2(3,7) = 64,3 \text{ dan } 49,3$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (162.282) - (8.079.805)}}{2.842} \right)^2 = 6,7 \approx 7$$

11. Lapangan Tukar ke Lapangan Buffer 2

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{25625}{50} = 512,5 ; \sigma_{\bar{t}} = 15,9 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 512,5 \pm 2(15,9) = 544,3 \text{ dan } 480,6$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (13.150.716) - (656.899.157)}}{25.630} \right)^2 = 1,5 \approx 2$$

12. Positioning

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{5789}{50} = 115,7 ; \sigma_{\bar{t}} = 3,9 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 115,7 \pm 2(3,9) = 123,7 \text{ dan } 107,7$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (672.602) - (33.583.090)}}{5.795} \right)^2 = 1,8 \approx 2$$

13. Penumpukan Peti Kemas 2

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{3360}{50} = 67,2 ; \sigma_{\bar{t}} = 7,6 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 67,2 \pm 2(7,6) = 82,4 \text{ dan } 51,9$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (229.281) - (11.299.350)}}{3.361} \right)^2 = 20,1 \approx 21$$

14. Pengambilan Peti Kemas 2

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2968}{50} = 59,3 ; \sigma_{\bar{t}} = 5,8 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 59,3 \pm 2(5,8) = 71,1 \text{ dan } 47,6$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (177.870) - (8.808.817)}}{2.968} \right)^2 = 15,3 \approx 16$$

15. CY ke Dermaga

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{11925}{50} = 238,5 ; \sigma_{\bar{t}} = 3,5 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 238,5 \pm 2(3,5) = 245,5 \text{ dan } 231,4$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (2.848.281) - (142.378.068)}}{11.932} \right)^2 = 0,4 \approx 1$$

16. STS Muat (Buritan maupun Anjungan)

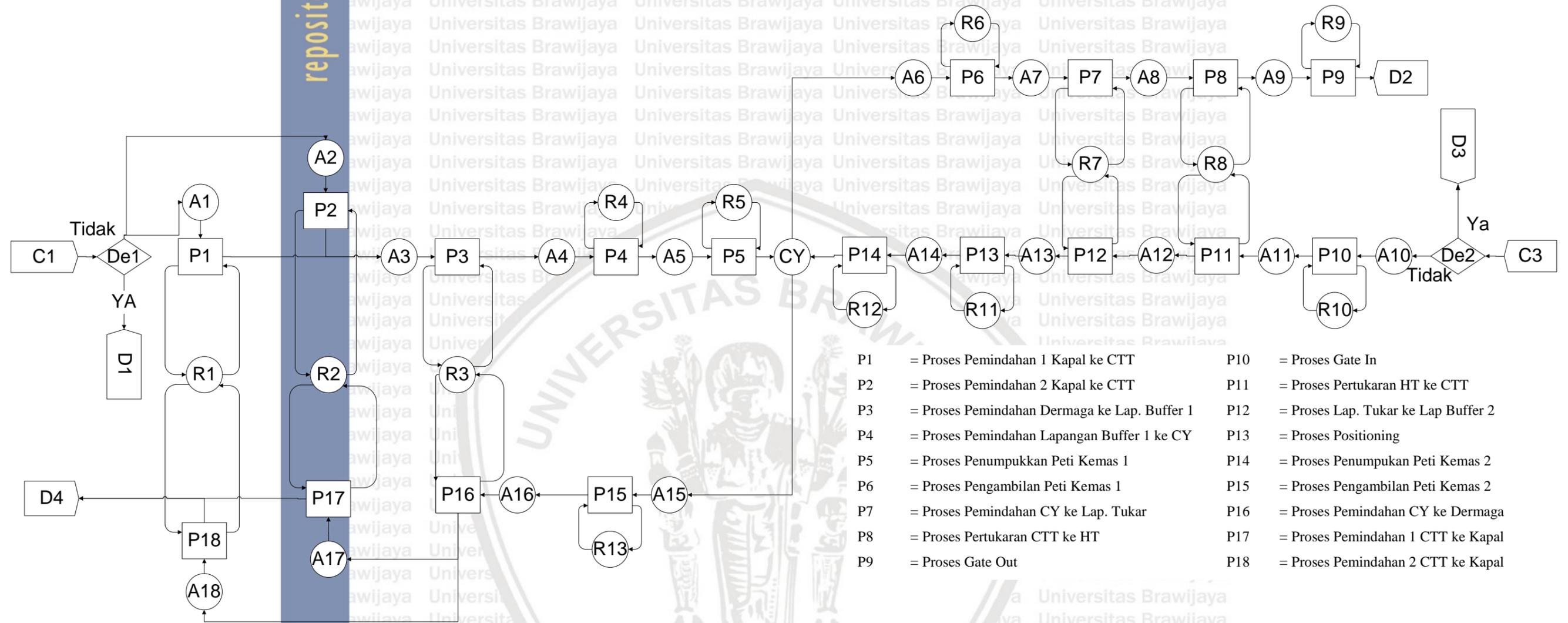
$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{4222}{50} = 84,4 ; \sigma_{\bar{t}} = 6,5 ; BK = \bar{t} + k\sigma_{\bar{t}} = 84,4 \pm 2(6,5) = 97,4 \text{ dan } 71,4$$

$$N^1 = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{50 \times (359.597) - (17.851.158)}}{4.225} \right)^2 = 9,29 \approx 10$$



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





- | | |
|---|---|
| P1 = Proses Pemindahan 1 Kapal ke CTT | P10 = Proses Gate In |
| P2 = Proses Pemindahan 2 Kapal ke CTT | P11 = Proses Pertukaran HT ke CTT |
| P3 = Proses Pemindahan Dermaga ke Lap. Buffer 1 | P12 = Proses Lap. Tukar ke Lap Buffer 2 |
| P4 = Proses Pemindahan Lapangan Buffer 1 ke CY | P13 = Proses Positioning |
| P5 = Proses Penumpukkan Peti Kemas 1 | P14 = Proses Penumpukan Peti Kemas 2 |
| P6 = Proses Pengambilan Peti Kemas 1 | P15 = Proses Pengambilan Peti Kemas 2 |
| P7 = Proses Pemindahan CY ke Lap. Tukar | P16 = Proses Pemindahan CY ke Dermaga |
| P8 = Proses Pertukaran CTT ke HT | P17 = Proses Pemindahan 1 CTT ke Kapal |
| P9 = Proses Gate Out | P18 = Proses Pemindahan 2 CTT ke Kapal |

Keterangan

- | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|----------------------------|------------------------------|
| A1 = Antri STS Anjungan Bongkar | A10 = Antri Gate In | C1 = Kedatangan Peti Kemas Impor | R1 = STS Anjungan Idle | R10 = Get In Idle |
| A2 = Antri STS Buritan Bongkar | A11 = Antri Pertukaran HT ke CTT | C2 = Kedatangan Peti Kemas Ekspor | R2 = STS Buritan Idle | R11 = Park Idle |
| A3 = Antri Dermaga ke Lap. Buffer 1 | A12 = Antri Lap. Tukar ke Lap Buffer 2 | D1 = Peti Kemas Impor dengan Perlakuan Khusus | R3 = CTT Dermaga Idle | R12 = ASC Ekspor Tumpuk Idle |
| A4 = Antri Lapangan Buffer 1 ke CY | A13 = Antri Positioning | D2 = Peti Kemas Impor Dikirim | R4 = SC Depan Idle | R13 = ASC Impor Tumpuk Idle |
| A5 = Antri Penumpukkan Peti Kemas 1 | A14 = Antri Penumpukan Peti Kemas 2 | D3 = Peti Kemas Ekspor dengan Perlakuan Khusus | R5 = ASC Impor Tumpuk Idle | |
| A6 = Antri Pengambilan Peti Kemas 1 | A15 = Antri Pengambilan Peti Kemas 2 | D4 = Peti Kemas Ekspor Dimuat | R6 = ASC Impor Ambil Idle | |
| A7 = Antri CY ke Lap. Tukar | A16 = Antri CY ke Dermaga | De1 = Apakah Peti Kemas Impor Perlu Perlakuan Khusus? | R7 = CTT Lap. Tukar Idle | |
| A8 = Antri Pertukaran CTT ke HT | A17 = Antri STS Buritan Muat | De2 = Apakah Peti Kemas Ekspor Perlu Perlakuan Khusus? | R8 = SC Lap. Tukar Idle | |
| A9 = Antri Gate Out | A18 = Antri STS Anjungan Muat | CY = Menunggu Dwelling Time 4,5 Hari | R9 = Gate Out Idle | |



Lampiran 4. Hasil Chi-Squared Goodness of Fit dan Nilai Parameter

1. STS Bongkar (Buritan Maupun Anjungan)

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.5397				
P-Value	0.7705				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=7.4731$ $\mu=88.3$
2	Triangular	$m=85.0$ $a=72.477$ $b=106.24$
3	Uniform	$a=75.356$ $b=101.24$

2. Dermaga ke Lapangan Buffer 1

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	1.8479				
P-Value	0.86977				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=6.9282$ $\mu=228.4$
2	Triangular	$m=224.2$ $a=217.0$ $b=244.0$
3	Uniform	$a=216.4$ $b=240.4$

3. Lapangan Buffer 1 ke CY

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	1.7981				
P-Value	0.87631				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=13.812$ $\mu=152.26$
2	Triangular	$m=152.78$ $a=129.0$ $b=175.0$
3	Uniform	$a=128.34$ $b=176.18$

4. Penumpukkan Peti Kemas 1

Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	2.1922				
P-Value	0.70046				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	5.9886	7.7794	9.4	11.7	13.27
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=7.2775$ $\mu=53.24$
2	Triangular	$m=47.0$ $a=40.335$ $b=72.949$
3	Uniform	$a=40.635$ $b=65.845$

5. Pengambilan Peti Kemas 1

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.1102				
P-Value	0.83369				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=3.1298$ $\mu=56.8$
2	Triangular	$m=56.0$ $a=48.504$ $b=65.63$
3	Uniform	$a=51.379$ $b=62.221$

6. CY ke Lapangan Tukar

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	3.224				
P-Value	0.66549				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=6.0562$ $\mu=507.66$
2	Triangular	$m=505.98$ $a=498.0$ $b=519.0$
3	Uniform	$a=497.17$ $b=518.15$

7. Pertukaran CTT ke HT

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	0.6807				
P-Value	0.98401				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=4.3199$ $\mu=59.54$
2	Triangular	$m=56.0$ $a=51.38$ $b=72.194$
3	Uniform	$a=52.058$ $b=67.022$

8. Gate Out

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	1.3734				
P-Value	0.9272				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=10.896$ $\mu=78.96$
2	Triangular	$m=79.0$ $a=53.375$ $b=104.9$
3	Uniform	$a=60.087$ $b=97.833$

9. Gate in

Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	2.0844				
P-Value	0.72024				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	5.9886	7.7794	9.4877	11.668	13.277
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=9.1974$ $\mu=82.02$
2	Triangular	$m=80.0$ $a=61.917$ $b=103.9$
3	Uniform	$a=66.09$ $b=97.95$

10. Pertukaran HT ke CTT

Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	3.7947				
P-Value	0.4345				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	5.9886	7.7794	9.4877	11.668	13.277
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=3.81$ $\mu=56.88$
2	Triangular	$m=53.0$ $a=50.12$ $b=66.212$
3	Uniform	$a=50.281$ $b=63.479$

11. Lapangan Tukar ke Lapangan Buffer 2

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	1.2002				
P-Value	0.94486				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=16.167$ $\mu=512.64$
2	Triangular	$m=502.92$ $a=489.0$ $b=546.0$
3	Uniform	$a=484.64$ $b=540.64$

12. Positioning

Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	0.15439				
P-Value	0.99717				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	5.9886	7.7794	9.4877	11.668	13.277
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=4.3753$ $\mu=115.86$
2	Triangular	$m=116.0$ $a=105.11$ $b=127.14$
3	Uniform	$a=108.28$ $b=123.44$

13. Penumpukan Peti Kemas 2

Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	5.6045				
P-Value	0.23069				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	5.9886	7.7794	9.4877	11.668	13.277
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=8.1848$ $\mu=67.22$
2	Triangular	$m=67.0$ $a=46.366$ $b=87.932$
3	Uniform	$a=53.043$ $b=81.397$

14. Pengambilan Peti Kemas 2

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.8352				
P-Value	0.72537				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.06
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=5.8819$ $\mu=59.34$
2	Triangular	$m=66.0$ $a=44.807$ $b=68.571$
3	Uniform	$a=49.152$ $b=69.528$

15. CY ke Dermaga

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2.8				
P-Value	0.73079				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.28	9.23	11.07	13.388	15.08
Reject?	No	No	No	No	No

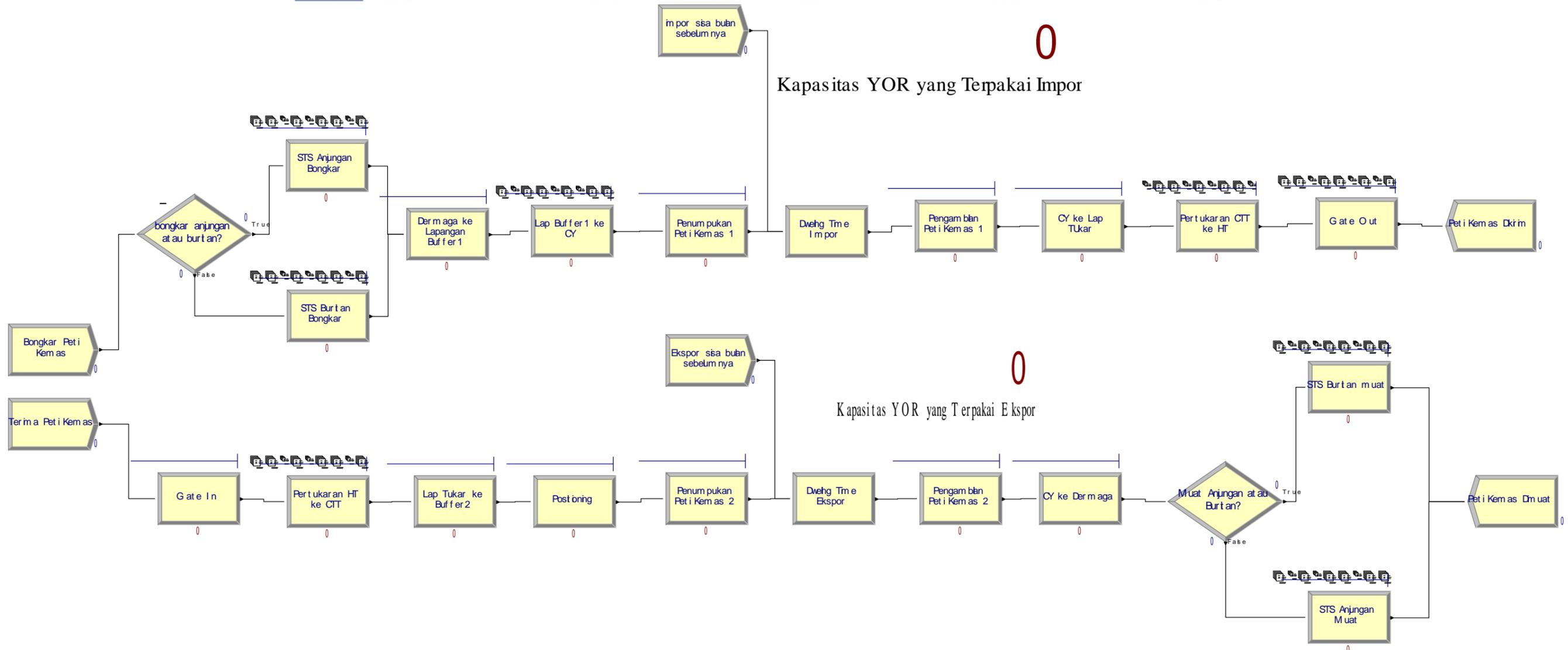
#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=3.8524$ $\mu=238.66$
2	Triangular	$m=234.98$ $a=232.0$ $b=249.0$
3	Uniform	$a=231.99$ $b=245.33$

16. STS Muat (Buritan maupun Anjungan)

Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	0.74187				
P-Value	0.98059				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Reject?	No	No	No	No	No

#	Distribution	Parameters
1	Normal	$\sigma=7.2399$ $\mu=84.54$
2	Triangular	$m=83.0$ $a=66.277$ $b=107.19$
3	Uniform	$a=72.0$ $b=97.08$

Lampiran 5. Model ARENA



Lampiran 6. Hasil Peramalan dengan Minitab

Bulan	Arus Impor dalam TEU (trend analysis)	Arus Ekspor dalam TEU (DES)	Kedatangan Kapal (trend analysis)
April 2016	6031.3	6091.0	24.236
Mei 2016	6502.1	6477.6	26.200
Juni 2016	6972.9	6864.1	28.164
Juli 2016	7443.7	7250.7	30.127
Agustus 2016	7914.5	7637.3	32.091
September 2016	8385.4	8023.9	34.055
Oktober 2016	8856.2	8410.5	36.018
November 2016	9327.0	8797.0	37.982
Desember 2016	9797.8	9183.6	39.945
Januari 2017	10268.6	9570.2	41.909
Februari 2017	10739.5	9956.8	43.873
Maret 2017	11210.3	10343.4	45.836
April 2017	11681.1	10730.0	47.800
Mei 2017	12151.9	11116.5	49.764
Juni 2017	12622.7	11503.1	51.727
Juli 2017	13093.5	11889.7	53.691
Agustus 2017	13564.4	12276.3	55.655
September 2017	14035.2	12662.9	57.618
Oktober 2017	14506.0	13049.4	59.582
November 2017	14976.8	13436.0	61.545
Desember 2017	15447.6	13822.6	63.509
Januari 2018	15918.5	14209.2	65.473
Februari 2018	16389.3	14595.8	67.436
Maret 2018	16860.1	14982.4	69.400
April 2018	17330.9	15368.9	71.364
Mei 2018	17801.7	15755.5	73.327
Juni 2018	18272.5	16142.1	75.291
Juli 2018	18743.4	16528.7	77.255
Agustus 2018	19214.2	16915.3	79.218
September 2018	19685.0	17301.8	81.182
Oktober 2018	20155.8	17688.4	83.145
November 2018	20626.6	18075.0	85.109
Desember 2018	21097.5	18461.6	87.073
Januari 2019	21568.3	18848.2	89.036
Februari 2019	22039.1	19234.7	91.000
Maret 2019	22509.9	19621.3	92.964
April 2019	22980.7	20007.9	94.927
Mei 2019	23451.5	20394.5	96.891
Juni 2019	23922.4	20781.1	98.855
Juli 2019	24393.2	21167.7	100.818
Agustus 2019	24864.0	21554.2	102.782
September 2019	25334.8	21940.8	104.745
Oktober 2019	25805.6	22327.4	106.709
November 2019	26276.5	22714.0	108.673
Desember 2019	26747.3	23100.6	110.636
Januari 2020	27218.1	23487.1	112.600
Februari 2020	27688.9	23873.7	114.564
Maret 2020	28159.7	24260.3	116.527
April 2020	28630.5	24646.9	118.491
Bulan	Arus Impor dalam TEU	Arus Ekspor dalam TEU	Kedatangan Kapal

	(trend analysis)	(DES)	(trend analysis)
Mei 2020	29101.4	25033.5	120.455
Juni 2020	29572.2	25420.1	122.418
Juli 2020	30043.0	25806.6	124.382
Agustus 2020	30513.8	26193.2	126.345
September 2020	30984.6	26579.8	128.309
Oktober 2020	31455.5	26966.4	130.273
November 2020	31926.3	27353.0	132.236
Desember 2020	32397.1	27739.5	134.200
Januari 2021	32867.9	28126.1	136.164
Februari 2021	33338.7	28512.7	138.127
Maret 2021	33809.5	28899.3	140.091
April 2021	34280.4	29285.9	142.055
Mei 2021	34751.2	29672.4	144.018
Juni 2021	35222.0	30059.0	145.982
Juli 2021	35692.8	30445.6	147.945
Agustus 2021	36163.6	30832.2	149.909
September 2021	36634.5	31218.8	151.873
Oktober 2021	37105.3	31605.4	153.836
November 2021	37576.1	31991.9	155.800
Desember 2021	38046.9	32378.5	157.764
Januari 2022	38517.7	32765.1	159.727
Februari 2022	38988.5	33151.7	161.691
Maret 2022	39459.4	33538.3	163.655
April 2022	39930.2	33924.8	165.618
Mei 2022	40401.0	34311.4	167.582
Juni 2022	40871.8	34698.0	169.545
Juli 2022	41342.6	35084.6	171.509
Agustus 2022	41813.5	35471.2	173.473
September 2022	42284.3	35857.8	175.436
Oktober 2022	42755.1	36244.3	177.400
November 2022	43225.9	36630.9	179.364
Desember 2022	43696.7	37017.5	182.327
Januari 2023	44167.5	37404.1	183.291
Februari 2023	44638.4	37790.7	185.255
Maret 2023	45109.2	38177.2	187.218
April 2023	45580.0	38563.8	189.182
Mei 2023	46050.8	38950.4	191.145
Juni 2023	46521.6	39337.0	193.109
Juli 2023	46992.5	39723.6	195.073
Agustus 2023	47463.3	40110.1	197.036
September 2023	47934.1	40496.7	199.000
Oktober 2023	48404.9	40883.3	200.964
November 2023	48875.7	41269.9	202.927
Desember 2023	49346.5	41656.5	204.890

Lampiran 7. Hasil Simulasi dengan ARENA

Model Aktual

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
April 2016	35	4.797	3	24,4	500	SC Lap. Tukar	29
Mei 2016	37,6	4.797	3	26,4	500	SC Lap. Tukar	31,9
Juni 2016	40,2	4.797	3	28,4	500	SC Lap. Tukar	34
Juli 2016	42,7	4.797	3	30,4	500	SC Lap. Tukar	34
Agustus 2016	45,3	4.797	3	32,3	500	SC Lap. Tukar	38
September 2016	48	4.797	3	34,3	500	SC Lap. Tukar	40
Oktober 2016	50,6	4.797	3	36,3	500	SC Lap. Tukar	42,5
November 2016	53,3	4.797	3	38,3	500	SC Lap. Tukar	44,6
Desember 2016	56,1	4.797	3	40,3	500	SC Lap. Tukar	46,8
Januari 2017	58,8	4.797	3	42,2	500	SC Lap. Tukar	49
Februari 2017	61,4	4.797	3	44,2	500	SC Lap. Tukar	51
Maret 2017	64,3	4.797	3	46,2	500	SC Lap. Tukar	53,1
April 2017	67,1	4.797	3	48,2	500	SC Lap. Tukar	55,3
Mei 2017	69,9	4.797	3	50,2	500	SC Lap. Tukar	57,5
Juni 2017	71,1	4.797	3	52,2	500	SC Lap. Tukar	59,6

Model Pengoptimalan II

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Juni 2017	53,3	6.396	4	52,2	500	SC Lap. Tukar	59,6
Juli 2017	54,8	6.396	4	54,1	500	SC Lap. Tukar	61,8
Agustus 2017	55,2	6.396	4	56,1	500	SC Lap. Tukar	63,9
September 2017	57,2	6.396	4	58,1	500	SC Lap. Tukar	65,0
Oktober 2017	59,1	6.396	4	60,1	500	SC Lap. Tukar	67,7
November 2017	61,1	6.396	4	62,1	500	SC Lap. Tukar	69,8
Desember 2017	63,1	6.396	4	64,0	500	SC Lap. Tukar	71,9
Januari 2018	65,1	6.396	4	66,0	500	SC Lap. Tukar	74,0
Februari 2018	67,1	6.396	4	68,0	500	SC Lap. Tukar	76,0
Maret 2018	69,1	6.396	4	70,0	500	SC Lap. Tukar	78,3
April 2018	71,1	6.396	4	72,0	500	SC Lap. Tukar	80,1

Model Pengoptimalan III

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
April 2018	56,9	7.995	5	46,7	770	SC Lap. Tukar	80,1
Mei 2018	58,5	7.995	5	48,0	770	SC Lap. Tukar	82,5
Juni 2018	60,1	7.995	5	49,3	770	SC Lap. Tukar	84,6
Juli 2018	61,6	7.995	5	50,6	770	SC Lap. Tukar	86,7
Agustus 2018	63,2	7.995	5	51,9	770	SC Lap. Tukar	88,8
September 2018	65,8	7.995	5	53,1	770	SC Lap. Tukar	90,0
Oktober 2018	70,4	7.995	5	54,4	770	SC Lap. Tukar	91,7

Model Pengoptimalan IV

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Oktober 2018	64,4	7.995	5	54,4	770	STS	69,0
November 2018	66,1	7.995	5	55,7	770	STS	70,0
Desember 2018	67,7	7.995	5	57,0	770	STS	71,9
Januari 2019	69,2	7.995	5	58,3	770	STS	73,5
Februari 2019	70,9	7.995	5	59,6	770	STS	75,0

Model Pengoptimalan V

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Februari 2019	59,0	9.594	6	59,6	770	STS	75,0
Maret 2019	60,4	9.594	6	60,9	770	STS	76,5
April 2019	61,7	9.594	6	62,2	770	STS	78,1
Mei 2019	63,1	9.594	6	63,4	770	STS	79,6
Juni 2019	64,7	9.594	6	64,7	770	STS	80,0
Juli 2019	66,4	9.594	6	66,0	770	STS	82,9
Agustus 2019	68,0	9.594	6	67,3	770	STS	84,0
September 2019	69,7	9.594	6	68,6	770	STS	86
Oktober 2019	71,4	9.594	6	70,1	770	STS	87,4

Model Pengoptimalan VI

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Oktober 2019	61,2	11.193	7	51,9	1.040	STS	87,4
November 2019	62,6	11.193	7	52,7	1.040	STS	88,5
Desember 2019	64,0	11.193	7	53,6	1.040	STS	89,6
Januari 2020	66,0	11.193	7	54,6	1.040	STS	92,0

Model Pengoptimalan VII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Januari 2020	66,0	11.193	7	54,6	1.040	SC Depan	87,0
Februari 2020	66,8	11.193	7	55,5	1.040	SC Depan	88,6
Maret 2020	68,2	11.193	7	56,5	1.040	SC Depan	90,0
April 2020	70,3	11.193	7	57,4	1.040	SC Depan	91,7

Model Pengoptimalan VIII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
April 2020	66,8	11.193	7	57,4	1.040	Gate In	84,9
Mei 2020	68,0	11.193	7	58,4	1.040	Gate In	86
Juni 2020	69,1	11.193	7	59,3	1.040	Gate In	87,6
Juli 2020	70,0	11.193	7	60,3	1.040	Gate In	89,9
Agustus 2020	71,4	11.193	7	61,2	1.040	Gate In	90,2

Model Pengoptimalan IX

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Agustus 2020	61,3	12.792	8	61,2	1.040	Gate Out	84,9
September 2020	61,8	12.792	8	62,2	1.040	Gate Out	84,9
Oktober 2020	63,1	12.792	8	63,2	1.040	Gate Out	84,9
November 2020	64,4	12.792	8	64,2	1.040	Gate Out	84,9
Desember 2020	65,1	12.792	8	65,2	1.040	CTT Lap. Tukar	85,9
Januari 2021	66,2	12.792	8	66,0	1.040	CTT Lap. Tukar	87,0
Februari 2021	67,1	12.792	8	67,0	1.040	CTT Lap. Tukar	88,0
Maret 2021	68,2	12.792	8	67,9	1.040	CTT Lap. Tukar	89,4
April 2021	69,1	12.792	8	68,9	1.040	CTT Lap. Tukar	90,6

Model Pengoptimalan X

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
April	68,9	12.792	8	68,9	1.040	CTT Lap. Tukar	85,1
Mei 2021	69,9	12.792	8	69,8	1.040	CTT Lap. Tukar	86,2
Juni 2021	71,0	12.792	8	70,8	1.040	CTT Lap. Tukar	87,3

Model Pengoptimalan XI

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Juni 2021	63,1	14.391	9	56,2	1.310	CTT Lap. Tukar	87,3
Juli 2021	64,2	14.391	9	56,9	1.310	CTT Lap. Tukar	88,4
Agustus 2021	65,3	14.391	9	57,7	1.310	CTT Lap. Tukar	89,5
September 2021	66,4	14.391	9	58,4	1.310	CTT Lap. Tukar	90,6

Model Pengoptimalan XII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
September 2021	66,2	14.391	9	58,4	1.310	CTT Lap. Tukar	85,5
Oktober 2021	67,3	14.391	9	59,2	1.310	CTT Lap. Tukar	86,6
November 2021	68,4	14.391	9	60,0	1.310	CTT Lap. Tukar	87,6
Desember 2021	69,5	14.391	9	60,7	1.310	CTT Lap. Tukar	88,7
Januari 2022	70,6	14.391	9	61,5	1.310	CTT Lap. Tukar	89,8

Model Pengoptimalan XIII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Januari 2022	63,5	15.990	10	61,5	1.310	CTT Lap. Tukar	89,8
Februari 2022	65,5	15.990	10	62,2	1.310	CTT Lap. Tukar	90,9

Model Pengoptimalan XIV

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Februari 2022	64,4	15.900	10	62,5	1.310	SC Lap. Tukar	88,8
Maret 2022	65,3	15.900	10	63,0	1.310	SC Lap. Tukar	89,8
April 2022	67,8	15.900	10	63,7	1.310	SC Lap. Tukar	90,9

Model Pengoptimalan XV

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
April 2022	65,9	15.900	10	63,7	1.310	CTT Lap. Tukar	87,9
Mei 2022	66,9	15.900	10	64,5	1.310	CTT Lap. Tukar	88,9
Juni 2022	67,9	15.900	10	65,3	1.310	CTT Lap. Tukar	89,9
Juli 2022	70,4	15.900	10	66,0	1.310	CTT Lap. Tukar	90,9

Model Pengoptimalan XVI

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Juli 2022	68,6	15.900	10	66,0	1.310	SC Depan	88,2
Agustus 2022	69,6	15.900	10	66,8	1.310	SC Depan	89,6
September 2022	70,6	15.900	10	67,5	1.310	SC Depan	90,2

Model Pengoptimalan XVII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
September 2022	68,2	15.900	10	67,5	1.310	CTT Lap. Tukar	88,6
Oktober 2022	69,0	15.900	10	68,3	1.310	CTT Lap. Tukar	89,0
November 2022	69,8	15.900	10	69,0	1.310	CTT Lap. Tukar	89,9
Desember 2022	71,6	15.900	10	70,1	1.310	CTT Lap. Tukar	90,8

Model Pengoptimalan XVIII

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Desember 2022	62,9	17.589	11	58,1	1.580	CTT Lap. Tukar	86,4
Januari 2023	64,7	17.589	11	58,5	1.580	CTT Lap. Tukar	87,3
Februari 2023	65,4	17.589	11	59,1	1.580	CTT Lap. Tukar	88,2
Maret 2023	66,1	17.589	11	59,7	1.580	CTT Lap. Tukar	89,1
April 2023	66,8	17.589	11	60,4	1.580	CTT Lap. Tukar	89,9
Mei 2023	68,8	17.589	11	61,0	1.580	CTT Lap. Tukar	90,8

Model Pengoptimalan XIX

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
Mei 2023	67,4	17.589	11	61,0	1.580	CTT Lap. Tukar	86,6
Juni 2023	68,1	17.589	11	61,6	1.580	CTT Lap. Tukar	87,5
Juli 2023	69,0	17.589	11	62,2	1.580	CTT Lap. Tukar	88,3
Agustus 2023	69,9	17.589	11	62,9	1.580	CTT Lap. Tukar	89,2
September 2023	70,8	17.589	11	63,5	1.580	CTT Lap. Tukar	90,1

Model Pengoptimalan XX

Bulan	YOR			BOR		Utilitas Tertinggi	
	%	Kapasitas (TEU)	Blok	%	Panjang (m)	Alat	%
September 2023	64,7	19.188	12	63,5	1.580	CTT Lap. Tukar	86,1
Oktober 2023	65,5	19.188	12	64,1	1.580	CTT Lap. Tukar	86,9
November 2023	66,6	19.188	12	64,8	1.580	CTT Lap. Tukar	87,7
Desember 2023	67,1	19.188	12	65,4	1.580	CTT Lap. Tukar	88,5

