



TUGAS AKHIR – TI 141501

**EVALUASI KEGIATAN PENGIRIMAN DAN PENERIMAAN
KONTAINER DALAM USAHA MEMINIMALKAN WAKTU
SINGGAH TRUK DI TERMINAL TELUK LAMONG**

LAZUARDI AL-MUZAKI
NRP. 02411440000061

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.
NIP. 19550308197903 1 001

Dosen Ko-Pembimbing

Effi Latiffianti, S.T., M.Sc.
NIP. 198304012014 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – TI 141501

**EVALUATION OF RECEIVING AND DELIVERY ACTIVITY
IN ORDER TO MINIMIZE TRUCK TURNAROUND TIME IN
TERMINAL TELUK LAMONG**

LAZUARDI AL-MUZAKI
NRP. 02411440000061

Supervisor

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.
NIP. 19550308197903 1 001

Co-Supervisor

Effi Latiffianti, S.T., M.Sc.
NIP. 198304012014 2 001

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI KEGIATAN PENGIRIMAN DAN PENERIMAAN
KONTAINER DALAM USAHA MEMINIMALKAN WAKTU
SINGGAH TRUK DI TERMINAL TELUK LAMONG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Penulis:

LAZUARDI AL-MUZAKI

NRP. 0241144000061

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

Dosen Ko-Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Budisantoso W., M.Eng.

NIP 19550308197903 1 001

Effi Latiffianti, S.T., M.Sc

NIP 198304012014 2 001



EVALUASI KEGIATAN PENERIMAAN DAN PENGIRIMAN KONTAINER DALAM USAHA MEMINIMALKAN WAKTU SINGGAH TRUK DI TERMINAL TELUK LAMONG

NAMA : LAZUARDI AL-MUZAKI
NRP : 02411440000061
PEMBIMBING : PROF. DR. BUDISANTOSO WIRJODIRDJO
IR., M.ENG.

ABSTRAK

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja infrastruktur pelabuhan adalah kualitas pelayanan (*quality of services*) yang didefinisikan oleh tiga aspek yakni ketersediaan, kecepatan, dan keandalan pelayanan. Di PT Terminal Teluk Lamong, kegiatan operasional dinilai kurang efisien ditandai dengan adanya beberapa komplain dari *customer* mengenai kecepatan pelayanan, yakni pada aktivitas penerimaan dan pengiriman barang (*receiving/delivery*). *Truck turnaround time* merupakan salah satu indikator performansi pada kegiatan *receiving/delivery*. *Truck turnaround time* menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh sebuah truk milik *customer* eksternal untuk menyelesaikan seluruh proses di bagian *receiving/delivery*. Berdasarkan olah data diketahui masih terdapat sejumlah besar *truck turnaround time* yang bernilai tinggi melebihi standar maksimal yang berlaku. Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan simulasi kejadian diskrit untuk memotret dan memahami kegiatan operasional dengan cara mempelajari perilaku dan interaksi dari setiap entitas, proses, prosedur aturan dan parameter-parameter yang ada. Seluruh proses akan dimodelkan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh perubahan komponen sistem terhadap indikator-indikator kinerja yang dikaji. Berdasarkan percobaan menggunakan simulasi, berikutnya akan dilakukan evaluasi serta diusulkan strategi-strategi yang berdampak terhadap kinerja sistem. Di PT Terminal Teluk Lamong, kegiatan *receiving/delivery* yang lama dipengaruhi beberapa hal yakni kurang meratanya pola kedatangan dari truk *customer* sehingga menyebabkan kongesti pada titik-titik waktu tertentu. Kongesti terjadi pada proses pengecekan kontainer *receiving* khusus untuk kegiatan *receiving* menggunakan mesin *gamma ray* dan juga proses pemindahan kontainer di Blok ASC. Berdasarkan temuan tersebut, diusulkan perbaikan melalui penambahan fasilitas mesin, penjadwalan kedatangan dan perubahan kebijakan akan penggunaan truk BBG dalam kegiatan *receiving/delivery*. Usulan perbaikan ini kemudian disimulasikan dalam bentuk skenario yang berbeda. Eksperimen dengan model simulasi menunjukkan bahwa skenario dengan hasil terbaik adalah ketika dilakukan penambahan 4 blok ASC internasional, 3 blok domestik, 1 mesin *gamma ray* dengan kedatangan penjadwalan yang memperhatikan *peak time*.

Kata Kunci : *Truck Turnaround Time*, Simulasi Sistem Diskrit

Halaman ini sengaja dikosongkan

EVALUATION OF RECEIVING AND DELIVERY ACTIVITY IN ORDER TO MINIMIZE TRUCK TURNAROUND TIME IN TERMINAL TELUK LAMONG

NAME : LAZUARDI AL-MUZAKI
NRP : 02411440000061
SUPERVISOR : PROF. DR. BUDISANTOSO WIRJODIRDJO
IR., M.ENG.

ABSTRACT

One of many factors that affecting port infrastructure performance is the quality of services delivered; which is defined by three aspects: availability, speed, and realibility of services. In PT Terminal Teluk Lamong, the existing operational was deemed inefficient, indicated by customer complaints specifically in speed of services within receiving/delivery process. Truck turnaround time is one of performance indicators for measuring efficiency level of receiving/delivery activity. It is defined as the length of time required for a customer truck to complete the entire process in the receiving/delivery activities. Historical data showed that there is a large number of customer's trucks with high value of truck turnaround time, even greater than the maximum standard set. With discrete event simulation methodology, operational activities can be mapped in details considering the behaviour and interactions among every entity, process, procedure and regulation, and all of parameters that relevant in the system. This understanding of the observed system provides information on how the system components and the changes in the values affect the system's performance indicators. From this understanding, some improvement plans are then proposed. In PT Terminal Teluk Lamong, it is found that the high truck turnaround time is caused by several aspects such as the dispersion of trucks arrival pattern which is centered in some point of time. This, finally has caused a significant congestion. Several proposed improvement alternatives include adding resources, truck arrival scheduling, and some changes in policy regarding the truck regulation. These alternatives of improvement are then simulated in scenarios to investigate their impact on the system performance indicators. Experiments with the simulation model under different scenarios showed that the best result can be produced by combining the addition of 4 International ASC Blocks and 3 Domestic ASC Blocks while employing truck arrival scheduling that considers peak hours.

Keywords : Truck Turnaround Time, Discrete Event Simulation

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam juga senantiasa penulis haturkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir, penulis juga telah menerima banyak dukungan, masukan, serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng dan Ibu Effi Lattifianti, S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, masukan serta dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir.
2. Bapak Yudha Adrian Saputra, Ibu Diesta Iva Maftuhah dan Bapak Budi Santosa selaku dosen penguji dalam seminar proposal dan sidang Tugas Akhir.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Industri yang selalu memberikan inspirasi kepada penulis dan senantiasa banyak memberi bantuan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri ITS khususnya Bapak dan Ibu Dosen Pengampu Laboratorium QMIPA yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Seluruh Pihak Teluk Lamong khususnya Pak Anang, Mas Joni, Pak Revi, Pak Ghufro, Mas Galih dan Mas Adrian yang telah bersedia membimbing kami dan mengajari hal-hal baru kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir

6. Keluarga tercinta Bapak Tarminto dan Ibu Badriyatun, Mbak Octarina, Mas Rezza, dan Dik Adinda yang selamanya berada di sisi penulis untuk memberikan doa, kasih sayang dan dukungan dalam menjalani apapun.

Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, atas segala bantuan, semangat dan doa dalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan tersebut. Amin.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis masih merasa ada banyak kekurangan pada materi maupun penulisan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan dalam rangka perbaikan untuk penulis. Penulis juga berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat kepada pembaca maupun penulis sendiri untuk kebutuhan penelitian yang akan datang.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pemodelan Sistem	9
2.2 Simulasi Kejadian Diskrit	9
2.3 Receiving/Delivery.....	10
2.4 Truck Turnaround Time	11
2.5 Penelitian Terdahulu	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Studi Lapangan.....	16
3.2.1 Elemen Sistem	16
3.2.2 Variabel Sistem.....	17
3.2.3 Key Performance Indicator.....	18
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	18
3.5.1 Deskripsi Sistem Eksisting Receiving/Delivery	19

3.5.2	Data Struktural	24
3.5.3	Data Operasional.....	30
3.5.4	Data Numerik.....	34
3.5.5	Pengolahan Data	35
3.4	Pembuatan Model Konseptual	42
3.4.1	Model Konseptual Operasional Truk Customer Receiving	42
3.4.2	Model Konseptual Operasional Truk Customer Delivery	44
3.4.3	Model Konseptual Penugasan Truk BBG Internal Terminal	46
3.4.4	Model Konseptual Penugasan Reach Stacker	47
3.4.5	Model Konseptual Penugasan Straddle Carrier	49
3.4.6	Model Konseptual Penugasan Side Loader	50
3.4.7	Model Konseptual Kedatangan CTT	50
3.4.8	Overview Model Konseptual Operasional Terminal	51
3.5	Pembuatan Model Simulasi	55
3.5.1	Submodel Kedatangan truk customer dan pemberian atribut truk customer	55
3.5.2	Submodel Kegiatan Pregate dan Main Gate In	57
3.5.3	Submodel Kegiatan di Transfer Area.....	59
3.5.4	Submodel Kegiatan di Container Yard	63
3.5.5	Submodel Kegiatan di Waterside Area dan Refrigerator Yard.....	66
3.5.6	Submodel Kegiatan di Blok ASC	67
3.5.7	Submodel Kegiatan di Main Gate Out.....	67
3.5.8	Model Perpindahan antar Stasiun	68
3.5.9	Overview Model Simulasi Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong	68
3.5.10	Penentuan Jumlah Replikasi	71
3.6	Verifikasi dan Validasi	75
3.6.1	Verifikasi Model	75
3.6.2	Validasi Model.....	81
3.7	Pengembangan Skenario.....	88
3.8	Eksperimentasi.....	89
3.9	Analisis	89

3.10 Kesimpulan dan Saran.....	89
BAB 4 EKSPERIMENTASI DAN ANALISIS SIMULASI.....	91
4.1 Analisis Kondisi Eksisting	91
4.1.1 Utilitas dan waktu menunggu untuk resources bergerak.....	92
4.1.2 Utilitas dan waktu menunggu untuk resources utama Automated Stacking Crane.....	96
4.1.3 Utilitas dan waktu menunggu untuk resources tidak bergerak.....	99
4.1.4 Overview Kondisi Eksisting	100
4.2 Skenario Perbaikan Penambahan Fasilitas	103
4.2.1 Penambahan Fasilitas ASC (Skenario A)	103
4.2.2 Penambahan Fasilitas Mesin Gamma Ray (Skenario B).....	108
4.2.3 Kombinasi Penambahan Fasilitas ASC dan Mesin Gamma Ray (Skenario C).....	110
4.3 Skenario Penjadwalan Kedatangan Truk <i>Customer</i>	112
4.3.1 Skenario Penjadwalan Kedatangan dengan Tidak Memperhatikan Peak Time untuk.....	114
4.3.2 Skenario Penjadwalan Kedatangan dengan Memperhatikan Peak Time	117
4.4 Skenario Gabungan Penjadwalan dan Penambahan Fasilitas	120
4.4.1 Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa memerhatikan peak time.....	120
4.4.2 Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan memerhatikan peak time.....	122
4.5 Perbandingan Antar Skenario Penambahan Fasilitas, Skenario Penjadwalan dan Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dengan Penjadwalan.....	125
4.6 Skenario Kebijakan Status Registrasi Truk.....	127
4.7 Analisis Sensitivitas	129
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
5.1 Kesimpulan.....	133
5.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	135
DAFTAR LAMPIRAN.....	139

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Jenis Elemen Sistem, Nama Elemen dan Deskripsi tiap Elemen	16
Tabel 3.2 Klasifikasi variabel sistem	17
Tabel 3.3 Keterangan area, stasiun dan proses yang ada di sistem.....	26
Tabel 3.4 Deskripsi Sumber Daya dan Kuantitas Sumber Daya yang ada di Sistem	29
Tabel 3. 5 Deskripsi Jenis Barang Dan Lokasi Penumpukannya.....	31
Tabel 3.6 Deskripsi Nama Alat Dan Penggunaannya	32
Tabel 3.7 Jarak Antar Stasiun Di Terminal Teluk Lamong	34
Tabel 3.8 Kecepatan Tiap Kendaraan Di Terminal Teluk Lamong.....	35
Tabel 3.9 Olah Data <i>Distribution Fitting</i> Kedatangan Truk <i>Customer</i> Tiap Periode Waktu	37
Tabel 3.10 Olah Data Waktu Proses Aktivitas Di Terminal Teluk Lamong	39
Tabel 3.11 Olah Data Aktivitas Berdasarkan <i>Expert Judgement</i>	39
Tabel 3.12 Proporsi Kedatangan Truk <i>Customer Receiving/Delivery</i> Dengan Jenis Kontainer Tertentu	40
Tabel 3.13 Presentase Jenis Truk Datang Untuk Kegiatan <i>Receiving/Delivery</i> ...	40
Tabel 3.14 Presentase Kedatangan Truk <i>Receiving/Delivery</i> Dengan Status Kontainer Tertentu	41
Tabel 3.15 Penentuan Nilai Waktu Perpindahan Antar Stasiun dengan Distribusi Triangular	68
Tabel 3.16 Hasil Simulasi Kedatangan Truk <i>Customer</i> dalam satu minggu di Terminal Teluk Lamong.....	72
Tabel 3.17 Hasil Simulasi 1 Minggu Presentase Kegiatan <i>Delivery</i> yang memiliki nilai <i>Truck Turnaround Time</i> yang melebihi standar maksimal	73
Tabel 3.18 Hasil Simulasi 1 Minggu Presentase Kegiatan <i>Receiving</i> yang memiliki nilai <i>Truck Turnaround Time</i> yang melebihi standar maksimal	74
Tabel 3.19 Hasil <i>output Readwrite</i> perangkat lunak ARENA akan waktu datang, waktu pulang dan <i>truck turnaround time</i> tiap truk <i>customer</i>	81

Tabel 3.20 Jumlah Kedatangan Truk kondisi eksisting dan hasil simulasi dalam beberapa minggu	82
Tabel 3.21 Uji F untuk parameter kedatangan truk <i>customer</i>	83
Tabel 3.22 Uji Signifikansi T Dua Populasi Independen untuk Parameter Kedatangan Truk <i>Customer</i>	83
Tabel 3.23 Uji Signifikansi T Dua Populasi Independen untuk Parameter Kedatangan Truk <i>Customer</i> (lanjutan)	84
Tabel 3.24 Presentase kegiatan <i>receiving</i> memiliki <i>truck turnaround time</i> melebihi standar data histori dan hasil simulasi dalam periode mingguan.....	84
Tabel 3.25 Uji F untuk Presentase kegiatan <i>receiving</i> memiliki nilai <i>truck turnaround time</i> melebihi standar maksimal	85
Tabel 3.26 Uji T dua populasi untuk Presentase kegiatan <i>receiving</i> memiliki nilai <i>truck turnaround time</i> melebihi standar maksimal	86
Tabel 3.27 Presentase kegiatan <i>delivery</i> memiliki <i>truck turnaround time</i> melebihi standar maksimal data histori dan simulasi dalam periode mingguan.....	87
Tabel 3.28 Uji F untuk Presentase kegiatan <i>delivery</i> memiliki <i>truck turnaround time</i> melebihi standar maksimal data histori dan simulasi dalam periode mingguan	87
Tabel 3.29 Uji t dua Populasi untuk Presentase kegiatan <i>delivery</i> dengan <i>truck turnaround time</i> melebihi standar maksimal data histori dan hasil simulasi dalam periode mingguan	88
Tabel 3.30 Pengembangan skenario untuk eksperimentasi	88
Tabel 4.1 Statistik Hasil Simulasi Kedatangan Entitas di <i>Container Yard</i>	91
Tabel 4.2 Frekuensi kedatangan dan rata-rata waktu tunggu untuk tiap jenis kegiatan menunggu untuk <i>resources</i> bergerak	93
Tabel 4.3 Rata-rata waktu tunggu entitas untuk tiap jenis <i>resource</i> bergerak	95
Tabel 4.4 Nilai Utilitas Tiap <i>Resources</i> Bergerak	95
Tabel 4.5 Frekuensi kedatangan dalam unit dan rata-rata waktu menunggu entitas dalam menit untuk tiap Blok ASC tiap Jalur di <i>Container Yard</i>	96
Tabel 4.6 Rata-Rata Waktu Tunggu Entitas di Tiap Blok ASC	98
Tabel 4.7 Rata-Rata waktu Tunggu untuk Blok ASC Internasional dan Blok ASC Domestik.....	98

Tabel 4.8 Utilitas Tiap ASC di <i>Container Yard</i>	99
Tabel 4.9 Utilitas ASC tiap Jenis Blok	99
Tabel 4.10 Lama entitas mengantri dan frekuensi kedatangan entitas untuk jenis <i>resource</i> tidak bergerak.....	100
Tabel 4.11 Utilitas untuk jenis <i>reosurces</i> tidak bergerak.....	100
Tabel 4.12 Utilitas untuk jenis <i>reosurces</i> tidak bergerak (lanjutan)	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.13 Hasil simulasi skenario terhadap rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Internasional	104
Tabel 4.14 Hasil simulasi skenario rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Domestik model eksisting	104
Tabel 4.15 Hasil Simulasi Skenario Penambahan ASC terhadap Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal	104
Tabel 4.16 Hasil Eksperimentasi Skenario Penambahan ASC terhadap Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal	105
Tabel 4.17 Hasil Uji Signifikansi <i>Welc Confidence Interval</i> untuk Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Internasional..	107
Tabel 4.18 Hasil Uji Signifikansi <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Domestik	107
Tabel 4.19 Hasil Uji Signifikansi <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Delivery</i> melebihi standar maksimal.....	107
Tabel 4.20 Hasil Uji Signifikansi <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal	108
Tabel 4.21 Hasil simulasi skenario penambahan mesin <i>gamma ray</i> terhadap rata-rata waktu tunggu truk untuk mesin <i>gamma ray</i>	109
Tabel 4.22 Hasil simulasi skenario penambahan mesin <i>gamma ray</i> terhadap presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal	109
Tabel 4.23 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Rata-rata waktu tunggu Mesin <i>Gamma Ray</i>	110
Tabel 4.24 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal.....	110

Tabel 4.25 Hasil simulasi skenario terhadap presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal untuk skenario C dengan skenario A.....	111
Tabel 4.26 Hasil simulasi skenario terhadap presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal untuk skenario C dengan skenario A.....	111
Tabel 4.27 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal.....	112
Tabel 4.28 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal.....	112
Tabel 4.29 Parameter <i>input</i> dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan <i>Delivery</i> Melebihi Batas Standar Maksimal	114
Tabel 4.30 Parameter <i>input</i> dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan <i>Delivery</i> Melebihi Batas Standar Maksimal (lanjutan).....	115
Tabel 4.31 Parameter <i>input</i> dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan <i>Receiving</i> Melebihi Batas Standar Maksimal	115
Tabel 4.32 Parameter <i>input</i> dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif minimasi nilai akumulasi presentase kegiatan <i>receiving/delivery</i> melebihi batas standar maksimal	116
Tabel 4.33 Perbandingan hasil simulasi terhadap parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting dan skenario penjadwalan kedatangan tanpa memerhatikan <i>peak time</i>	116
Tabel 4.34 Perbandingan parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting dan skenario penjadwalan kedatangan tanpa memerhatikan <i>peak time</i>	117
Tabel 4.35 Hasil uji <i>welch confidence level</i> rata-rata frekuensi kedatangan truk <i>customer</i> antar hari.....	117
Tabel 4.36 Hasil optimasi simulasi penjadwalan per hari untuk waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan model eksisting.....	118

Tabel 4.37 Perbandingan parameter <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan <i>peak time</i>	119
Tabel 4.38 Perbandingan parameter <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan <i>peak time</i>	119
Tabel 4.39 Uji <i>welch confidence interval</i> perbandingan parameter <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan <i>peak time</i>	119
Tabel 4.40 Uji <i>welch confidence interval</i> perbandingan parameter <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan <i>peak time</i>	120
Tabel 4.41 Hasil <i>running</i> optimasi simulasi model skenario penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih.....	121
Tabel 4.42 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih.....	121
Tabel 4.43 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih.....	122
Tabel 4.44 Hasil optimasi simulasi penjadwalan per hari untuk waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan model skenario gabungan penambahan fasilitas.....	122
Tabel 4.45 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan dengan memperhatikan <i>peak time</i>	123
Tabel 4.46 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan dengan memperhatikan <i>peak time</i>	123
Tabel 4.47 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Delivery</i> melebihi standar maksimal.....	124

Tabel 4.48 Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal	124
Tabel 4.49 Uji <i>welch confidence interval</i> perbandingan parameter presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Delivery</i> melebihi standar maksimal untuk skenario-skenario alternatif	125
Tabel 4.50 Uji <i>welch confidence interval</i> perbandingan parameter presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal untuk skenario-skenario alternatif.....	126
Tabel 4.51 Hasil perbandingan parameter <i>output</i> model eksisting dan model skenario terpilih	126
Tabel 4.52 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal model eksisting, skenario seluruh truk <i>customer</i> terdaftar dan skenario seluruh truk <i>customer</i> tidak terdaftar.....	128
Tabel 4.53 Perbandingan nilai parameter presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal model eksisting, skenario seluruh truk <i>customer</i> terdaftar dan skenario seluruh truk <i>customer</i> tidak terdaftar.....	128
Tabel 4.54 Analisis Sensitivitas Pengaturan Kedatangan Truk <i>Customer</i>	130
Tabel 4.55 Hasil Analisa Sensitivitas perubahan presentase kedatangan jenis kontainer	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Volume Bongkar Muat Barang Antar Pulau dan Luar Negeri di Pelabuhan Indonesia Tahun 2005-2015 (sumber: BPS, 2015).....	2
Gambar 1.2 Frekuensi Truk dan Lama <i>Truck Turnaround Time</i> pada kegiatan <i>receiving</i> dan <i>delivery</i>	4
Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian	15
Gambar 3.2 Alur kegiatan penerimaan atau <i>receiving</i> kontainer.....	19
Gambar 3.3 Alur kegiatan pengiriman atau <i>delivery</i> kontainer	20
Gambar 3.4 Ilustrasi penjelasan <i>unique</i> kombinasi truk teregistrasi	21
Gambar 3.5 Denah Terminal Teluk Lamong	24
Gambar 3.6 Denah <i>Container Yard</i> dengan dimensi	27
Gambar 3.7 Ilustrasi pengaturan dan spesifikasi Blok ASC di Lapangan Penumpukan	28
Gambar 3.8 Tampilan Data Olahan Yang Sesuai Sebagai Input Di Perangkat Lunak ARENA Input Analyzer	36
Gambar 3.9 Hasil <i>Distribution Fitting</i> Menggunakan Perangkat Lunak ARENA Input Analyzer	36
Gambar 3.10 Model Konseptual Operasional Truk <i>Receiving</i>	43
Gambar 3.11 Model Konseptual Operasional Truk <i>Customer Delivery</i>	45
Gambar 3.12 Model Konseptual <i>Activity Cycle Diagram</i> Truk BBG	46
Gambar 3.13 Model Konseptual <i>Activity Cycle Diagram Reach Stacker</i> secara umum.....	48
Gambar 3.14 Model Konseptual <i>Activity Cycle Diagram Reach Stacker di Container Yard</i>	48
Gambar 3.15 Model Konseptual <i>Activity Cycle Diagram Straddle Carrier</i>	49
Gambar 3.16 Model Konseptual <i>Activiy Cycle Diagram Side Loader</i>	50
Gambar 3.17 Model Konseptual Aktivitas CTT	51
Gambar 3.18 Model Konspetual <i>Overview</i> Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong.....	53

Gambar 3.19 Submodel Kedatangan Truk <i>Customer Receiving</i> Berdasarkan Periode Waktu.....	55
Gambar 3.20 Submodel kedatangan truk <i>customer receiving</i> periode waktu Dini Hari	56
Gambar 3.21 Submodel <i>Station</i> Pintu Depan Dan Logika Truk Masuk Dan Keluar	57
Gambar 3.22 Submodel proses <i>pregate</i> , <i>update data</i> , proses <i>main gate</i> , dan pengecekan status registrasi truk	58
Gambar 3.23 Model Simulasi <i>Create</i> Truk BBG dan <i>Reach Stacker</i> untuk <i>Stand by</i> di Transfer Area	60
Gambar 3.24 Submodel Kegiatan Truk BBG Di Transfer Area	60
Gambar 3.25 Submodel Kegiatan Truk <i>Customer</i> Di Transfer Area	61
Gambar 3.26 Submodel Kegiatan Pembongkaran Dan Pemuatan Kontainer Dari Dan Ke Truk <i>Customer</i> Di Transfer Area	61
Gambar 3.27 Submodel Kegiatan Kontainer Menunggu Dijemput Truk BBG	62
Gambar 3.28 Submodel Kegiatan <i>Reach Stacker</i> Membongkar Kontainer Truk BBG Setelah Menyelesaikan Kegiatan <i>Delivery</i>	62
Gambar 3.29 Submodel kegiatan <i>reach stacker</i> membantu kegiatan <i>rotating</i> kontainer kepada truk <i>customer</i>	62
Gambar 3.30 Submodel <i>reach stacker stand by</i> di transfer area	63
Gambar 3.31 Submodel <i>create</i> sumber daya bergerak di <i>container yard</i>	64
Gambar 3.32 Submodel logika penentuan <i>receiving/delivery</i> truk <i>customer</i> dan truk BBG kontainer <i>dry</i> di <i>container yard</i>	64
Gambar 3.33 Submodel logika penentuan <i>receiving/delivery</i> truk <i>customer</i> dan BBG jenis kontainer <i>overdimension</i> dan <i>uncontainerized</i>	65
Gambar 3.34 Submodel logika <i>receiving/delivery</i> truk <i>customer</i> dan BBG jenis kontainer <i>non-dry</i>	65
Gambar 3.35 Submodel logika <i>stand by</i> awal sumber daya bergerak	66
Gambar 3.36 Model Simulasi <i>Overview</i> Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong	69
Gambar 3.37 Logika utilitas entitas	76

Gambar 4.1 Pola Kedatangan Rata-Rata Truk <i>Customer</i> Berdasarkan Hari Hasil Simulasi.....	92
Gambar 4.2 <i>Root cause analysis fishbone diagram</i> penyebab tingginya nilai <i>truck turnaround</i>	101
Gambar 4.3 Prinsip Cara Kerja OptQuest.....	113

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penulisan Tugas Akhir, rumusan masalah, tujuan dan manfaat serta batasan dan asumsi

1.1 Latar Belakang

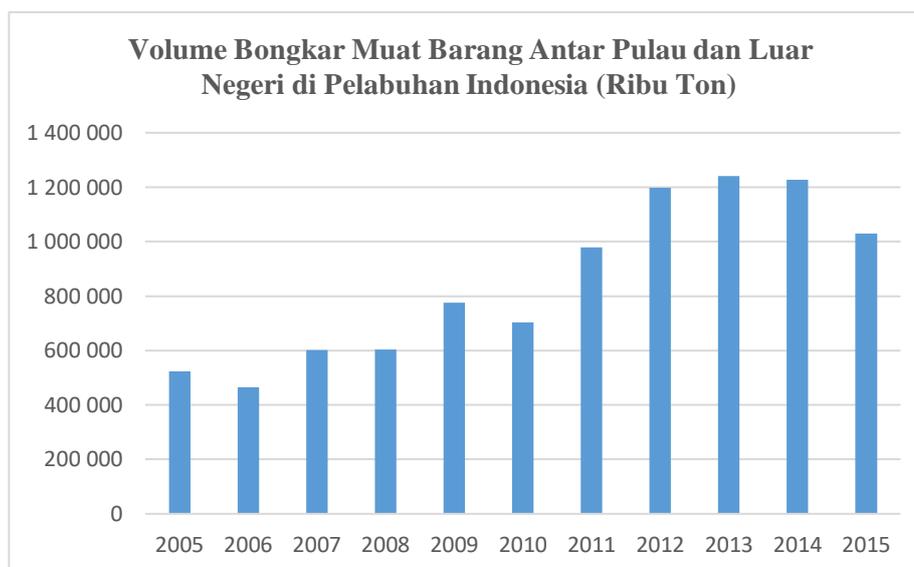
Di dalam bisnis kepelabuhanan, kegiatan bongkar merupakan kegiatan pemindahan muatan dari kapal untuk diangkut, diantar, dan ditimbun ke lapangan atau langsung diangkut ke kendaraan pemilik barang melalui dermaga pelabuhan dengan mempergunakan alat pelengkap bongkar muat, baik yang berada di dermaga maupun yang berada di kapal itu sendiri. Sebaliknya, muat adalah pemindahan muatan yang ada di pelabuhan ke atas kapal (Sudjatmiko, 1979). Kegiatan bongkar muat ini biasanya dilakukan sebagai bagian dari transaksi suatu perdagangan, domestik atau internasional. Fasilitas jasa kepelabuhanan memungkinkan produsen dalam melakukan pengiriman barang kepada *customer* lewat distribusi moda laut.

Keberadaan jasa kepelabuhanan berperan penting terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara atau daerah (Zaman et al, 2014). Semakin sering aktivitas bongkar muat yang terjadi di pelabuhan, artinya negara atau daerah tersebut memiliki pertumbuhan ekonomi yang baik dimana terjadi tingkat perputaran uang yang deras di sektor perdagangan, baik perdagangan dalam negeri maupun ekspor-impor.

Di Indonesia, aktivitas bongkar muat menunjukkan statistik yang menjanjikan sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1.1. Setiap tahun frekuensi aktivitasnya berfluktuatif dengan kecenderungan atau tren yang meningkat. Artinya industri kepelabuhanan memiliki potensi untuk terus berkembang di masa mendatang.

Namun tantangan akan situasi ini masih belum diimbangi dengan kualitas industri kepelabuhanan Indonesia. Menurut representasi World Economic Forum, Schwab (2018) dalam Global Competitiveness Index Report 2017-2018, Indonesia memiliki nilai akan kualitas infrastruktur pelabuhan yakni 4 dari 7 dan menduduki peringkat 72 dari 138 negara yang terindeks. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas

infrastruktur pelabuhan yang ada masih belum maksimal dalam menunjang potensi *demand* yang akan terus meningkat (Schwab, 2018).



Gambar 1.1 Grafik Volume Bongkar Muat Barang Antar Pulau dan Luar Negeri di Pelabuhan Indonesia Tahun 2005-2015 (sumber: BPS, 2015)

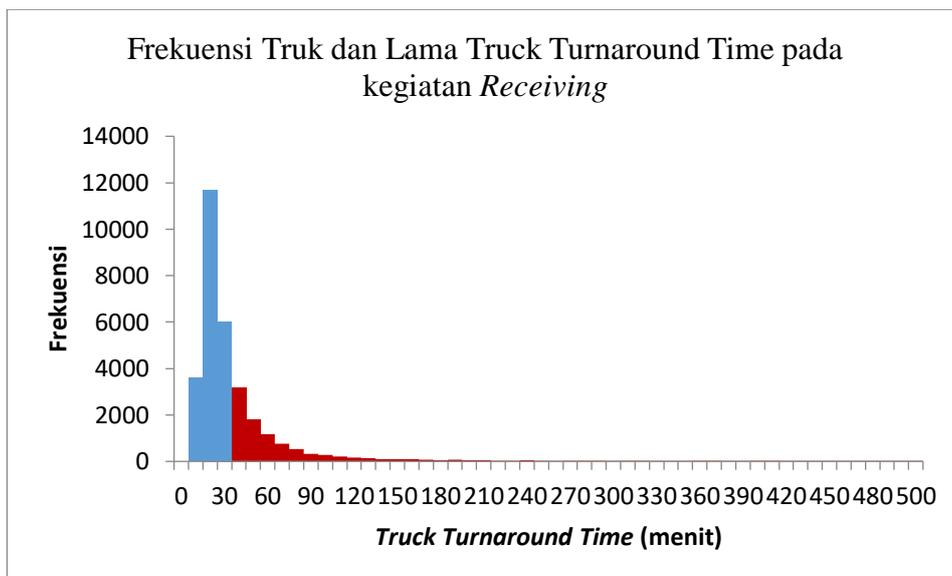
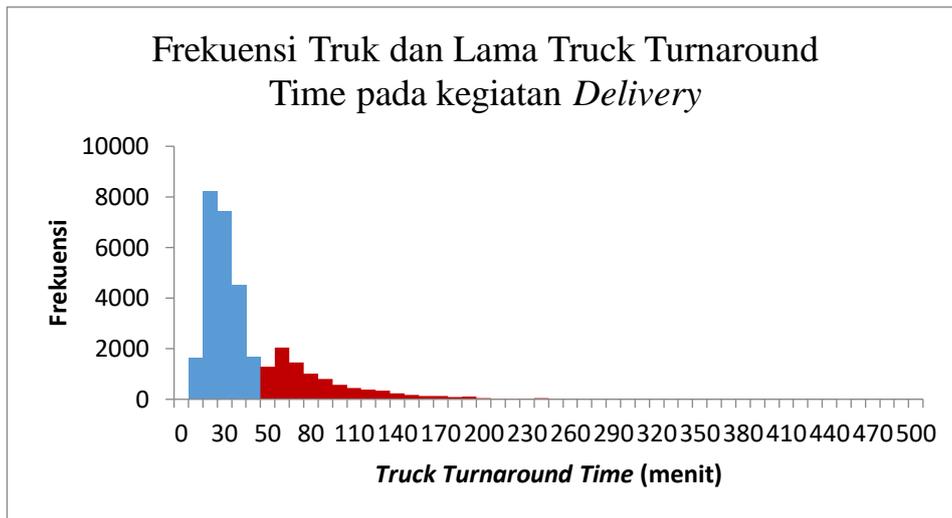
Menurut studi yang dilakukan oleh PricewaterhouseCoopers (PwC) dan Panteia salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas infrastruktur pelabuhan adalah kualitas pelayanan (*quality of services*) yang didefinisikan oleh tiga aspek yakni *availability of service*, *speed of service*, dan *reliability of service*. *Availability of service* adalah seberapa baik sebuah pelabuhan dapat memfasilitasi seluruh kegiatan kepelabuhanan yang ada, *speed of service* menunjukkan seberapa cepat pihak pelabuhan mampu menangani kebutuhan layanan *customer*, dan *reliability of service* yang menunjukkan seberapa andal manajemen pelabuhan dalam mengintegrasikan seluruh proses bisnis yang ada dalam mengukung proses bisnis berbasis *lean manufacturing* (European Union, 2013).

Salah satu pelaku bisnis di bidang kepelabuhanan adalah PT Terminal Teluk Lamong, merupakan pelabuhan hijau pertama di Indonesia yang bergerak di pelayanan jasa kepelabuhanan yang berlokasi di Jalan Raya Tambak Osowilangun KM 12, Surabaya. Dalam memberikan jaminan kualitas pelayanan yang baik untuk *customer*, PT Terminal Teluk Lamong hadir sebagai *deep sea port* yang mampu mengakomodasi *demand* kapal Internasional dan juga dengan ketersediaan fasilitas

peralatan yang mutakhir dan terotomasi guna menjawab aspek *availability of service*. Sistem pelayanan yang terintegrasi secara digital sehingga memungkinkan seluruh kegiatan transaksi dengan *customer* dapat dilakukan tanpa bertatap muka telah diaplikasikan pula oleh PT Terminal Teluk Lamong dalam menjawab aspek *reability of service*. Namun menurut pihak PT Terminal Teluk Lamong, kegiatan operasional yang ada masih belum efisien dengan masih adanya beberapa komplain dari *customer* mengenai kecepatan pelayanan, yakni pada aktivitas penerimaan dan pengiriman barang atau *receiving/delivery*. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa PT Terminal Teluk Lamong masih belum mampu menjawab isu aspek *speed of service*.

Truck Turnaround Time merupakan salah satu indikator performansi untuk mengukur tingkat efisiensi kegiatan *receiving/delivery* di terminal pelabuhan. *Truck Turnaround Time* menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan sebuah truk eksternal *customer* untuk melakukan kegiatan penerimaan/pengiriman atau *receiving/delivery*, yakni membongkar kontainer (*drop-off*) atau memuat kontainer (*pick-up*) di dalam lapangan penumpukan di pelabuhan. Besar nilainya dihitung sejak truk memasuki *pre-gate* hingga keluar dari *main gate out*. Semakin rendah nilai rata-rata *Truck Turnaround Time* artinya pelabuhan memiliki efisiensi proses yang baik, sebaliknya jika nilainya semakin besar maka efisiensi rendah dan sangat berpotensi mengakibatkan antrian didalam pelabuhan bagi truk yang akan memicu penurunan *service level* bagi *customer*. Untuk mengkaji hal ini, penting untuk memahami proses-proses yang ada karena nyatanya banyak rangkaian proses yang harus dilewati sebuah truk untuk melakukan *drop-off* dan/atau *pick-up* di dalam pelabuhan, dan bagaimana proses ini bisa berbeda untuk pelabuhan-pelabuhan tertentu.

Menurut rekam data historis di PT Terminal Teluk Lamong periode Januari hingga pertengahan Maret 2018 didapatkan 33.119 kegiatan pengiriman atau *delivery* dan 31,880 kegiatan penerimaan atau *receiving* yang telah terjadi. Artinya rata-rata terdapat sekitar 713 truk yang melakukan kegiatan *receiving/delivery* di masa operasional terminal pelabuhan yang berlangsung 24 jam setiap hari. Dari rekam data yang didapatkan diketahui bahwa persebaran data yang ada menunjukkan bentuk condong ke kiri seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Frekuensi Truk dan Lama *Truck Turnaround Time* pada kegiatan *receiving* dan *delivery*

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan, waktu standar untuk kegiatan *receiving* dan *delivery* adalah 30 dan 45 menit secara berturut-turut (Kementerian Perhubungan DJPL, 2011). Sedangkan pada olah pemetaan data yang ditunjukkan pada Gambar 1.2, didapatkan sekitar 33,1% dari keseluruhan kegiatan *receiving* memiliki durasi waktu melebihi standar yang ada dan sekitar 29% untuk kegiatan *delivery* memiliki durasi waktu melebihi standar yang ada. Kegiatan yang memiliki durasi melebihi standar atau terindikasi buruk direpresentasikan oleh warna

diagram batang merah, dan untuk kegiatan dengan durasi kurang dari standar yang ada direpresentasikan oleh warna biru.

Berdasarkan hasil wawancara awal dengan manajer operasional PT Terminal Teluk Lamong, diketahui fenomena ini dipicu oleh beberapa faktor yakni kecenderungan kedatangan mayoritas truk yang membentuk suatu pola khususnya pada aktivitas *receiving*. Kongesti terjadi pada hari-hari tertentu yakni hari yang mendekati kedatangan kapal untuk muat sehingga *customer* bisa menghindari *holding cost* akibat kontainer yang harus menumpuk untuk beberapa waktu terlebih dahulu. Adapun pola kecenderungan lain ialah beberapa truk seringkali datang dikala sore hari. Walaupun pola-pola kecenderungan ini tidak terjadi pada keseluruhan truk yang datang, perilaku yang ada cukup untuk menimbulkan kondisi keramaian terminal pelabuhan yang timpang pada satu waktu dengan waktu yang lain. Faktor lainnya adalah masih terjadinya antrian di depan *pre-gate* akibat proses inspeksi akan kontainer dan *seal*, *weighing* kontainer ditambah proses tambahan berupa *weighing* truk jika truk belum teregistrasi di basis data terminal pelabuhan.

Hipotesa yang dapat dirumuskan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada ialah dengan membuat aturan mengenai kedatangan untuk truk sehingga bisa menghindari terjadinya kongesti pada waktu-waktu tertentu yang membuat jumlah truk membludak di dalam sistem terminal pelabuhan. Dengan kedatangan terjadwal, diharapkan mampu meminimalisir kegiatan menunggu akibat mengantri pada proses tertentu. Adapun hipotesa lain yang mampu digagas ialah penambahan fasilitas berupa slot blok ASC di *landside* tempat dimana kontainer diambil/dimuat dari atau ke truk, dan fasilitas alat bantu pemindahan kontainer lain seperti *Reach Stacker*, *Straddle Carrier*, dan *Side Loader*. Kebijakan penggunaan truk BBG dalam kegiatan *receiving/delivery* juga dikaji sebagai hipotesa selanjutnya.

Suatu wahana pemodelan dibutuhkan untuk melakukan simulasi realitas kegiatan operasional bongkar muat di PT Terminal Teluk Lamong agar dapat dilakukan evaluasi daripada seluruh proses yang membentuk *Truck Turnaround Time*. Dengan pemodelan simulasi diskrit, kegiatan operasional mampu dipotret dan dipetakan secara mendetil dengan memperhatikan setiap entitas, proses,

prosedur aturan dan parameter-parameter yang ada. Seluruh proses dimana truk pertama masuk *gate in* di pelabuhan untuk melakukan proses *receiving/delivery*, hingga truk keluar melewati *gate out* akan dimodelkan untuk mendapatkan indikator-indikator yang akan dikaji untuk kemudian dievaluasi dan dirancang strategi-strategi yang nantinya akan disimulasikan pula untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang timbul.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan model simulasi kegiatan *receiving/delivery* oleh truk eksternal *customer* dan mengembangkan skenario perbaikan yang mampu meminimasi presentase kegiatan *receiving/delivery* yang memiliki nilai *truck turnaround time* tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan daripada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi dan menganalisis rangkaian kegiatan *receiving/delivery* di PT Terminal Teluk Lamong melalui pendekatan simulasi kejadian diskrit.
2. Melakukan eksperimentasi untuk mengetahui dampak alternatif skenario yang dikembangkan terhadap performansi sistem.
3. Menentukan skenario terbaik sebagai rekomendasi untuk alternatif perbaikan performansi sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat daripada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai pendukung dalam pengambilan keputusan terkait masalah efisiensi kegiatan *receiving/delivery* di PT Terminal Teluk Lamong.
2. Menjadi rujukan untuk penelitian yang terkait pengembangan model operasional *receiving/delivery*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Kegiatan operasional truk *customer receiving/delivery* yang berlangsung hanya meliputi jenis barang kontainer
2. Kegiatan operasional truk *customer receiving/delivery* dimulai dari gerbang *pre-gate* hingga lapangan penumpukan (*container yard*). Waktu singgah truk yang dimaksudkan pada penelitian merujuk pada akumulasi waktu *truck turnaround time* yang dihitung sejak truk memasuki *pre-gate* hingga keluar *main gate out*.
3. Kriteria keputusan yang dipertimbangkan pada penelitian ini tidak meninjau aspek-aspek biaya. Dan alternatif skenario yang dikembangkan tidak mengkaji analisis biaya yang timbul.

1.5.2 Asumsi

Adapun beberapa yang digunakan pada penelitian ini meliputi asumsi dalam pengembangan model simulasi yang menyangkut data kode kontainer truk *delivery*.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri atas enam bab sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Memaparkan hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian sebagai latar belakang. Bab ini juga berisi tentang perumusan hipotesa, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian serta sistematis penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi pembahasan yang memuat teori-teori, informasi, dan penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya untuk digunakan sebagai landasan dan referensi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metodologi yang diterapkan dalam penelitian berupa tahapan-tahapan dilakukannya penelitian secara sistematis. Pada bab ini juga memaparkan pengumpulan data yang dilakukan baik data primer, sekunder, *expert judgment*, asumsi dan proses pengolahan data dengan metode statistik yang diperlukan. Pemodelan simulasi yang dikembangkan juga dijelaskan pada bab ini. Pembuatan model simulasi ini diawali dengan pengembangan model konseptual, lalu model simulasi dirancang untuk menggambarkan kondisi eksisting yang nantinya dilakukan uji verifikasi dan validasi untuk memastikan bahwa rancangan model simulasi telah representatif terhadap model konseptual dan juga sistem nyata.

BAB 4 EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Memuat hasil eksperimen yang dilakukan pada model simulasi yang telah diverifikasi dan divalidasi pada bab sebelumnya. Selain itu juga berisi penentuan desain skenario dan pengujian beberapa skenario. Hasil skenario ini selanjutnya akan dianalisis untuk mengetahui skenario terbaik yang dapat meningkatkan performansi sistem.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Melakukan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan daripada penelitian. Selain itu juga terdapat saran untuk selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Sistem

Sistem merupakan himpunan elemen-elemen yang saling berinteraksi serta berinterelasi antara satu dengan yang lainnya yang bekerja untuk mencapai tujuan tertentu (Wirjodirdjo, 2012). Menurut (Law & Kelton, 2000) elemen pada suatu sistem dibedakan menjadi beberapa jenis yakni entitas sebagai sesuatu yang dikenai proses, *resource* atau sumber daya yang memproses atau mengolah entitas, aktivitas menunjukkan sebuah kejadian yang dapat memicu perubahan nilai variabel sebagai informasi yang menggambarkan karakteristik dari sistem, aktivitas pula dapat memicu perubahan suatu atribut atau properti yang melekat pada entitas, terakhir adalah kontrol yang mendefinisikan aturan mengenai dimana, kapan dan bagaimana suatu aktivitas di dalam sistem berjalan.

Pemodelan merupakan suatu usaha dalam merancang sebuah tiruan atau representasi daripada sistem nyata yang kompleks dimana pemanfaatannya dapat mereduksi kerugian yang terdapat pada sistem amatan (Wirjodirdjo, 2012). Model dirancang untuk menangkap aspek perilaku tertentu yang menarik perhatian bagi analis/modeler, guna menambah pemahaman dan wawasan mengenai tingkah laku sistem nyata (Morris, 1967).

2.2 Simulasi Kejadian Diskrit

Menurut (Emshoff & Sisson, 1970), simulasi adalah suatu model sistem dimana komponennya di presentasikan oleh prosesor prosesor aritmatika dan logika yang di jalankan komputer untuk memperkirakan sifat sifat dinamis sistem tersebut . Tujuan dan manfaat utama dilakukannya pemodelan simulasi memungkinkan eksperimen sistem menjadi lebih ekonomis dalam aspek waktu, biaya, tenaga dan risiko lain. Suatu model mungkin dibutuhkan jika sistem nyata yang ingin diteliti memiliki operasional rutin yang tidak bisa diganggu keberlangsungannya (Altiok & Melamed, 2007). Selain itu simulasi juga memungkinkan proses analisis dan prediksi daripada sistem nyata yang kompleks,

artinya terdapat interdependensi antar elemen dan juga adanya variabilitas yang melekat pada *element behaviour* yang menghasilkan suatu ketidakpastian nilai (Harrell et al, 2004). Dengan model simulasi pula, prediksi performansi akan rancangan sistem eksperimental atau sistem yang belum ada sebelumnya bisa dilakukan tanpa harus melakukan konstruksi model secara riil.

Simulasi Kejadian Diskrit atau *Discrete Event Simulation* merupakan salah satu jenis simulasi yang diklasifikasikan berdasarkan pola perubahannya terhadap waktu. Pada simulasi kejadian diskrit, perubahan nilai *state variable* atau variabel keadaan yang tiba-tiba atau tidak kontinu dipicu oleh suatu kejadian diskrit (Altiok & Melamed, 2007). Pada studi ini digunakan pendekatan simulasi kejadian diskrit untuk memodelkan aktivitas operasional diskrit kedatangan truk eksternal *customer* di PT Terminal Teluk Lamong dan seluruh proses yang ada di dalamnya.

2.3 Receiving/Delivery

Operasi serah terima atau *receiving/delivery* merupakan salah satu dari rangkaian aktivitas operasional di dermaga. Ada dua metode dalam melaksanakan kegiatan ini, pertama adalah dilakukan melalui rute langsung dimana kendaraan angkutan darat benar-benar secara fisik bertemu dengan kapal (Lasse, 2011). Yang kedua adalah aktivitas dilakukan pada rute tidak langsung dimana serah terima barang dilakukan di lapangan penumpukan, tempat dimana barang disusun dan ditumpuk sedemikian rupa agar sesuai dengan rencana urutan pemuatan/pembongkaran (Gurning & Budiyanto, 2007).

Kegiatan *receiving* adalah kegiatan penerimaan kontainer oleh terminal pelabuhan yang akan dimuatkan ke kapal untuk didistribusikan baik secara domestik atau internasional (ekspor). Sedangkan kegiatan *delivery* adalah kegiatan pengeluaran kontainer domestik atau kontainer impor yang sebelumnya dibongkar oleh kapal untuk diserahkan kepada truk *customer*. Menurut Suyono (2007), *receiving/delivery* yakni aktivitas memindahkan barang atau kontainer dari tempat penumpukan di lapangan penumpukan sampai tersusun di atas kendaraan di pintu gudang/lapangan penumpukan atau sebaliknya (Suyono, 2007).

2.4 Truck Turnaround Time

Truck turnaround time merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah truk di dalam area terminal pelabuhan mulai dari *gate-in* sampai *gate-out* untuk melakukan proses pengangkutan atau penurunan kontainer di area landside di lapangan penumpukan (Yoon, 2007). Adapun (Ravichandran, 2005) menjelaskan bahwa *truck turnaround time* meliputi waktu yang dihitung dari kedatangan truk, proses *loading/unloading* container, inspeksi truk dan aktivitas komersial formalitas (Ravichandran, 2005). *Truck turnaround time* adalah salah satu indikator performansi yang penting dalam menunjukkan efisiensi terminal pelabuhan dan juga kualitas operasi logistiknya (Parwani, 2013).

Azab & Ezawil (2016) merumuskan nilai *truck turnaround time* sebagai berikut:

$$TTT = Twg + Tsg + Twy + Tsy + Txg$$

Dimana :

TTT: *truck turnaround time*

Twg: *waiting time at gate.*

Tsg: *service time at gate.*

Twy: *waiting time at yard.*

Tsy: *service time at yard.*

Txg: *time spent at gate exit.* (2.1)

Nilai *Truck Turnaround Time* yang pendek merupakan keuntungan ekonomi karena menunjukkan penggunaan waktu dan material yang efisien (Bowersox et al, 2003). Implikasi langsung daripada nilai *Truck Turnaround Time* yang pendek akan menimbulkan shorter waiting times dan service time lewat menekan tingkat kemacetan yang mungkin terjadi diluar gerbang atau di lapangan penumpukan didalam terminal pelabuhan akibat antri menunggu proses receiving/delivery. Dengan menurunkan nilai *Truck Turnaround Time*, throughput terminal akan mengalami peningkatan dan juga menurunkan biaya proses yang ada. Lebih jauh lagi, secara tidak langsung rendahnya nilai *Truck Turnaround Time* akan

mereduksi nilai emisi daripada truk akibat kondisi *idle* oleh karena menunggu (Azab & Eltawil, 2016).

2.5 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang memiliki topik yang relevan dengan penelitian ini digunakan sebagai kajian literasi. Adapun topik-topik yang dikatakan relevan adalah penelitian yang memiliki bahasan yang mendiskusikan baik minimasi *truck turnaround time*, operasi di terminal pelabuhan, metodologi simulasi diskrit dan analisis rekayasa proses bisnis

Studi mengenai minimasi *truck turnaround time* sebelumnya pernah diteliti oleh Chakraborty et al (2016), Parwani (2013), Azab & Etawil (2016), Yoon (2006).

Untuk penelitian mengenai operasional terminal pelabuhan telah banyak dilakukan, Süzen (2015), Noronha (2014), dan Rathnayake & Wanniarachichi (2015). Selain mengkaji tentang *receiving/delivery*, penelitian mengenai operasional terminal pelabuhan bisa berupa kajian tentang kegiatan lain seperti *cargodoring* dan/atau *stevedoring*.

Metodologi simulasi kejadian diskrit sebagai medium dalam melakukan analisis kinerja sistem juga umum digunakan sebagai metodologi penelitian terdahulu. Adapun Putriali (2017), Kurniawati (2017), Radevito (2018), dan Febriani (2018) menggunakan pendekatan ini dalam penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan kasus distribusi.

Studi yang dilakukan oleh Parwani (2003) mengkaji tentang minimasi nilai *truck turnaround time* di industri pengolahan makanan. Pendekatan kualitatif menggunakan model PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) dipilih dalam mengevaluasi kinerja sistem. Metode kuantitatif juga dilakukan lewat penyajian *pareto chart* untuk melihat proses mana yang paling banyak menyumbang dalam pembentukan *truck turnaround time* yang besar. Di bagian akhir penelitian, dilakukan perbandingan mengenai hasil *output* terhadap *truck turnaround time* sebelum dan sesudah dilakukannya implementasi perbaikan.

Chakraborty et al (2016) mengkaji *truck turnaround time* sebagai indikator performansi vital di sebuah perusahaan manufaktur. *Truck turnaround time*

menunjukkan efisiensi daripada sistem *unloading* dan fasilitas *storage* di pabrik. Makigami *analysis* sebagai sebuah metodologi *bird's eye view* dikembangkan sebagai alat yang memungkinkan monitorisasi kegiatan *non-value added* pada keseluruhan proses yang ada. Dengan kata lain, produktivitas daripada fasilitas pabrik dapat dicapai lewat analisis visual yang menyeluruh.

Pada sebuah tesis yang ditulis oleh Süzen (2015) memaparkan sebuah studi terkait efisiensi terminal pelabuhan yang dilakukan melalui pendekatan simulasi kejadian diskrit. Studi yang dilakukan mengacu pada sebuah analisis produktivitas dan perancangan desain teluk baru guna mendapatkan performansi durasi waktu *loading* dan *unloading* yang lebih baik di dermaga yang berdampak pada lamanya kapal tambat. *Output* daripada studi ini adalah sebuah alternatif-alternatif pilihan terbaik pada kondisi tertentu, misalkan pada kondisi pasang/surut, kecepatan *crane* tertentu dan ketersediaan *crane* tertentu.

Azab & Etawil (2016) menitikberatkan bagaimana *truck turnaround time* yang lama memberikan dampak pada terjadinya permasalahan *delay delivery* kontainer di Alexandria, Mesir. Simulasi kejadian diskrit digunakan untuk mengembangkan studi efek variasi pola kedatangan truk kepada *truck turnaround time* di terminal pelabuhan. Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bagaimana pola kedatangan mempengaruhi *truck turnaround time* truk eksternal. Sebuah saran diberikan mengenai pendesainan sistem *appointment* untuk truk eksternal.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian Ditinjau	Cakupan Penelitian			
		Minimasi Truck Turnaround Time	Operasional di Terminal Pelabuhan	Metodologi Simulasi Diskrit	Analisis Rekayasa Proses Bisnis
1	<i>Reducing the Truck Turnaround Time inside a Heavy Manufacturing Industry through Makigami Analysis</i> (Chakraborty et al, 2016)	✓			

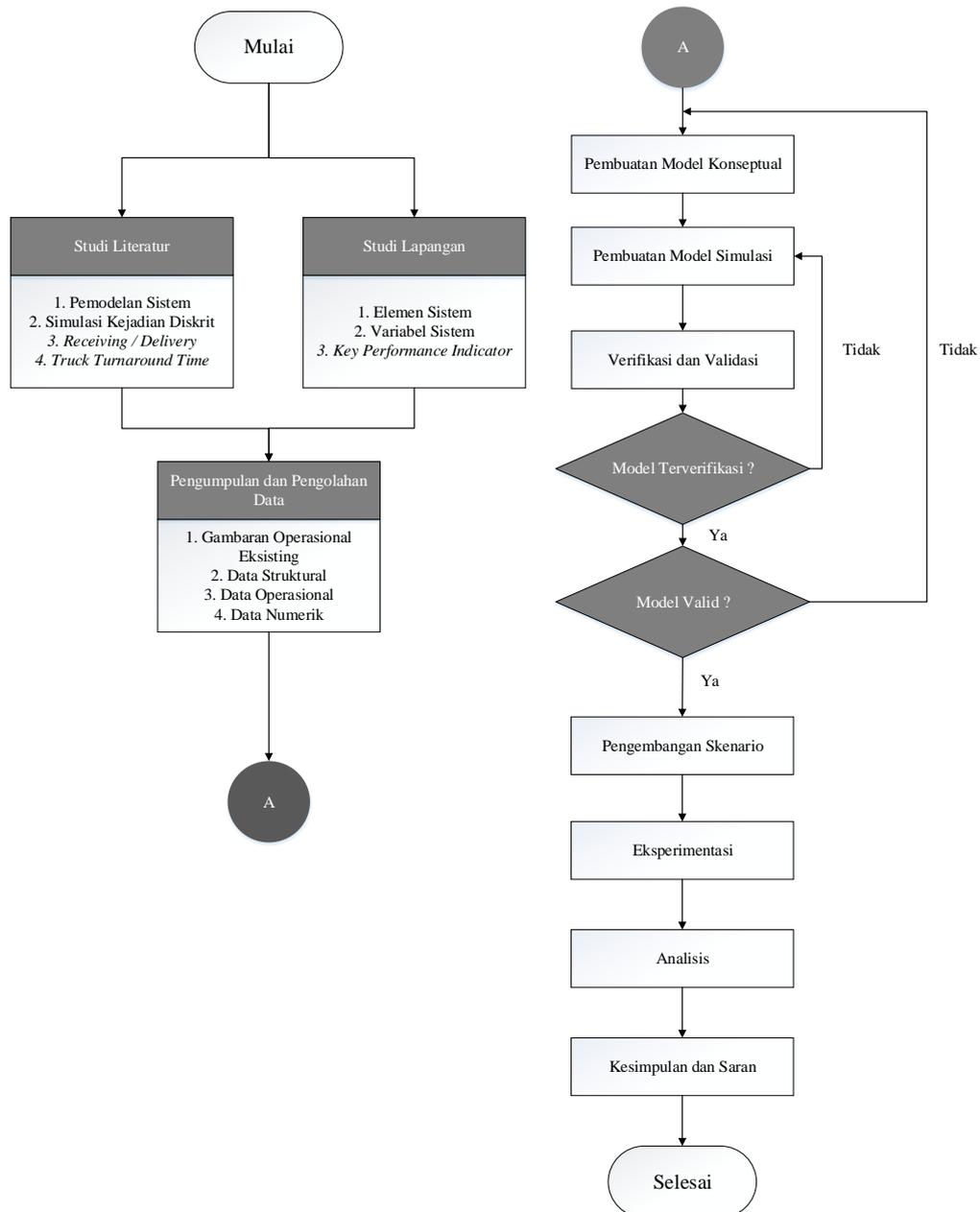
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No	Judul Penelitian Ditinjau	Cakupan Penelitian			
		Minimasi Truck Turnaround Time	Operasional di Terminal Pelabuhan	Metodologi Simulasi Diskrit	Analisis Rekayasa Proses Bisnis
2	<i>Reduction of Turnaround Time for Outbond Logistics (Finished Goods only) in a Food Processing Industry</i> (Parwani, 2013)	✓			
3	<i>A Simulation Based Study Of The Effect Of Truck Arrival Patterns On Truck Turn Time In Container Terminals</i> (Azab & Eltawil, 2016)	✓	✓	✓	✓
4	<i>Analysis Of Truck Delays At Container Terminal Security Inspection Stations</i> (Yoon, 2007)	✓	✓		
5	<i>Discrete Event Simulation Helps to Improve Terminal Productivity for New Design Container Ships</i> (Süzen, 2015)		✓	✓	
6	Evaluasi Kegiatan Penerimaan Dan Pengiriman Kontainer Dalam Usaha Meminimalkan Waktu Singgah Truk Di Terminal Teluk Lamong	✓	✓	✓	✓

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan penulis dalam penyusunan penelitian:



Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Adapun pada penelitian ini studi literatur dilakukan dengan mengkaji teori dan literatur mengenai pemodelan sistem, simulasi kejadian diskrit, kegiatan operasional *receiving/delivery*, *Truck Turnaround Time* dan beberapa kajian-kajian studi terdahulu yang relevan terhadap topik penelitian ini.

3.2 Studi Lapangan

Pada bagian ini akan dilakukan studi sistemik daripada kegiatan operasional *receiving/delivery*. Studi yang dilakukan akan mengulas mengenai elemen-elemen yang ada di dalam sistem tersebut, variabel yang ada dan juga *Key Performance Indicator* yang dikaji di dalam sistem.

3.2.1 Elemen Sistem

Suatu sistem dibentuk oleh entitas, aktivitas, sumber daya dan kontrol (Harrell et al, 2004). Pada tabel berikut ini adalah klasifikasi elemen sistem entitas dan juga sumber daya yang diteliti.

Tabel 3.1 Jenis Elemen Sistem, Nama Elemen dan Deskripsi tiap Elemen

No	Jenis Elemen Sistem	Nama Elemen	Deksripsi
1	Entitas	Truk <i>Customer</i>	Truk eksternal <i>customer</i> yang datang untuk melakukan kegiatan <i>receiving/delivery</i>
		Kontainer	Muatan yang diangkut truk <i>customer</i> dalam kegiatan <i>receiving/delivery</i> . Pada kasus yang mungkin, kontainer dapat berpisah dari truk (untuk kegiatan <i>receiving</i>) dan dapat bergabung dengan truk (untuk kegiatan <i>delivery</i>)
2	Sumber Daya	<i>Reach Stacker, Side Loader</i> dan <i>Straddle Carrier</i>	Alat pembantu proses pemindahan kontainer dari dan ke atas truk
		Truk BBG	Kendaraan cadangan yang digunakan truk <i>customer</i> yang tidak terdaftar untuk melakukan kegiatan <i>receiving/delivery</i>
		<i>Automated Stacking Crane (ASC)</i>	Sumber daya utama berupa <i>crane</i> otomatis yang mampu memindahkan kontainer dari lapangan penumpukan ke atas truk dan sebaliknya

Tabel 3.1 Jenis Elemen Sistem, Nama Elemen dan Deskripsi tiap Elemen (lanjutan)

No	Jenis Elemen Sistem	Nama Elemen	Deksripsi
2	Sumber Daya	<i>Main Gate In</i>	Gerbang masuk utama
		<i>Main Gate Out</i>	Gerbang keluar utama
		<i>Pregate</i>	Gerbang pra masuk
		Mesin <i>Gamma Ray</i>	Sumber daya yang digunakan dalam proses pengecekan kontainer internasional dalam kegiatan <i>receiving</i> .

Aktivitas yang ada meliputi proses *pregate*, proses *main gate in*, proses *gamma ray*, proses *update data (exception)*, proses pemindahan kontainer dari/ke lapangan penumpukan, proses *swapping* kontainer dan proses *main gate out*. Untuk kontrol sistem yang berlaku meliputi pemrioritasan *resource* yang ada dalam melayani jenis-jenis entitas yang berbeda, aturan lokasi penumpukan untuk jenis kontainer dan status kontainer tertentu, dan juga penggunaan sumber daya bergerak dalam membantu proses pemindahan kontainer truk yang diatur berdasarkan jenisnya dimana jenis sumber daya bergerak tertentu hanya diperbolehkan untuk mengakomodasi jenis kontainer tertentu pula.

3.2.2 Variabel Sistem

Adapun variabel dibedakan menjadi tiga jenis yaitu variabel keputusan, variabel respon dan variabel keadaan (*state variable*).

Tabel 3.2 Klasifikasi variabel sistem

Jenis Variabel	Nama Variabel	Keterangan
Variabel Keputusan	Jumlah Gerbang (<i>Main gate</i> dan <i>Pre-gate</i>)	Jumlah ketersediaan gerbang sebagai sarana truk masuk ke terminal
	Penjadwalan Antar Kedatangan Truk	Aturan yang ditetapkan oleh pihak terminal dalam mengontrol pola kedatangan truk
	Jumlah Slot ASC	Menunjukkan jumlah ASC yang tersedia di <i>landside</i> untuk Truk melakukan kegiatan <i>drop-off</i> atau <i>pick-up</i>
	Jumlah <i>Reach Stacker</i>	Menunjukkan jumlah <i>Reach Stacker</i> yang tersedia untuk proses-proses tertentu yang membutuhkan sumber daya terkait

Tabel 3.2 Klasifikasi variabel sistem (lanjutan)

Jenis Variabel	Nama Variabel	Keterangan
Variabel Keputusan	Jumlah <i>Straddle Carrier</i>	Menunjukkan jumlah <i>Straddle Carrier</i> yang tersedia untuk proses-proses tertentu yang membutuhkan sumber daya terkait
	Jumlah Truk Berbahan Bakar Gas	Jumlah Truk Berbahan Bakar Gas (BBG) yang tersedia sebagai moda yang siap sedia melakukan kegiatan di dalam atau luar terminal setiap saat
	Aturan penggunaan <i>Main gate</i> dan ASC di Landside	Merupakan peraturan-peraturan yang menjelaskan bahwa beberapa fasilitas terkait akan difungsikan secara <i>dedicated</i> untuk keperluan truk bermuatan kontainer domestik atau internasional
Variabel Respon	<i>Truck Turnaround Time</i>	Total waktu untuk truk menyelesaikan aktivitasnya di dalam terminal pelabuhan
<i>State Variable</i>	Jumlah truk mengantri	Jumlah truk yang harus mengantri pada proses tertentu seperti di <i>Pre-gate</i> , <i>Main gate</i> atau <i>landside</i> akibat sistem di dalam terminal pelabuhan telah memenuhi kapasitas untuk truk bisa masuk
	Jumlah truk dalam sistem terminal	Jumlah truk yang sedang melakukan kegiatan di dalam terminal
	Status <i>Resource</i> yang ada	Keterangan apakah sumber daya tertentu sedang sibuk atau sedang menganggur

3.2.3 Key Performance Indicator

Key Performance Indicator atau kriteria keputusan pada penelitian ini adalah untuk menurunkan nilai frekuensi truk yang memiliki nilai *truck turnaround time* diatas standar yang berlaku dengan target dibawah 10% dimana dengan demikian diharapkan kongesti yang terjadi di terminal pelabuhan dapat diminimasi.

3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

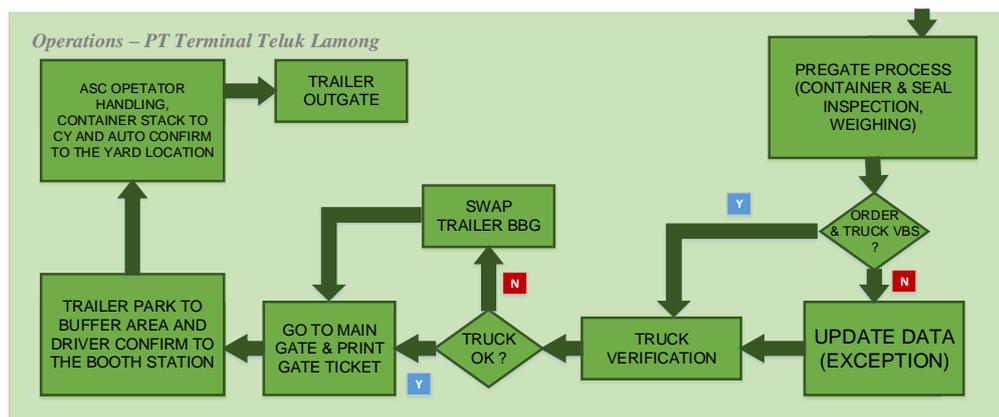
Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan *sampling* terhadap tiap-tiap aktivitas yang dibutuhkan untuk dimodelkan seperti durasi waktu kegiatan registrasi truk, inspeksi kontainer, dan kegiatan memuat kontainer ke truk dan membongkar kontainer dari truk di *landside*

oleh ASC. Data sekunder didapat melalui rekam data yang telah dilakukan secara digital oleh pihak PT Terminal Teluk Lamong yang terdiri dari waktu kedatangan (proses masuk *pre-gate*) per truk dan waktu keluarnya (proses keluar *main gate out*) secara keseluruhan.

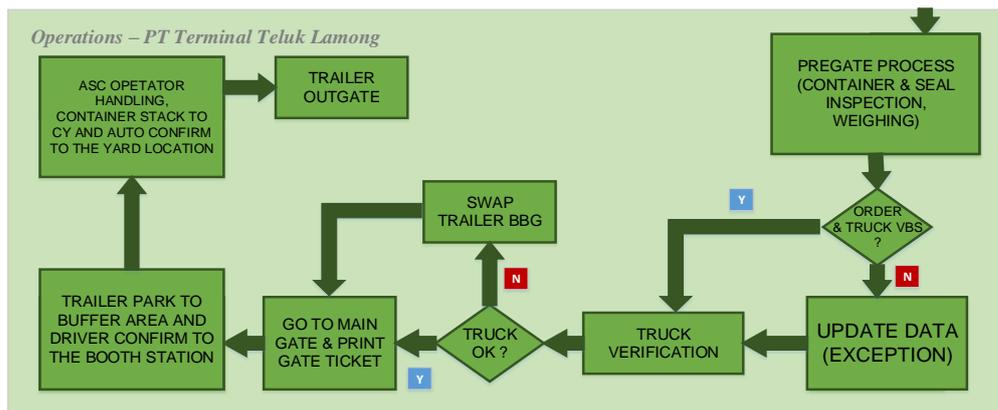
Data-data yang berhasil dikumpulkan selanjutnya akan diolah agar dapat diinterpretasikan sebagai input dalam proses pemodelan simulasi. Proses *distribution fitting* dilakukan setelah data diolah sedemikian rupa guna mengkonversikan pola perilaku data historis menjadi sebuah persamaan probabilitas distribusi yang mampu menggambarkan sebuah ketidakpastian.

3.5.1 Deskripsi Sistem Eksisting Receiving/Delivery

Kegiatan penerimaan dan pengiriman atau *receiving/delivery* di Terminal Teluk Lamong memiliki perbedaan antara kegiatan *receiving* dan kegiatan *delivery*. Tipe variabilitas keputusan banyak terdapat pada sistem eksisting yang ada menghasilkan tiap truk yang datang memiliki tahap-tahap proses yang berbeda. Adapun alur kegiatan penerimaan atau *receiving*, dan pengiriman atau *delivery* dapat dijelaskan lewat diagram alur sebagai berikut :



Gambar 3.2 Alur kegiatan penerimaan atau *receiving* kontainer



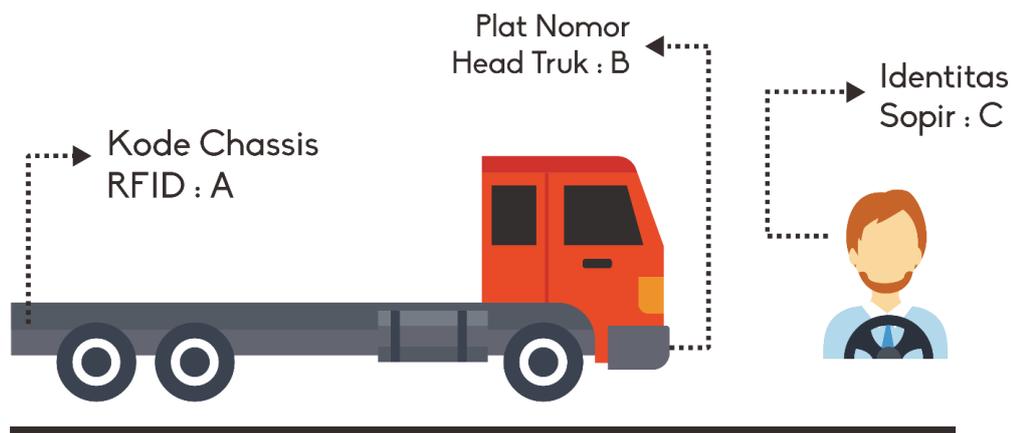
Gambar 3.3 Alur kegiatan pengiriman atau *delivery* kontainer

1. Proses Pregate

Pada proses Pregate dilakukan pengecekan apakah kendaraan sudah teregistrasi. Jika kendaraan belum teregistrasi, maka harus dilakukan proses truk *swapping* pada proses selanjutnya. Dilakukan juga pengecekan detail *job order* sebagai tahap konfirmasi yang perlu dilakukan.

Selain dua hal tersebut, di pregate juga dilakukan proses pengecekan kontainer secara umum (*container checking issues*) yang meliputi cek ukuran, jenis, status dan seal. Untuk truk yang akan menjalani kegiatan receiving untuk ekspor, diberlakukan standardisasi VGM (*Verified Gross Mass*) yakni proses pelaporan oleh pihak eksportir terhadap berat kargo ditambah berat kontainer yang menampung kargo dimana eksportir memberikan dokumen pengiriman yang dibutuhkan.

Adapun dalam proses cek status registrasi, kriteria bahwa truk sudah teregistrasi ditentukan oleh suatu kombinasi akan tiga hal, yakni memiliki *head* atau kepala truk dengan plat nomor yang sama, identitas *chassis* yang diidentifikasi oleh RFID yang sama dan juga identitas sopir



Gambar 3.4 Ilustrasi penjelasan *unique* kombinasi truk teregistrasi

Dari ilustrasi diatas, ditunjukkan contoh satu *unique* ID truk teregistrasi yang dibentuk oleh tiga komponen. Misalkan kode chassis RFID suatu truk adalah A, plat nomor head truk adalah B dan identitas sopir adalah C, maka kombinasi tiga komponen itu hanya membentuk satu nomor induk truk yang teregistrasi. Jika terdapat identitas komponen yang berbeda satu saja, misalkan identitas sopir adalah D, maka harus diregistrasikan lagi sebagai satu *unique* ID.

2. Proses *Exception (Update Data)*

Proses ini merupakan proses opsional yang hanya diberlakukan jika dokumen pendukung suatu *job order* yang telah dilaporkan sebelumnya oleh pihak *customer* mengalami perbedaan saat proses konfirmasi di Pregate. Sehingga dibutuhkan koreksi data dan truk harus berbelok arah lagi untuk memasuki Pregate ulang.

3. Proses Swapping untuk Truk Receiving

Swapping Truk atau proses pindah muatan truk dilakukan di Transfer Area untuk kondisi ketika Truk *customer* yang akan melakukan proses *receiving* teridentifikasi belum teregistrasi. Proses pemindahan muatan/kontainer ini dilakukan dengan bantuan *Reach Stacker* dengan membongkar kontainer dari truk *customer* dan dimuatkan ke Truk BBG milik pihak terminal. Jika truk BBG belum tersedia pada waktu yang sama, maka kontainer akan ditumpuk terlebih dahulu di sekitar area untuk nanti diangkat dan dimuatkan ketika Truk BBG sudah tersedia.

4. Proses Main Gate In

Pada proses Main Gate In, truk melakukan kegiatan mencetak tiket *gate* dan pada kasus truk *delivery*, dari aktivitas ini akan diketahui dimana lokasi yang perlu didatangi truk untuk menjemput kontainer terkait.

5. Proses Gamma Ray

Proses ini dibutuhkan khusus untuk truk internasional ekspor *receiving* sebelum masuk ke lapangan penumpukan. Proses ini diwajibkan oleh pihak Bea Cukai untuk mengidentifikasi kargo didalam kontainer. Adapun pada kasus *delivery* impor yang terjadi sesekali adalah ketika kargo memiliki status SPPB HiCo yakni status kontainer impor yang boleh diambil oleh truk *customer* namun harus melewati proses *gamma ray* setelah diambil dari lapangan penumpukan.

6. Proses Parkir di Lapangan Penumpukan

Truk memasuki *container yard* dan menuju area penumpukan berdasarkan klasifikasi jenis kontainer yang telah ditentukan. Proses parkir ini memakan waktu karena dibutuhkan posisi yang tepat bagi truk sebelum dilakukan proses pemindahan kontainer.

7. Proses pemindahan kontainer

Proses ini merupakan proses inti dari kegiatan *receiving/delivery* yakni dimana kontainer dipindahkan dari truk ke lapangan penumpukan (proses *receiving*) dan juga sebaliknya yakni pemindahan kontainer dari lapangan penumpukan ke atas truk (proses *delivery*). Proses ini membutuhkan sumber daya yang telah diklasifikasikan sebelumnya. Untuk proses yang membutuhkan *Reach Stacker*, *Straddle Carrier* dan *Side Loader*, bisa dilaksanakan secara praktis dimana sopir tak perlu turun dari kendaraan. Namun untuk proses menggunakan ASC di Blok ASC, sopir harus turun dari kendaraan dan memasuki *booth station* sebagai prosedur keamanan yang harus dilakukan agar proses pemindahan kontainer bisa dilakukan.

Proses pemindahan kontainer ini dilakukan baik di *landside* yakni area khusus truk *customer* atau truk BBG melakukan bongkar muat kontainer sebagai bagian dari kegiatan *receiving/delivery* dan juga di *waterside* yakni area khusus CTT (*Combined Tractor Terminal*) melakukan kegiatan *Stevedoring*.

8. Proses Main Gate Out

Proses ini dibutuhkan guna melangsungkan proses *capture image* untuk truk yang telah menyelesaikan aktivitas *delivery*. Urgensitas proses *capture image* penting bagi kontainer internasional impor sebagai bagian dari prosedural yang diwajibkan untuk dilakukan oleh pihak terminal untuk dilaporkan ke pihak Bea Cukai.

9. Proses Rotating Kontainer

Proses rotating kontainer atau pemutaran kontainer adalah proses opsional yang hanya dilakukan ketika setelah proses pemindahan kontainer di lapangan penumpukan untuk aktivitas *delivery* oleh truk *customer* teregistrasi. Kontainer didapati terbalik atau pada kondisi dimana sisi kontainer berpintu menghadap depan. Proses pemutaran kontainer ini difasilitasi oleh pihak terminal dengan mengalokasikan *reach stacker* di Transfer Area. Proses *rotating* kontainer dilakukan setelah Truk sudah menyelesaikan aktivitasnya di Terminal, sehingga durasinya tidak termasuk dalam perhitungan *truck turnaround time*.

10. Proses Swapping untuk Truk Delivery

Ketika Truk Customer yang akan melakukan proses *delivery* teridentifikasi belum registrasi, maka Truk tersebut harus menunggu di Transfer Area. Selagi menunggu, Truk BBG milik terminal akan melakukan tugas penjemputan kontainer terkait ke lapangan penumpukan yang telah ditentukan. Setelah selesai dijemput, truk BBG akan menuju ke Transfer Area untuk melakukan oper muatan ke truk *customer*.

3. *Automated Stacking Crane* atau ASC merupakan *equipment* yang bertugas melakukan aktivitas pengangkatan kontainer dalam proses *movement* di lapangan penumpukan baik itu menumpuk atau mengeluarkan kontainer untuk diproses lagi. Dalam konteks studi elemen sistem, ASC merupakan sumber daya atau *resources* yang bertugas memproses entitas, yakni kontainer. Secara umum, ASC bekerja secara otomatis dalam proses penjumlahan kontainer, pergerakan dan penempatannya, namun dibutuhkan operator jarak jauh untuk menentukan pekerjaan mana yang harus dilakukan ASC.
4. *Reach Stacker* atau RC merupakan salah satu alat pembantu dalam aktivitas pemindahan kontainer dari satu tempat ke tempat lainnya. Dibandingkan *forklift*, alat ini memiliki fleksibilitas lebih baik karena prinsip kerjanya yang memudahkan operator dengan adanya lengan penjangkau alat.
5. *Straddle Carrier* atau SC adalah alat bantu dalam proses pengangkatan kontainer dalam kegiatan bongkar muat dari/ke atas truk. *Straddle Carrier* memiliki prinsip kerja seperti keping dimana alat mengangkat kontainer dengan cara mengangkangnya. Keuntungan daripada alat ini adalah kemampuan untuk membongkar dan memuat tanpa bantuan *crane* ataupun *forklift*.
6. *Main gate in* dan *Main gate out* merupakan gerbang utama yang memfasilitasi truk untuk bisa melangsungkan aktivitasnya di dalam sistem. Gerbang-gerbang ini merupakan sumber daya atau *resources* dengan jumlah yang terbatas dan dibedakan sesuai dengan jenis truk kontainer yang masuk apakah ia kontainer domestik atau internasional.
7. Gerbang *Pre-gate* adalah gerbang terluar daripada sistem pelabuhan. Di depan *pre-gate* terdapat suatu proses inspeksi kontainer dan *seal*, *weighing* kontainer dan pengecekan apakah truk sudah teregistrasi atau belum.
8. CTT atau *Combined Tractor Terminal* merupakan trailer internal milik Terminal yang bertugas untuk mengangkat kontainer yang sebelumnya dibongkar dari kapal untuk diantar ke lapangan penumpukan dan juga

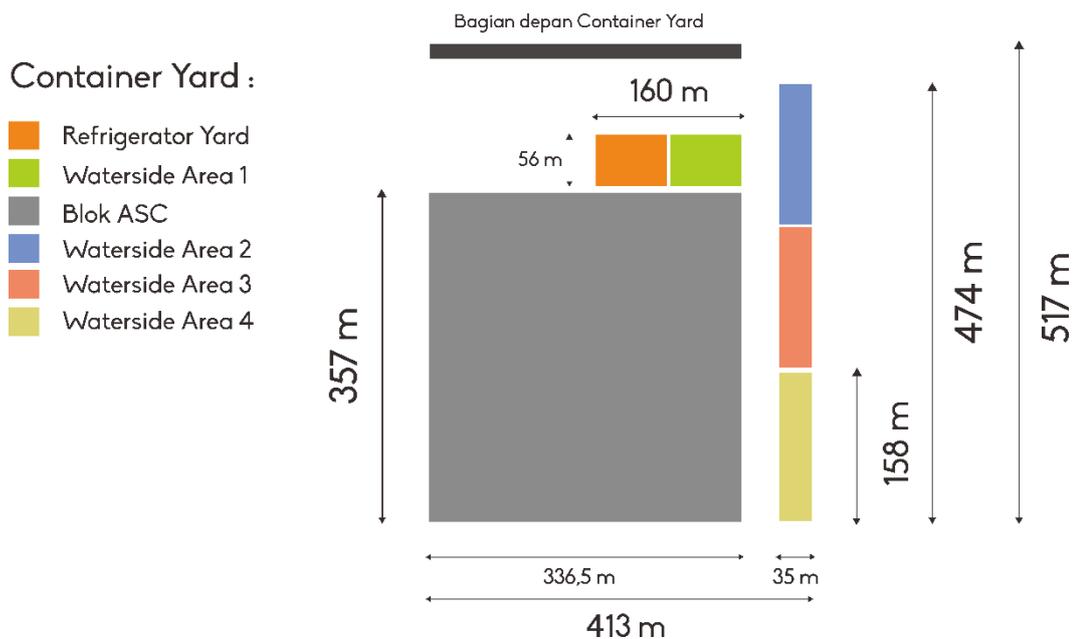
untuk mengangkut kontainer yang sebelumnya dimuat dari lapangan penumpukan untuk diantarkan ke kapal di dermaga.

Secara umum, Terminal Teluk Lamong terbagi dalam tiga bagian utama, yakni *waterside*, *container yard*, dan *landside*. Pada penelitian ini, fokus lokasi yang diteliti meliputi area *landside* dan *container yard* dengan detail stasiun sebagai berikut.

Tabel 3.3 Keterangan area, stasiun dan proses yang ada di sistem

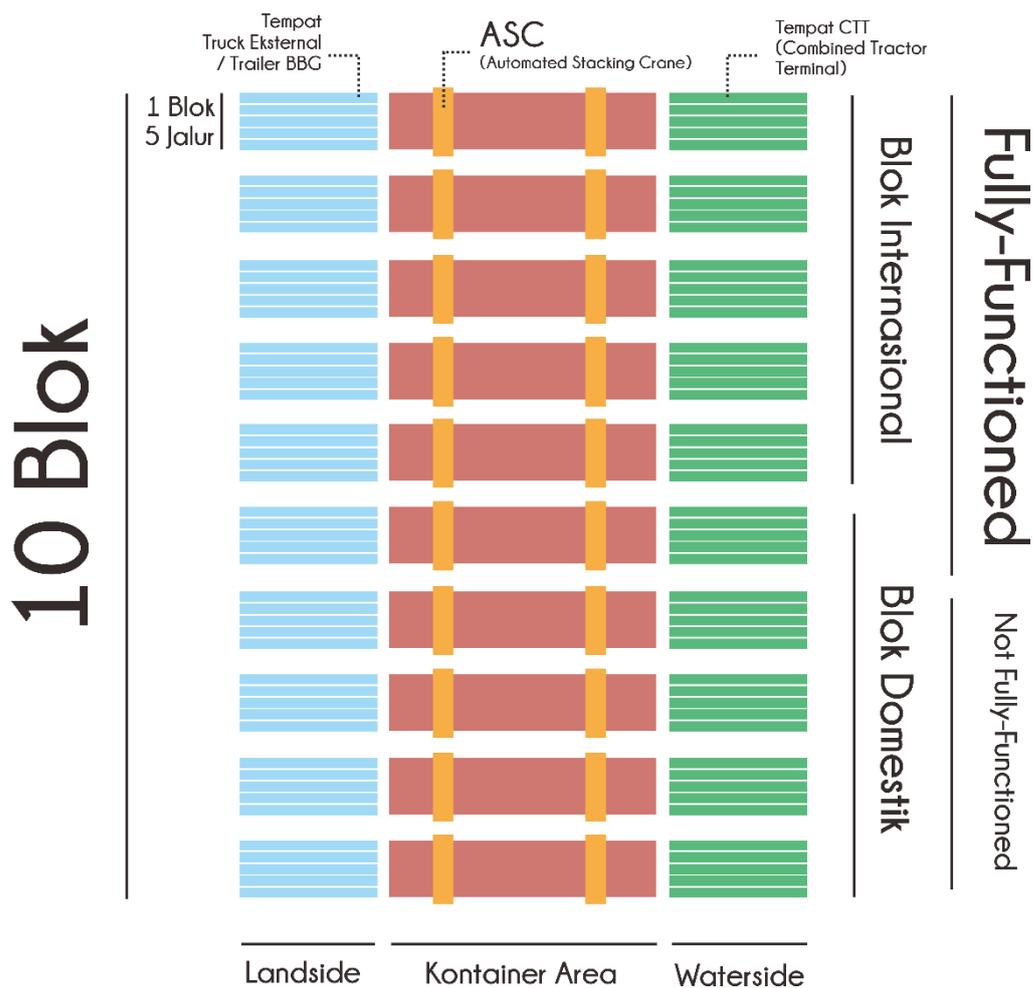
Area	Stasiun	Keterangan Proses yang berlangsung
<i>Landside</i>	Pintu Depan	Kedatangan Truk <i>Customer</i>
	<i>Pregate</i>	Inspeksi Seal Kontainer, Kontainer dan Weighing Kontainer
	<i>Transfer Area</i>	Pemindahan Kontainer dari Truk Tak Terdaftar ke Truk Gas milik Terminal
		Pemutaran Kontainer yang ada di Truk
	<i>Main Gate</i>	Check-in menuju terminal
<i>Container Yard</i>	(Waterside Area, Refrigerator Yard, Blok ASC)	Pengambilan kontainer dari truk / CTT untuk ditumpuk di lapangan penumpukan
		Pengambilan kontainer dari lapangan penumpukan ke atas truk / CTT
		Antri proses <i>receiving/delivery</i>

Pada *container yard* atau lapangan penumpukan, stasiun dibagi menjadi sub-stasiun yang perlu diklasifikasikan berdasarkan fungsi tiap-tiap sub-stasiun yang memang berbeda dalam operasionalnya. Misalkan untuk Blok ASC hanya bisa menangani jenis kontainer Dry saja sehingga jika memiliki jenis kontainer yang berbeda harus dialokasikan di sub-stasiun lain. Berikut merupakan denah stasiun *Container Yard* yang meliputi posisi dan jarak antara sub-stasiun lainnya.



Gambar 3.6 Denah *Container Yard* dengan dimensi

Gambar 3.6 diatas menunjukkan dimensi daripada sub-stasiun yang membentuk stasiun *Container Yard* dimana setiap truk yang memasuki *container yard* harus melewati bagian depan terlebih dahulu untuk bisa melangsungkan kegiatan *receiving/delivery* di sub-stasiun tertentu. Tiap sub-stasiun direpresentasikan oleh blok dengan warna yang berbeda-beda. Refrigerator yard dikhususkan untuk penumpukan kontainer berjenis *tank*, *waterside area* 1 dan 2 dikhususkan untuk kontainer non-dry, sedangkan Blok ASC dan *waterside area* 3 dan 4 diperuntukkan khusus kontainer *dry*. Tiap sub-stasiun ini merupakan area lapangan dimana kontainer tertentu ditumpuk dengan bebas untuk kemudian dimuat lagi ke Truk *customer*, Truk BBG atau CTT. Adapun khusus Blok ASC, terdapat beberapa pengaturan yang berlaku dalam proses operasionalnya yang dapat dijelaskan melalui ilustrasi berikut :



Gambar 3.7 Ilustrasi pengaturan dan spesifikasi Blok ASC di Lapangan Penumpukan

Blok ASC merupakan area yang dibagi menjadi tiga segmen yakni *landside* tempat truk eksternal/trailer BBG parkir, lalu kontainer area sebagai daerah penumpukan kontainer dimana untuk tiap Blok terdapat ASC yang sedia melakukan proses penjemputan atau penumpukan di daerah tersebut, dan yang terakhir adalah *waterside* sebagai tempat CTT (*Combined Tractor Terminal*) parkir.

Setiap Blok memiliki dua buah ASC di tiap kontainer area-nya. Mekanisme pemindahan kontainer yang terjadi memungkinkan pemindahan harus dilakukan dengan satu ASC harus mengoper kontainer ke ASC lain karena letak kontainer yang akan dijemput/ditumpuk memiliki posisi yang jauh dari area parkir truk terkait. Namun jika posisi kontainer cukup dekat, maka proses pemindahan kontainer ini mampu dilakukan hanya dengan satu ASC saja tanpa harus dioper.

Terdapat sebanyaknya 10 Blok ASC yang tersedia di Terminal Teluk Lamong dengan kondisi tiap satu blok memiliki 5 jalur truk untuk bisa parkir guna melakukan kegiatan pembongkaran/pemuatan kontainer. Blok-blok ini memiliki spesifikasi 5 Blok Kontainer Internasional dengan kondisi seluruh blok *fully-functioned* dan 5 Blok Kontainer Domestik dimana satu blok *fully-functioned* dan empat sisanya *not-fully functioned*. Dalam konteks ini, *fully-fuctioned* diartikan bahwa mekanisme operasi pemindahan kontainer oleh ASC di kontainer area berjalan semestinya seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun untuk *not fully-functioned*, mekanisme pemindahan memiliki probabilitas lebih tinggi untuk dilakukan lewat oper kontainer dari satu ASC ke ASC lain dengan probabilitas waktu proses yang lebih lama pula. Hal ini karena untuk Blok ASC *not fully-functioned* hanya memiliki separuh kontainer area yang dapat ditimbuni oleh kontainer, yakni area yang berdekatan dengan area *landside*.

Pada bagian *waterside* Blok ASC ke 1 hingga 4 belum terinstal sistem *docking* yang memungkinkan CTT bisa menerima kontainer secara langsung dari ASC sehingga proses pemindahan harus dilakukan secara simultan. Artinya, untuk kegiatan muat kontainer ke CTT, ASC harus menaruh kontainer ke area *buffer* terlebih dahulu, kemudian *Straddle Carrier* akan menjemput kontainer terkait untuk dimuatkan ke CTT dan begitu pula sebaiknya.

Terminal Teluk Lamong memiliki beberapa sumber daya dalam melangsungkan kegiatan operasionalnya yakni proses *pregate*, *main gate*, truk berbahan bakar gas, jumlah crane yang tersedia di container yard dan luas area antri di *landside transfer area*.

Tabel 3.4 Deskripsi Sumber Daya dan Kuantitas Sumber Daya yang ada di Sistem

No	Jenis Sumber Daya	Deskripsi Sumber Daya	Satuan	Jumlah
1	Main Gate	Main Gate In Internasional	Gate	2
		Main Gate Out Internasional	Gate	3
		Main Gate In Domestik	Gate	1
		Main Gate Out Domestik	Gate	1
2	Truk BBG	Full Gas Trailer CNG Truck	Unit	25

Tabel 3.4 Deskripsi Sumber Daya dan Kuantitas Sumber Daya yang ada di Sistem (lanjutan)

No	Jenis Sumber Daya	Deskripsi Sumber Daya	Satuan	Jumlah
3	Automated Stacking Crane (ASC)	ASC Internasional Beroperasi full-yard	Unit	6
		ASC Domestik beroperasi full-yard	Unit	4
4	Reach Stacker	Alat Bantu Pengangkut Kontainer untuk proses <i>receiving/delivery</i> barang <i>dry</i>	Unit	5
5	Straddle Carrier	Alat Bantu Pengangkut Kontainer untuk proses <i>receiving/delivery</i> barang <i>non-dry</i>	Unit	5
6	Side Loader	Alat Bantu Pengangkut Kontainer Jenis Empty (MTY)	Unit	1

Dalam melaksanakan layanan operasionalnya, Terminal Teluk Lamong memiliki prosedur operasional yang berbeda-beda tergantung dari jenis kontainer yang ada. Jenis-jenis kontainer ini dibedakan menjadi 7 macam yakni kontainer *dry*, *overdimension*, *tank*, *dangerous good*, *uncontainerized*, *empty* dan *refrigerator*.

3.5.3 Data Operasional

Data Operasional menunjukkan bagaimana sistem beroperasi yang meliputi kapan, dimana, dan bagaimana suatu kejadian dan aktivitas berlangsung. Data operasional meliputi seluruh logika yang menggambarkan sifat sistem seperti pengaturan atau regulasi yang berlaku, penjadwalan yang ada, dan alokasi sumber daya yang ada.

Dalam memberikan pelayanan *receiving/delivery* jenis barang kontainer, ada beberapa spesifikasi atribut *customer* yang memberikan suatu perbedaan perilaku di dalam proses operasional sistem. Adapun di Terminal Teluk Lamong, atribut status order daripada kontainer yang ingin dikirim atau diterima oleh Terminal dibedakan menjadi dua, yakni kontainer domestik atau internasional.

Tabel 3. 5 Deskripsi Jenis Barang Dan Lokasi Penumpukannya

Jenis Barang	Deskripsi	Lokasi Penumpukan
<i>Dry Internasional</i>	Kontainer Impor / Ekspor dengan kargo barang kering.	Blok ASC 1-4, WA 2, WA 3
<i>Dry Domestik</i>	Kontainer domestik dengan kargo barang kering	Blok ASC 5-10,
<i>Overdimension (OVD)</i>	Kontainer dengan ukuran yang melebihi kapasitas dimensi alat bongkar muat di lapangan penumpukan.	WA 1 dan Langsung ke Dermaga
<i>Uncontainerized (UC)</i>	Kargo yang tidak dapat dikontainerkan, diantar atau dijemput oleh truk langsung diatas <i>chassis</i> truk	Langsung Ke Dermaga
<i>Tank (TNK)</i>	Kontainer berwujud tangki berisi cairan.	WA 1, WA 2
<i>Empty (MTY)</i>	Kontainer tanpa isi atau kontainer kosong	
<i>Dangerous Good (DG)</i>	Kontainer yang memuat barang-barang berbahaya	
<i>Refrigerator (RFR)</i>	Kontainer yang mampu berfungsi sebagai pendingin untuk mengawetkan barang didalamnya	Refrigerator Yard

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa selain atribut status internasional atau domestik, penanganan operasional dalam pemilihan lokasi dalam proses penumpukan juga berbeda untuk tiap jenis kontainer. Seluruh jenis kontainer akan ditumpukkan pada lokasi penumpukan yang telah diatur, namun untuk kontainer *Overdimension (OVD)* ada kemungkinan dua kasus yang berbeda yakni kontainer langsung diantarkan ke dermaga / diambil langsung dari dermaga jika jenis pelayanan *direct load* dan pada kasus lainnya kontainer harus ditumpukkan terlebih dahulu di WA 1 untuk pelayanan *stacking*.

Dalam proses pemindahan kontainer dari lapangan penumpukan ke truk, pihak Terminal memiliki aturan tertetntu dalam mengalokasikan jenis alat bantu sebagai berikut.

Tabel 3.6 Deskripsi Nama Alat Dan Penggunaannya

Nama Alat	<i>Automated Stacking Crane (ASC)</i>
Gambar	
Penggunaan	- Bongkar dan Muat Kontainer Dry di Blok ASC Landside Area
Nama Alat	Reach Stacker
Gambar	
Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> - Bongkar dan Muat Kontainer Overdimension dan Uncontainerized di Dermaga - Bongkar dan Muat Kontainer Dry di WA 3, WA 4, dan Refer Membantu proses pemutaran kontainer dry di Transfer Area
Nama Alat	- <i>Straddle Carrier</i>

Tabel 3.6 Deskripsi Nama Alat Dan Penggunaannya (lanjutan)

<p>Gambar</p>	
	<p>- Bongkar dan Muat Kontainer Non-Dry (MTY, Refer, OVD, UC dan TNK) di WA 1, WA 2, dan Buffer di Blok ASC 1-4.</p>
<p>Nama Alat</p>	<p>- Side Loader</p>
<p>Gambar</p>	
<p>Penggunaan</p>	<p>- Bongkar dan Muat Kontainer khusus MTY di WA 1, WA 2, dan area <i>buffer</i> di Blok ASC 1-4</p>

Terminal Teluk Lamong beroperasi selama 24 jam penuh tanpa dengan *operational break* yang hanya terjadi pada hari Jumat pukul 11 hingga 12.30 dimana seluruh fasilitas di Terminal Teluk Lamong akan berhenti beroperasi

sementara. Seluruh Truk *customer* yang berada di dalam sistem harus menunggu hingga *operational break* selesai.

3.5.4 Data Numerik

Data numerik merupakan data yang menunjukkan suatu informasi kuantitatif yang menggambarkan sistem. Pada penelitian ini, data numerik meliputi jarak antar stasiun, kecepatan truk, jarak antar kedatangan truk dan juga waktu aktivitas yang ada. Berikut ini merupakan tabel jarak antar stasiun di dalam Terminal

Tabel 3.7 Jarak Antar Stasiun Di Terminal Teluk Lamong

No	Stasiun Dari	Stasiun Ke	Jarak (meter)
1	Pregate	Transfer Area	91,5
2	Pregate	Main Gate	494
3	Transfer Area	Main Gate	402
4	Main Gate	Bagian Depan Container Yard	644
5	Bagian Depan Container Yard	Transfer Area	1.046
6	Bagian Depan Container Yard	Waterside Area 1	224
7	Bagian Depan Container Yard	Waterside Area 2	347
8	Bagian Depan Container Yard	Waterside Area 3	505
9	Bagian Depan Container Yard	Waterside Area 4	663
10	Bagian Depan Container Yard	Refrigerator Yard	144
11	Bagian Depan Container Yard	Blok ASC bagian <i>Landside</i>	523
12	Bagian Depan Container Yard	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	523
13	Waterside Area 1	Waterside Area 2	115
14	Waterside Area 1	Waterside Area 3	273
15	Waterside Area 1	Waterside Area 4	431
16	Waterside Area 1	Refrigerator Yard	80
17	Waterside Area 1	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	314,5
18	Waterside Area 2	Waterside Area 3	158
19	Waterside Area 2	Waterside Area 4	316
20	Waterside Area 2	Refrigerator Yard	195
21	Waterside Area 2	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	215
22	Waterside Area 3	Waterside Area 4	158
23	Waterside Area 3	Refrigerator Yard	353
24	Waterside Area 3	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	57
25	Waterside Area 4	<i>Refrigerator Yard</i>	511
26	Waterside Area 4	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	99,5
27	Refrigerator Yard	Blok ASC bagian <i>waterside</i>	410

Jarak-jarak yang ada diukur dari titik tengah area dari stasiun / sub-stasiun yang ada.

Berikut ini adalah detil kecepatan Truk dalam menjalankan operasinya di Terminal Teluk Lamong

Tabel 3.8 Kecepatan Tiap Kendaraan Di Terminal Teluk Lamong

No	Deskripsi	Kecepatan
1	Truk tanpa muatan kontainer	40 km/jam
2	Truk dengan muatan kontainer	20 km/jam
3	Reach Stacker	20 km/jam
4	Straddle Carrier	20 km/jam
5	Side Loader	20 km/jam

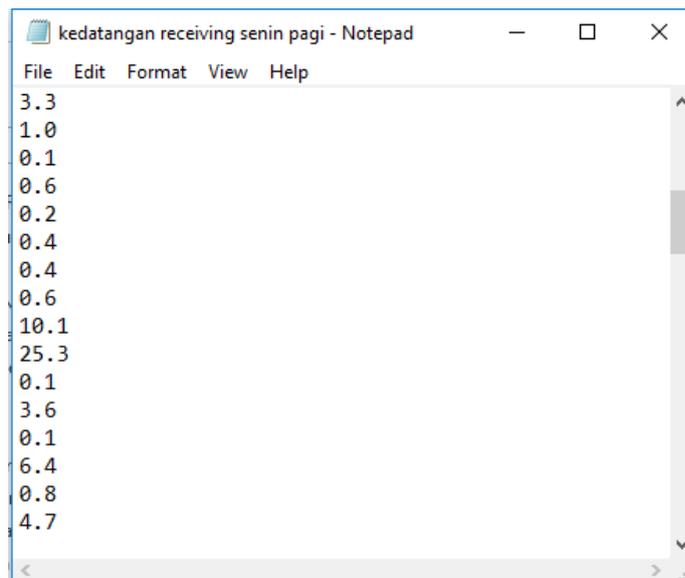
Untuk data numerik mengenai jarak antar kedatangan kapal dan waktu aktivitas yang ada di dalam terminal akan dijelaskan kemudian pada subbab Pengolahan Data.

3.5.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan agar data yang telah dikumpulkan dapat diinterpretasikan dan diproses oleh perangkat lunak ARENA dalam menjalankan proses simulasi model komputer.

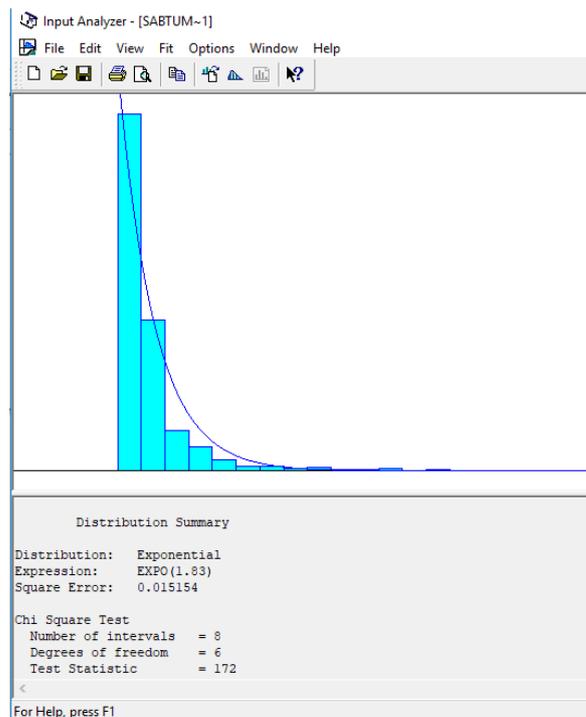
Adapun data-data yang diolah merupakan data waktu proses operasional yang dibutuhkan dalam memodelkan sistem yang ada. Data ini didapatkan secara primer dengan observasi langsung di objek amatan. Observasi dilaksanakan dengan mencatat durasi proses-proses yang ada dan dibutuhkan. Setelah data terkumpul dilakukan proses *distribution fitting* yakni mencocokkan nilai nilai suatu data didalam populasi terhadap suatu distribusi dengan nilai parameter tertentu yang paling merepresentasikan data yang ada ditinjau dari nilai *square error* yang muncul.

Pertama-tama data yang terkumpul dimasukkan kedalam perangkat lunak ARENA Input Analyzer sebagai input data. Kemudian dilakukan proses *fitting* dengan *tools* perangkat lunak yang tersedia.



Gambar 3.8 Tampilan Data Olahan Yang Sesuai Sebagai Input Di Perangkat Lunak ARENA Input Analyzer

Kemudian dilakukan prosedur *fit* didalam perangkat lunak ARENA Input Analyzer yang akan menunjukkan nilai *goodness of fit* daripada data yang diinputkan.



Gambar 3.9 Hasil *Distribution Fitting* Menggunakan Perangkat Lunak ARENA Input Analyzer

Distribution fitting yang telah dilakukan dengan bantuan subprogram daripada perangkat lunak ARENA menghasilkan distribusi waktu-waktu proses sebagai berikut.

Tabel 3.9 Olah Data *Distribution Fitting* Kedatangan Truk *Customer* Tiap Periode Waktu

Jenis Truk	Interval Waktu	Hari	Distribusi waktu antar kedatangan (menit)
<i>Receiving</i>	Dini Hari	Senin	EXPO(33.4)
		Selasa	EXPO(6.77)
		Rabu	EXPO(7.68)
		Kamis	EXPO(3.33)
		Jumat	EXPO(1.9)
		Sabtu	EXPO(1.91)
		Minggu	EXPO(4.29)
	Pagi	Senin	EXPO(5.86)
		Selasa	EXPO(4.08)
		Rabu	EXPO(6.57)
		Kamis	EXPO(4.31)
		Jumat	EXPO(4)
		Sabtu	EXPO(2)
		Minggu	EXPO(3.53)
	Siang	Senin	EXPO(3.57)
Selasa		EXPO(2.41)	
Rabu		EXPO(2.02)	
Kamis		EXPO(1.97)	
<i>Receiving</i>	Siang	Jumat	EXPO(1.33)
		Sabtu	EXPO(1.39)
		Minggu	EXPO(2.59)
	Sore	Senin	EXPO(2.18)
		Selasa	EXPO(1.77)
		Rabu	EXPO(1.83)
		Kamis	EXPO(1.36)
		Jumat	EXPO(1.35)
		Sabtu	EXPO(1.62)
		Minggu	EXPO(5.02)
	Malam	Senin	EXPO(2.03)
		Selasa	EXPO(2.26)
		Rabu	EXPO(1.77)
		Kamis	EXPO(1.27)
		Jumat	EXPO(1.27)
Sabtu		EXPO(1.83)	
Minggu		EXPO(10.6)	

Tabel 3.9 Olah Data *Distribution Fitting* Kedatangan Truk *Customer* Tiap Periode Waktu (lanjutan)

Jenis Truk	Interval Waktu	Hari	Distribusi waktu antar kedatangan (menit)
<i>Delivery</i>	Dini Hari	Senin	EXPO(5.03)
		Selasa	EXPO(3.16)
		Rabu	EXPO(2.93)
		Kamis	EXPO(4.36)
		Jumat	EXPO(3.4)
<i>Delivery</i>	Dini Hari	Sabtu	EXPO(1.89)
		Minggu	EXPO(4.16)
	Pagi	Senin	EXPO(3.06)
		Selasa	EXPO(2.41)
		Rabu	EXPO(2.71)
		Kamis	EXPO(2.89)
		Jumat	EXPO(3.4)
		Sabtu	EXPO(2.43)
		Minggu	EXPO(3.21)
	Siang	Senin	EXPO(2.45)
		Selasa	EXPO(1.66)
		Rabu	EXPO(1.46)
		Kamis	EXPO(1.62)
		Jumat	EXPO(1.71)
		Sabtu	EXPO(1.77)
		Minggu	EXPO(2.65)
	Sore	Senin	EXPO(2.18)
		Selasa	EXPO(1.77)
		Rabu	EXPO(1.83)
Kamis		EXPO(1.36)	
Jumat		EXPO(1.35)	
Sabtu		EXPO(1.62)	
<i>Delivery</i>	Sore	Minggu	EXPO(5.02)
	Malam	Senin	EXPO(1.59)
		Selasa	EXPO(1.62)
		Rabu	EXPO(1.76)
		Kamis	EXPO(1.79)
		Jumat	EXPO(1.83)
		Sabtu	EXPO(2.17)
		Minggu	EXPO(2.01)

Untuk olah data input Dini Hari hanya digunakan untuk rentang jam 00.00 hingga 06.00. Untuk Pagi Hari digunakan untuk rentang 06.00 hingga 11.00. Untuk Siang Hari digunakan untuk rentang 11.00-15.00. Untuk rentang Sore Hari

digunakan untuk rentang 15.00-19.00. Dan untuk rentang Malam Hari digunakan untuk rentang 19.00-00.00.

Selain waktu antar kedatangan, data historis yang telah diolah menghasilkan data-data yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.10 Olah Data Waktu Proses Aktivitas Di Terminal Teluk Lamong

Nama Aktivitas	Waktu Proses
Proses Pre Gate	LOGN(0.975, 0.549)
Proses Main Gate In	LOGN(0.517, 0.333)
Proses Main Gate Out	0.2 + LOGN(0.24, 0.176)
Parkir di Blok ASC	0.59 + LOGN(1.01, 0.687)
Pembongkaran Kontainer dari Truk oleh Reach Stacker	0.36 + 1.64 * BETA(1.37, 1.21)
Pemuatan Kontainer Keatas Truk oleh Reach Stacker	0.25 + ERLA(0.243, 3)

Selain melalui *sampling* observasi, beberapa data numerik lainnya didapatkan melalui pendekatan *expert judgment* yang dilakukan dengan *shift manager operational activity* yang diinterpretasikan melalui data yang berdistribusi triangular dengan parameter angka minimal, angka yang paling sering muncul dan juga angka maksimal. Data-data yang didapatkan melalui *expert judgment* diasumsikan dapat digunakan sebagai data yang dapat diandalkan dan juga representatif terhadap kondisi eksisting lapangan yang ada. Berikut merupakan data-data yang didapatkan melalui *expert judgment*.

Tabel 3.11 Olah Data Aktivitas Berdasarkan *Expert Judgement*

Nama Aktivitas	Waktu Proses
Pemindahan Kontainer di <i>fully-functioned</i> Blok ASC	TRIA(5,15,20)
Pemindahan Kontainer di <i>not fully-functioned</i> Blok ASC	TRIA(7,18,25)

Selain menghasilkan waktu proses suatu kegiatan, pengolahan yang telah dilakukan juga menghasilkan data presentase terjadinya suatu kejadian tertentu misalkan kemungkinan kedatangan truk *customer* dengan muatan kontainer *dry* dan

kemungkinan kedatangan truk yang sudah teregistrasi. Berikut merupakan hasil olah data mengenai probabilitas yang ada pada sistem dalam menghasilkan suatu variabilitas.

Tabel 3.12 Proporsi Kedatangan Truk *Customer Receiving/Delivery* Dengan Jenis Kontainer Tertentu

Parameter input	Jenis Kontainer	Presentase Kejadian
Proporsi kedatangan truk <i>customer receiving</i> dengan jenis barang tertentu	Dry (DRY)	88,9%
	Empty (MTY)	7,0%
	Refrigerator (RFR)	2,0%
	Overdimension (OVD)	1,04%
	Uncontainerized (UC)	0,6%
	Tank (TNK)	0,2%
	Dangerous Good (DG)	0,3%
Proporsi kedatangan truk <i>customer receiving</i> dengan jenis barang tertentu	Dry (DRY)	55,00%
	Empty (MTY)	41,52%
	Refrigerator (RFR)	1,89%
Proporsi kedatangan truk <i>customer receiving</i> dengan jenis barang tertentu	Overdimension (OVD)	0,93%
	Uncontainerized (UC)	0,26%
	Tank (TNK)	0 %
	Dangerous Good (DG)	0,40%

Kedatangan truk *customer* juga dibedakan menjadi terdaftar dan yang tidak terdaftar dimana ada aturan tersendiri untuk masing-masing jenis truk yang datang tersebut. Pada Tabel 3.13 berikut merupakan presentase kedatangan truk *customer* terdaftar dan tidak terdaftar baik untuk kegiatan *receiving* maupun *delivery*.

Tabel 3.13 Presentase Jenis Truk Datang Untuk Kegiatan *Receiving/Delivery*

Jenis Kegiatan	Jenis Truk Datang	Presentase
Receiving	Terdaftar	50%
	Tidak Terdaftar	50%
Delivery	Terdaftar	63%
	Tidak Terdaftar	37%

Status kontainer juga merupakan salah satu atribut yang dimiliki tiap truk *customer* dalam melakukan *receiving/delivery*. Status kontainer yang dimaksud adalah apakah kontainer merupakan kontainer dengan bendera internasional atau

domestik. Berikut merupakan pengolahan data mengenai presentase kedatangan truk dengan status kontainer tertentu untuk tiap jenis kontainer.

Tabel 3.14 Presentase Kedatangan Truk *Receiving/Delivery* Dengan Status Kontainer Tertentu

Jenis Kegiatan	Status Kontainer	Presentase
<i>Receiving</i>	Dry (DRY) Internasional	50%
	Dry (DRY) Domestik	50%
	<i>Empty</i> (MTY) Internasional	50%
	<i>Empty</i> (MTY) Domestik	50%
	<i>Refrigerator</i> (RFR) Internasional	90,6%
	<i>Refrigerator</i> (RFR) Domestik	9,4%
	<i>Overdimension</i> (OVD) Internasional	78,2%
	<i>Overdimension</i> (OVD) Domestik	11,8%
	<i>Uncontainerized</i> (UC) Internasional	50%
	<i>Uncontainerized</i> (UC) Domestik	50%
	<i>Tank</i> (TNK) Internasional	58,8%
	<i>Tank</i> (TNK) Domestik	41,2%
	<i>Dangerous Good</i> (DG) Internasional	50%
	<i>Dangerous Good</i> (DG) Domestik	50%
<i>Delivery</i>	Dry (DRY) Internasional	57,9%
	Dry (DRY) Domestik	42,1%
	<i>Empty</i> (MTY) Internasional	50%
	<i>Empty</i> (MTY) Domestik	50%
	<i>Refrigerator</i> (RFR) Internasional	75,5%
	<i>Refrigerator</i> (RFR) Domestik	24,5%
	<i>Overdimension</i> (OVD) Internasional	82,7%
<i>Delivery</i>	<i>Overdimension</i> (OVD) Domestik	17,3%
	<i>Uncontainerized</i> (UC) Internasional	50%
	<i>Uncontainerized</i> (UC) Domestik	50%
	<i>Tank</i> (TNK) Internasional	50%
	<i>Tank</i> (TNK) Domestik	50%
	<i>Dangerous Good</i> (DG) Internasional	50%
	<i>Dangerous Good</i> (DG) Domestik	50%

Selain data yang telah diolah diatas ada pula data *input* yang didapatkan melalui asumsi dikarenakan tidak ada data historis yang tersedia dan karena data-data tersebut sulit untuk direkam secara observasi dan juga tidak terlalu memiliki urgensi yang tinggi dalam ruang lingkup penelitian yang dikaji. Data-data tersebut meliputi data keterangan di bagian Blok ASC mana truk *delivery* harus melakukan

penjemputan kontainer , dan juga data mengenai di bagian Blok ASC mana CTT harus melakukan penjemputan kontainer. Asumsi yang digunakan ialah truk menuju ke Blok ASC tertentu dengan probabilitas *uniform* dalam pemilihannya. Misalkan jika terdapat 10 Blok ASC, maka keputusan kemana truk atau CTT memilih dimana harus melakukan kegiatan *delivery* akan digenerasi secara random dengan kemungkinan tiap Blok ASC terpilih sebesar 10% atau 1/10 .

3.4 Pembuatan Model Konseptual

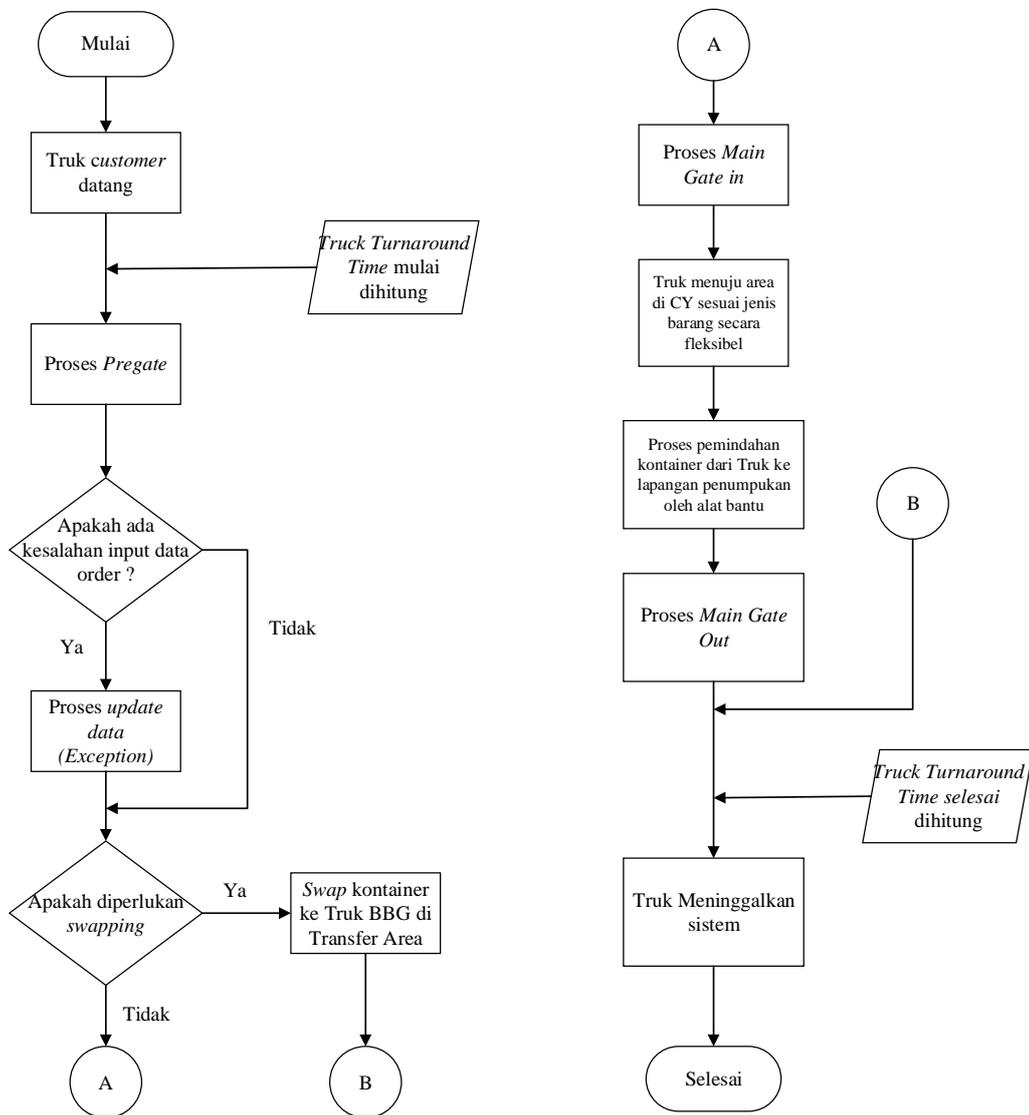
Pada bagian ini akan dijelaskan sebuah model konseptual daripada sistem yang akan disimulasikan. Model konseptual merupakan model yang mewakili logika dan alur bagaimana sistem bekerja. Nantinya, model simulasi akan diverifikasi dengan logika *flowchart* yang direpresentasikan oleh model konseptual menandakan bahwa cara kerja model simulasi sudah mewakili alir model konseptual.

3.4.1 Model Konseptual Operasional Truk Customer Receiving

Truk datang dan memasuki sistem terminal lewat gerbang *pregate* dan *truck turnaround time* mulai dihitung. Di gerbang *pregate*, dilakukan pengecekan truk yang meliputi inspeksi kontainer termasuk pengecekan apakah truk teregistrasi atau tidak. Jika terjadi indikasi kesalahan data ketika inspeksi antara keadaan fisik truk yang ada dan data input digital, maka dilakukan *update data (exception)* untuk truk yang bersangkutan. Setelah seluruh proses di *pregate* selesai dilakukan dan verifikasi truk dan *order* selesai, truk bisa melanjutkan aktivitasnya.

Jika saat proses di *pregate* truk diketahui belum teregistrasi, maka kontainer yang dibawa oleh truk harus dipindahkan ke truk BBG internal terminal yang tersedia. Pemindahan ini dilakukan di Transfer Area dengan bantuan sumber daya *Reach Stacker*. Selain truk yang tidak teregistrasi, *swap* kontainer atau pemindahan kontainer harus dilakukan oleh truk yang teregistrasi namun membawa muatan kontainer ganda. Setelah kontainer dari truk *customer* dipindahkan, truk *customer* dapat meninggalkan sistem terminal dan *truck turnaround time* dihitung berhenti, sedangkan untuk kelangsungan aktivitas *receiving* akan dipindahtanggankan kepada truk BBG. Beda hal dengan truk yang sudah teregistrasi dan tidak membawa muatan ganda, aktivitas dilanjutkan ke *main gate* setelah proses *pregate* selesai. Di

main gate, dilakukan pencetakan tiket masuk. Setelah proses *main gate* selesai, truk melanjutkan aktivitas dengan menuju ke *container yard* atau lapangan penumpukan.



Gambar 3.10 Model Konseptual Operasional Truk *Receiving*

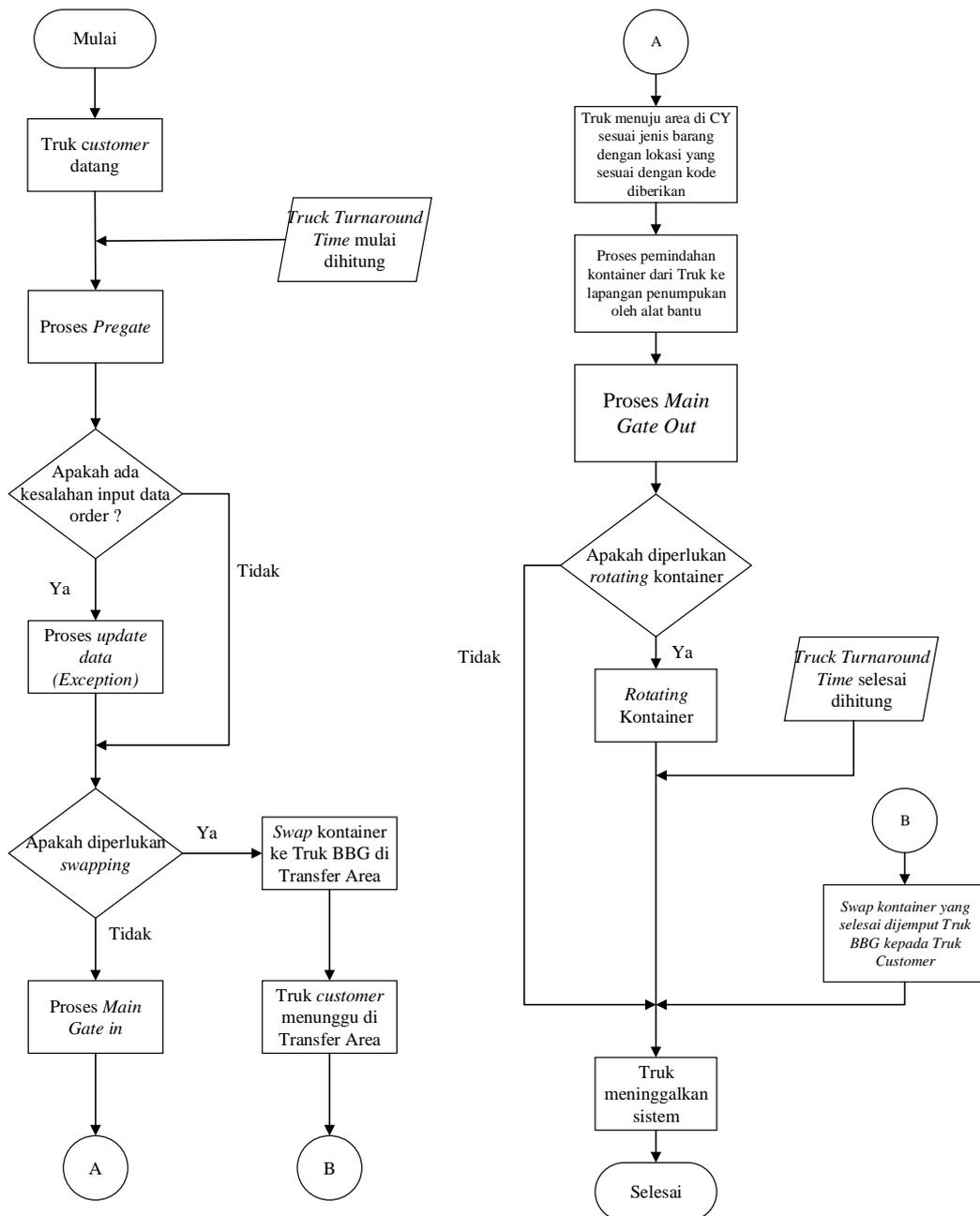
Di lapangan penumpukan, truk melakukan proses pemindahan kontainer di area penumpukan yang sudah diatur dan ditentukan oleh pihak terminal berdasarkan jenis barangnya. Namun jika didapati sebuah truk dapat menumpuk kontainer di beberapa area yang diperbolehkan, maka truk akan cenderung memilih area lokasi yang tidak terdapat antrian sehingga diusahakan kegiatan pemindahan

kontainer akan berlangsung dengan cepat sehingga dapat dikatakan bahwa kegiatan pemindahan kontainer untuk *receiving* dapat berlangsung secara fleksibel. Setelah truk telah memastikan lokasi penumpukan, alat bantu pemindahan kontainer akan melayani truk dengan menjemput kontainer yang diemban truk untuk ditumpukkan ke area penumpukan yang dipilih. Kemudian truk bisa menyelesaikan aktivitasnya dengan melakukan kegiatan *main gate out* sebagai kegiatan terakhir dimana nilai *truck turnaround time* untuk truk teregistrasi yang sukses menyelesaikan kegiatan *receiving* dihitung selesai pada saat ini.

Jika truk memuat jenis barang *Dry* dengan status kontainer internasional, maka opsi lokasi yang bisa dipilih oleh truk untuk melakukan kegiatan pemindahan muatan untuk ditumpuk dilapangan adalah di Blok ASC 1-4 dan juga Waterside Area (WA) 3 dan WA 4. Sedangkan untuk jenis barang *dry* dengan status kontainer domestik, kegiatan dilakukan di Blok ASC 5-10. Untuk jenis barang *overdimension* yang melangsungkan kegiatan *receiving* dengan *stacking*, kegiatan dilakukan di WA 1. Untuk jenis barang *uncontainerized*, proses *receiving* dilakukan langsung di dermaga. Kemudian untuk jenis barang *refrigerator*, kegiatan dilangsungkan di *refrigerator yard*.

3.4.2 Model Konseptual Operasional Truk Customer Delivery

Pada kasus operasional truk *customer delivery* tidak ada perbedaan diawal ketika truk memasuki sistem dan melangsungkan proses *pregate* dan kemungkinan dibutuhkannya kegiatan *update data (exception)*. Perbedaan pertama terletak pada kasus ketika truk *customer* tidak teregistrasi, yakni bahwa truk *customer* tetap tinggal di transfer area tidak seperti truk *delivery* karena notabene truk *delivery* harus menjemput kontainer yang berada di terminal. Pada kasus ketika truk *customer* tidak teregistrasi, maka ia harus menunggu hingga truk BBG internal terminal selesai menggantikan tugas untuk menjemput kontainer dari area penumpukan untuk dipindahtangankan kepada truk di transfer area sebagai catatan bahwa *truck turnaround time* selesai dihitung ketika truk BBG selesai melewati proses *main gate out*. Kemudian truk bisa meninggalkan sistem terminal.



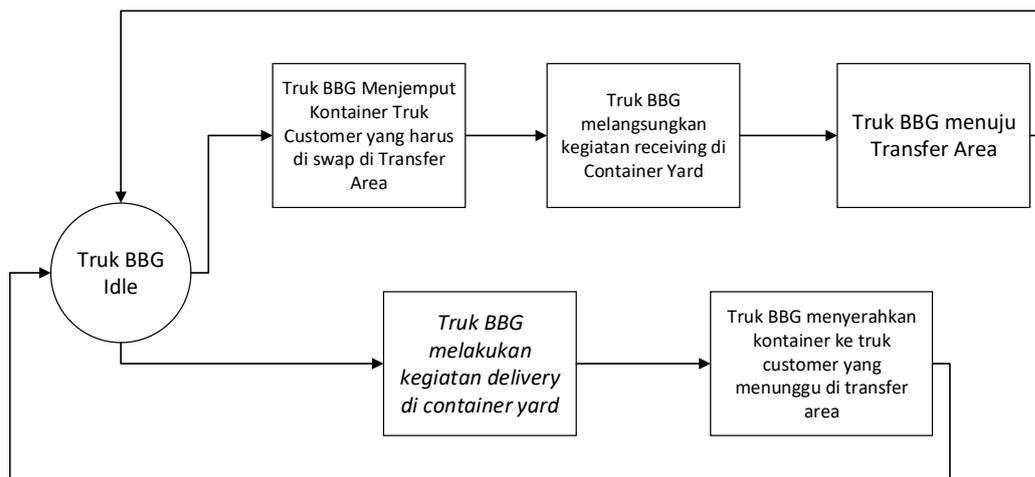
Gambar 3.11 Model Konseptual Operasional Truk *Customer Delivery*

Pada kondisi lain untuk truk *customer* yang teregistrasi, maka bisa melanjutkan kegiatan dengan melakukan proses *main gate in* untuk kemudian diteruskan menuju ke *container yard*. Perbedaan selanjutnya untuk kegiatan *delivery* ialah bahwa truk tidak bisa fleksibel seperti pada kasus kegiatan *receiving* saat melaksanakan kegiatan pemindahan muatan di *container yard*. Saat proses

pregate, truk *delivery* diarahkan untuk mendatangi area yang telah ditentukan dimana kontainer yang akan dijemput berada. Setelah mendatangi area penumpukan, kontainer dari lapangan penumpukan akan dipindahkan oleh alat bantu yang ada untuk dimuatkan ke truk *customer*.

Setelah muat kontainer ke atas truk selesai, truk menuju terminal melewati *main gate out* dan melakukan proses *capture image*. *Truck turnaround time* dihitung selesai ketika proses *main gate out* selesai. Namun sebelum meninggalkan sistem terminal, adapun kegiatan opsional yakni *rotating* kontainer dibutuhkan oleh truk *customer* ketika didapati bahwa kontainer yang dimuatkan dari area penumpukan dalam kondisi terbalik. Kegiatan *rotating* kontainer ini dilakukan di transfer area dengan bantuan *reach stacker*, dan jika prosesnya telah selesai truk bisa meninggalkan sistem terminal.

3.4.3 Model Konseptual Penugasan Truk BBG Internal Terminal



Gambar 3.12 Model Konseptual *Activity Cycle Diagram* Truk BBG

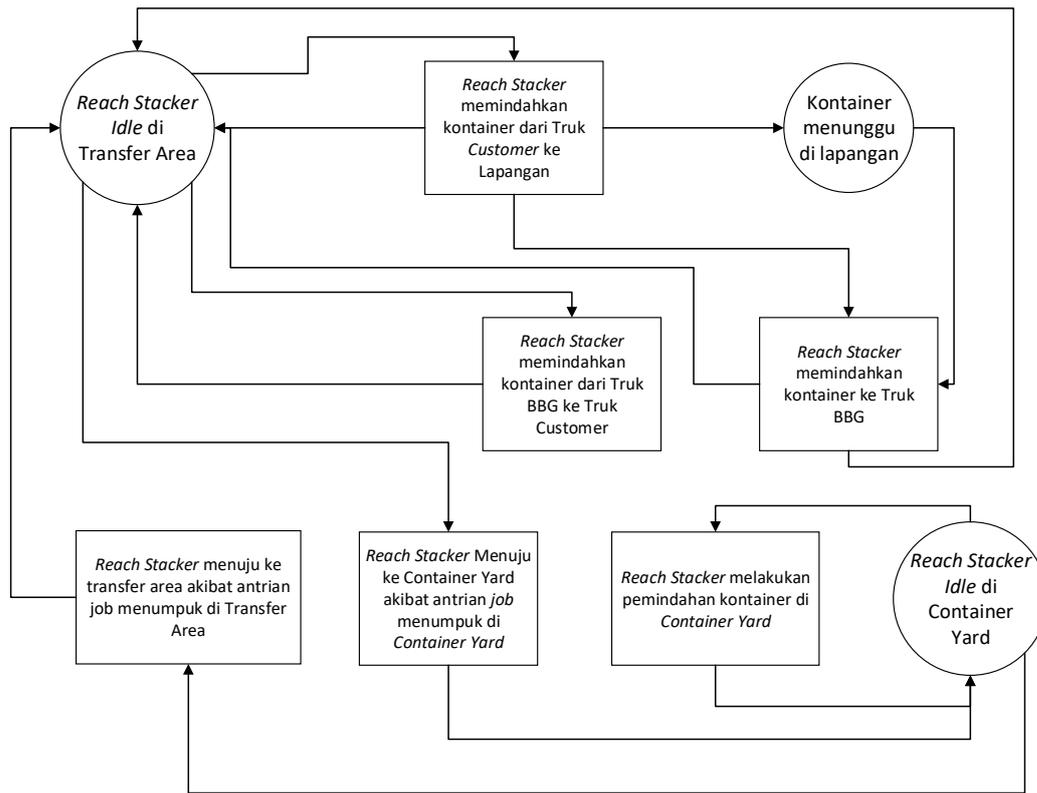
Truk BBG internal terminal sebagai moda darat yang membantu kebutuhan operasional terminal memiliki beberapa tugas, yakni mengambil alih tugas truk

customer yang belum teregistrasi baik ketika akan melakukan kegiatan *receiving* maupun *delivery*.

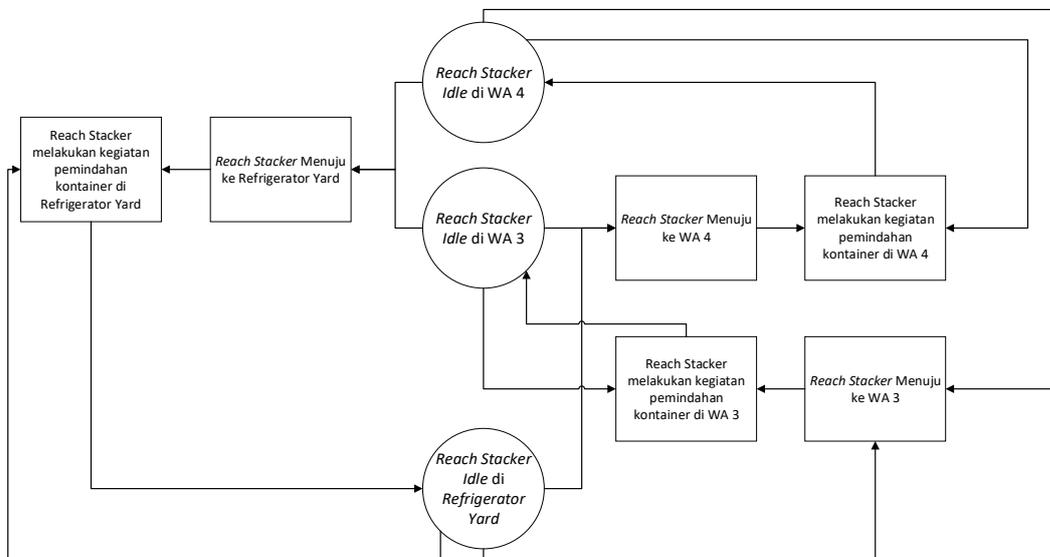
Untuk diketahui bahwa lokasi awal dan juga lokasi dimana truk BBG *stand by* ketika sedang *idle* atau menganggur ada di transfer area. Ketika job *receiving* datang, truk BBG menghampiri truk *customer* yang bersangkutan di transfer area untuk memuat kontainer yang ingin ditumpukkan ke lapangan penumpukan. Setelah kontainer berhasil dimuat oleh bantuan *reach stacker*, truk BBG melanjutkan kegiatan *receiving* dengan alur prosedur yang serupa dengan truk *customer* teregistrasi dalam melakukan kegiatan *receiving*. Setelah selesai dibongkar untuk ditumpuk di lapangan penumpukan, truk BBG kembali ke transfer area untuk *stand by*. Kemudian dalam job *delivery*, truk yang *stand by* di transfer area akan segera menjemput kontainer milik truk bersangkutan, sama halnya bahwa alur *delivery* yang dilakukan truk BBG sama dengan alur yang dilakukan oleh truk *customer* teregistrasi. Setelah truk berhasil memuat kontainer yang dijemput dari *container yard*, truk BBG akan menyerahkan kontainer terkait kepada truk *customer* yang telah menunggu di transfer area.

3.4.4 Model Konseptual Penugasan Reach Stacker

Reach Stacker yang tersedia di terminal memiliki beberapa tugas yang mengharuskan berpindah tempat. Adapun untuk kegiatan yang membutuhkan *reach stacker* dilakukan di dua tempat utama, yakni di transfer area dan di *container yard*. Di transfer area, tugas *reach stacker* ialah untuk memindahkan kontainer dari truk *customer receiving* yang belum teregistrasi untuk dipindahkan dan dimuatkan ke truk BBG yang tersedia. Namun bilamana truk BBG belum tersedia, maka kontainer akan ditumpukkan di lapangan transfer area terlebih dahulu untuk kemudian dimuatkan ketika truk BBG sudah tersedia. Selain itu, tugas lain *reach stacker* di transfer area adalah memindahkan kontainer dari truk BBG yang telah rampung menyelesaikan kegiatan *delivery* untuk dimuatkan ke truk *customer delivery* yang sebelumnya diketahui tidak teregistrasi. Adapun kondisi lain yakni ketika terjadi antrian job kontainer untuk dipindahkan menumpuk di *Container Yard*, *reach stacker* yang berada di transfer area akan meninggalkan transfer area untuk menuju *container yard*, pun demikian sebaliknya.



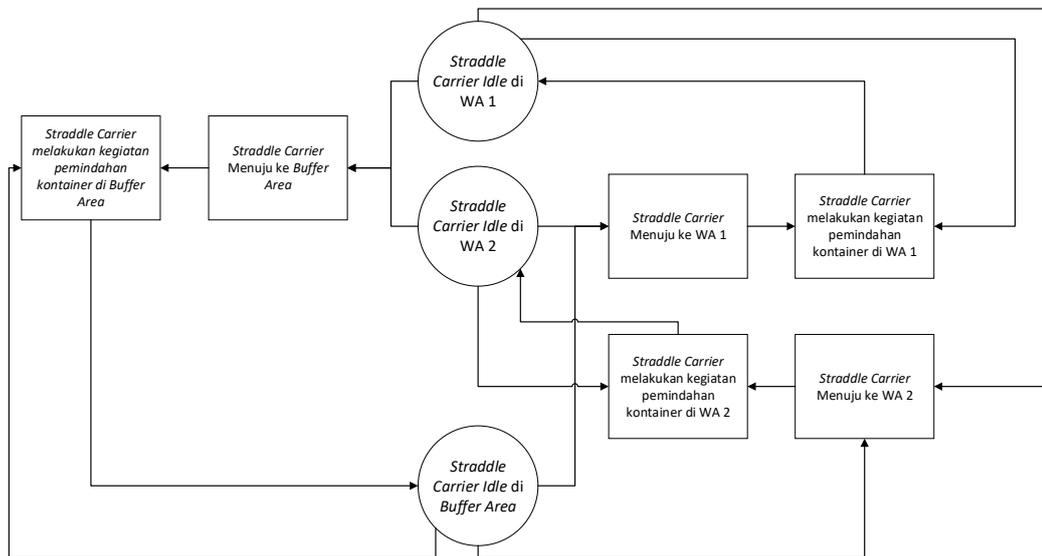
Gambar 3.13 Model Konseptual *Activity Cycle Diagram Reach Stacker* secara umum



Gambar 3.14 Model Konseptual *Activity Cycle Diagram Reach Stacker di Container Yard*

Secara lebih detail, proses pemindahan kontainer di *container yard* oleh *reach stacker* dilakukan di tiga tempat yakni WA 2, WA 3 dan *Refrigerator Yard*. Pada ACD diatas menjelaskan tentang bagaimana siklus aktivitas di *container yard* oleh *reach stacker*.

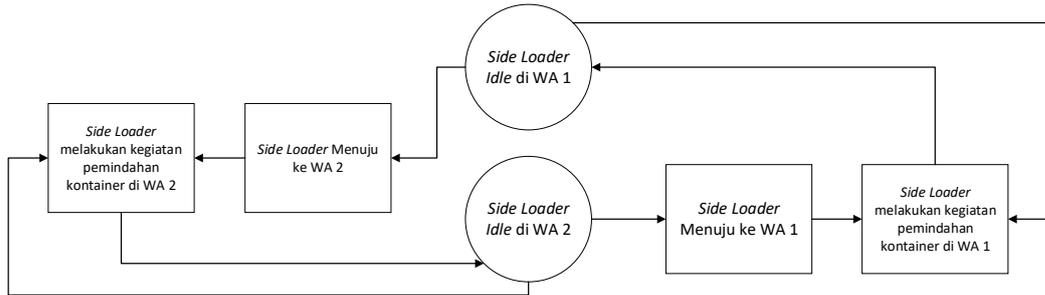
3.4.5 Model Konseptual Penugasan Straddle Carrier



Gambar 3.15 Model Konseptual Activity Cycle Diagram Straddle Carrier

Berbeda dengan *reach stacker* yang diperlukan untuk melakukan pemindahan kontainer di dua tempat, *straddle carrier* hanya ditugasi untuk membantu pemindahan di *container yard* saja. Adapun untuk lokasi yang membutuhkan *straddle carrier* sebagai sumber daya alat bantu pemindahan adalah WA 1, WA 2 dan *buffer area* di Blok ASC 1-4 *waterside*. Untuk siklus aktivitas *straddle carrier* memiliki pola yang sama seperti *reach stacker* seperti yang tergambar pada gambar diatas

3.4.6 Model Konseptual Penugasan Side Loader

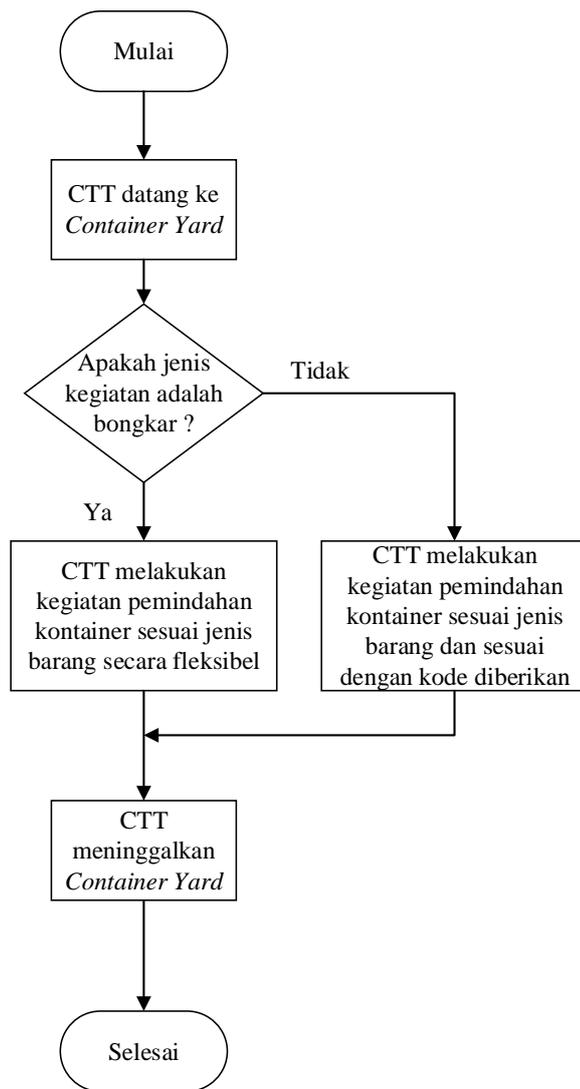


Gambar 3.16 Model Konseptual Activity Cycle Diagram Side Loader

Side Loader memiliki peran fungsi memindahkan kontainer dan siklus aktivitas juga penugasannya sama persis dengan *straddle carrier*. Perbedaannya adalah *side loader* tidak ditugaskan di *buffer area* dan hanya digunakan untuk memindahkan kontainer dengan jenis *empty* atau MTY saja.

3.4.7 Model Konseptual Kedatangan CTT

Pada model konseptual Gambar 3.17 ditunjukkan sebuah logika kedatangan CTT sebagai *trailer* internal terminal yang bertugas melakukan pemindahan kontainer dari dermaga ke *container yard* atau sebaliknya. Prosedur yang berlaku untuk CTT melaksanakan aktivitas bongkar atau muat kontainer di *container yard* menyerupai prosedur *receiving/delivery* oleh truk, yakni ketika CTT sedang dalam operasi menumpuk kontainer maka bisa dilakukan secara fleksibel sesuai dengan jenis barangnya, namun jika sedang dalam operasi menjemput kontainer maka CTT harus mendatangi area penumpukan yang sesuai dengan kode kontainer yang ada yang menunjukkan dimana kontainer bersangkutan ditumpuk.

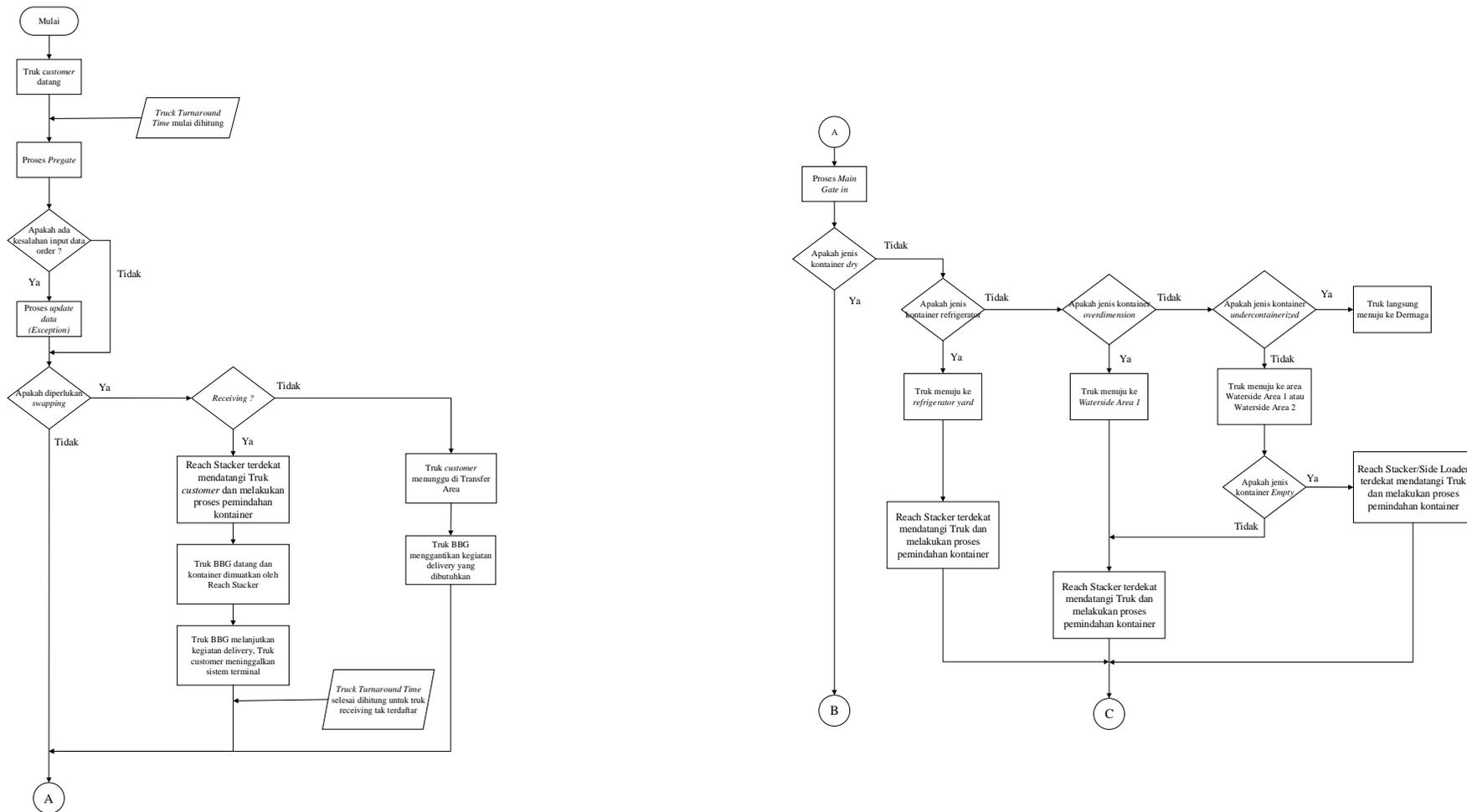


Gambar 3.17 Model Konseptual Aktivitas CTT

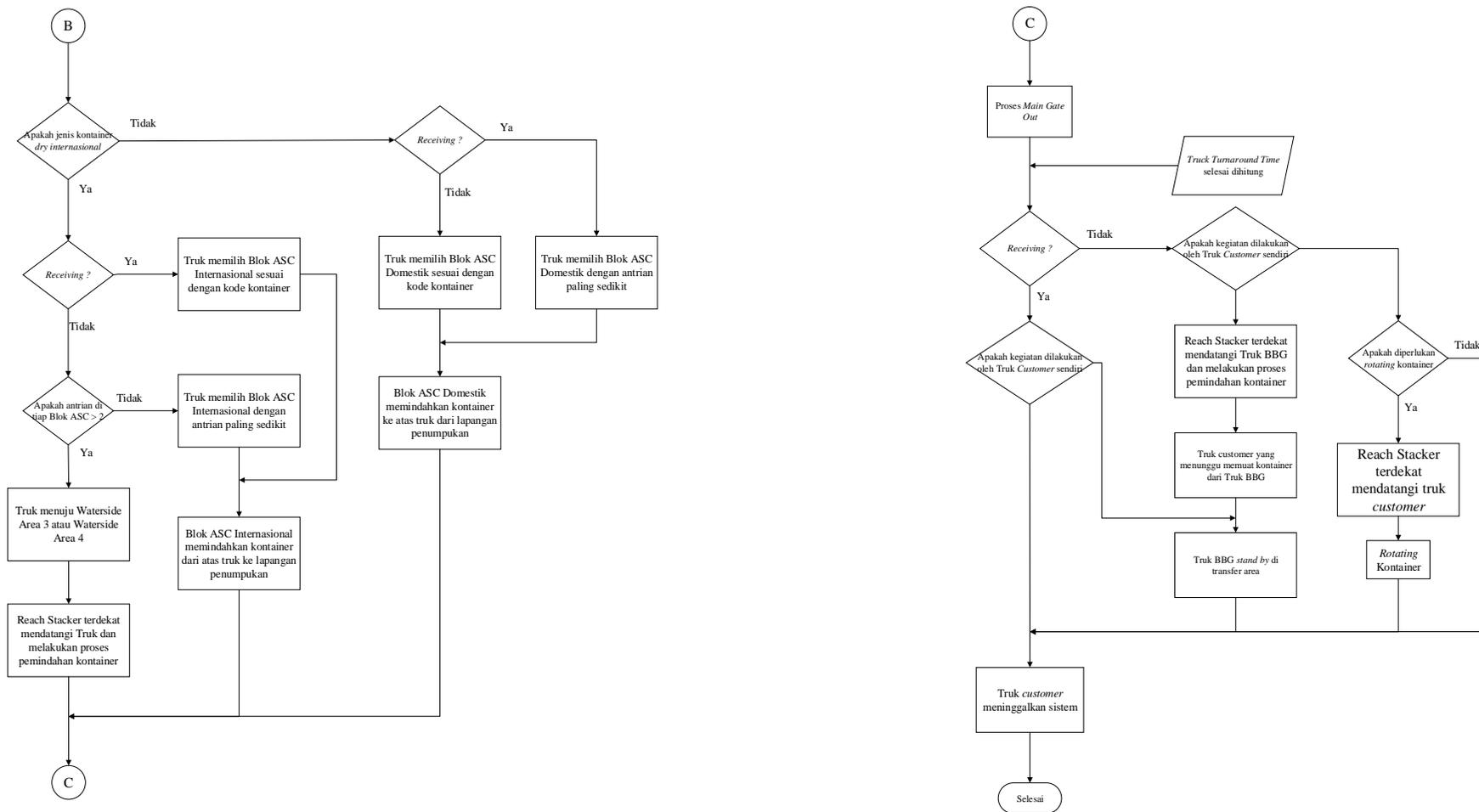
3.4.8 Overview Model Konseptual Operasional Terminal

Pada bagian ini akan dijelaskan *overview* model konseptual kegiatan operasional di Terminal Teluk Lamong yang mewakili operasional seluruh entitas dan sumber daya yang ada. Berikut ini adalah model konseptual *overview* operasional terminal.

Halaman ini sengaja dikosongkan



Gambar 3.18 Model Konseptual *Overview* Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong



Gambar 3.18 Model Konseptual *Overview* Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong (lanjutan)

3.5 Pembuatan Model Simulasi

Model simulasi dikembangkan setelah model konseptual selesai dibuat. Di dalam model simulasi, data-data yang telah diolah di-*input*kan kedalam perangkat lunak ARENA untuk dieksekusi guna mendapatkan hasil *output* dari model simulasi yang telah dikembangkan.

Pada bagian ini akan dijelaskan pula mengenai jumlah replikasi yang dibutuhkan untuk membangun suatu *confidence interval* dimana parameter *output* model simulasi dapat diterima dan terbukti tidak ada perbedaan dengan sistem nyata. Replikasi dibutuhkan karena perangkat lunak ARENA menggenerasi angka secara acak untuk tiap probabilitas distribusi daripada suatu data yang ada, sehingga banyak replikasi dibutuhkan agar *output* yang diharapkan memiliki bias rendah dan lebih akurat dalam menggambarkan sistem nyata.

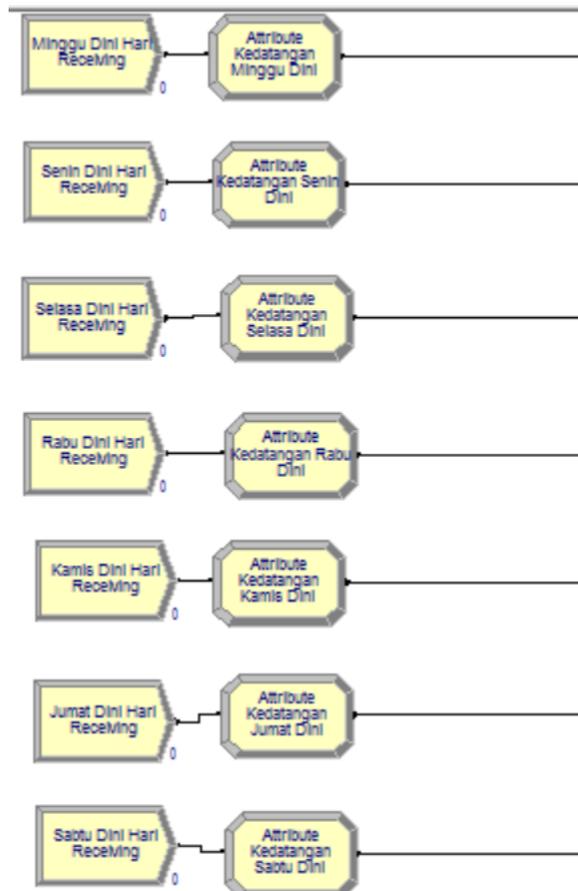
3.5.1 Submodel Kedatangan truk customer dan pemberian atribut truk customer



Gambar 3.19 Submodel Kedatangan Truk *Customer Receiving* Berdasarkan Periode Waktu

Operasional truk *customer* diawali dengan memodelkan siklus kedatangan truk yang dibedakan berdasarkan jenis operasinya apakah akan melakukan *receiving* atau *delivery*. Selain itu, pemodelan yang dilakukan membedakan kedatangan yang terjadi pada hari-hari yang berbeda dan interval jam yang berbeda. Hasil olah data yang telah dilakukan diawal memberikan *output* siklus kedatangan

hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu dan Minggu dengan tiap harinya dibagi lagi menjadi kedatangan Dini Hari, Pagi, Siang, Sore dan Malam. Artinya terdapat 35 modul *create* yang merepresentasikan kedatangan truk *customer* yang datang ke terminal untuk melakukan kegiatan *receiving/delivery*.



Gambar 3.20 Submodel kedatangan truk *customer receiving* periode waktu Dini Hari

Setelah truk datang, pemberian atribut dilakukan sesuai dengan hasil olah data yang didapat. Pemberian atribut ini diperlukan karena tiap truk memiliki berbagai kemungkinan untuk ditangani secara berbeda di dalam terminal tergantung dengan spesifikasi dan informasi yang diemban truk itu sendiri dimana dalam pemodelan simulasi ini akan diwakili oleh atribut yang ada. Adapun beberapa atribut umum yang diberikan kepada tiap-tiap truk yang datang adalah :

- Jenis Operasi : Receiving atau Delivery
- Jenis Kontainer : DRY, MTY, OVD, UC, RFR, TNK, atau DG

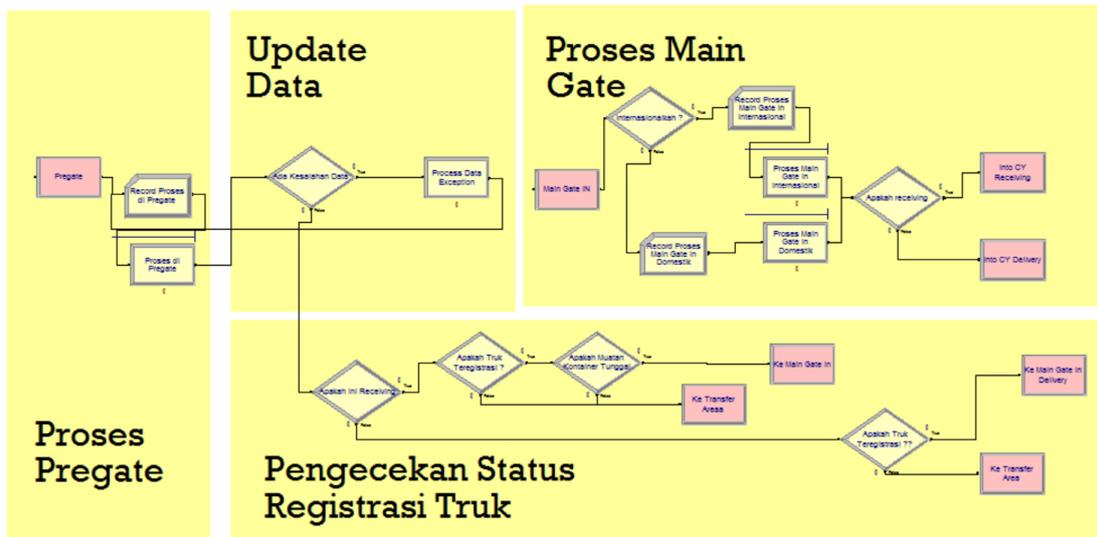
- Status Kontainer : Internasional atau Domestik
- Status Truk : Terdaftar dan Tidak Terdaftar

Selain atribut umum diatas, ada beberapa atribut khusus yang hanya berlaku untuk truk yang akan melakukan *receiving* saja atau truk yang akan melakukan *delivery* saja. Pada truk *receiving*, atribut jumlah kontainer yang dimuat dalam satu truk perlu diketahui sehingga harus dimodelkan. Sesuai prosedur yang ada, jika truk *receiving* membawa truk dengan muatan kontainer ganda maka truk tersebut harus di *swap* dengan truk BBG internal milik terminal. Adapun untuk truk *delivery*, dilakukan pemberian atribut khusus yakni kode kontainer ambil yang menentukan dimana posisi kontainer di *container yard* atau lapangan penumpukan yang harus didatangi truk untuk dijemput. Atribut ini tidak diperlukan untuk truk *receiving* karena keperluan utama truk untuk membongkar kontainer di terminal dapat berlangsung dengan penentuan tempat yang fleksibel.

3.5.2 Submodel Kegiatan Pregate dan Main Gate In



Gambar 3.21 Submodel *Station* Pintu Depan Dan Logika Truk Masuk Dan Keluar



Gambar 3.22 Submodel proses *pregate*, *update data*, proses *main gate*, dan pengecekan status registrasi truk

Pada submodel ini, terdapat tiga modul *station* sebagai representasi lokasi di dalam model simulasi, yakni *station* pintu depan untuk diteruskan ke *station pregate* dan *station main gate in*. *Station* pintu depan dibutuhkan untuk verifikasi lewat animasi yang akan membantu dalam mengecek truk *customer* saat sedang memasuki sistem dan sedang keluar sistem. Adapun agar logika truk yang menuju pintu depan untuk keluar sistem tidak masuk kembali ke *pregate* dimodelkan modul *decide* yang menentukan suatu atribut entitas dimana jika truk belum sempat memasuki sistem maka status atribut ‘selesai’ adalah 0, dan ketika truk sudah selesai menjalankan kebutuhannya di sistem terminal maka atributnya akan bernilai 1. Jika atribut ‘selesai’ ini masih bernilai 0, maka entitas diteruskan memasuki *pregate*, sedangkan jika sudah bernilai 1 maka di *dispose*.

Untuk *station pregate* dan *station main gate in*, dilakukan perbedaan pemodelan untuk truk *receiving* dan *delivery*, truk teregistrasi dan tidak teregistrasi, dan untuk truk internasional serta domestik. Untuk truk *receiving* dan *delivery* perbedaannya terletak pada kecepatan kendaraan saat berpindah dari satu stasiun ke stasiun yang lain karena pada dasarnya ketika *receiving* maka kecepatan truk akan lebih pelan. Untuk truk teregistrasi dan tidak teregistrasi perbedaan terletak pada tujuan stasiun selanjutnya dimana truk teregistrasi akan menuju ke *main gate in* dan untuk yang teregistrasi harus melakukan aktivitas yang diperlukan di transfer area.

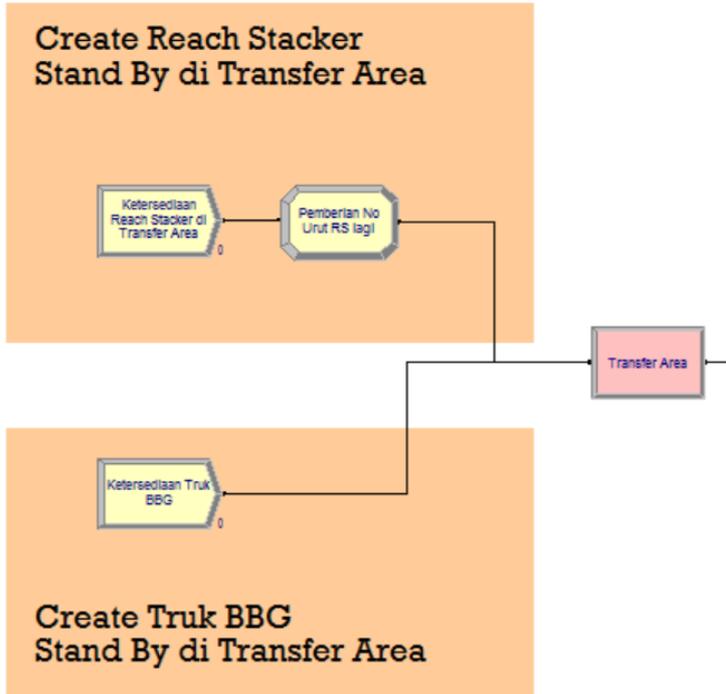
Yang terakhir untuk truk domestik dan internasional dibedakan penggunaan *resources main gate in* dimana tiap gerbang telah dibedakan mana yang dikhususkan untuk mengakomodasi truk jenis internasional serta domestik.

3.5.3 Submodel Kegiatan di Transfer Area

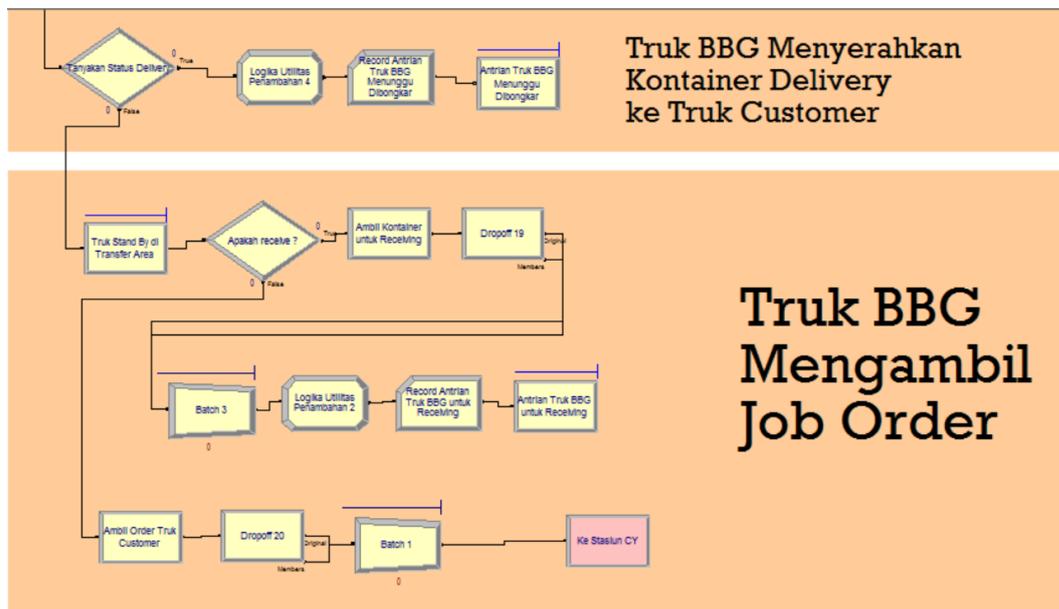
Sama seperti *pregate* dan *main gate in*, transfer area direpresentasikan oleh modul *station*. Di dalam *station* transfer area ada beberapa jenis entitas yang melangsungkan aktivitas, ialah truk *customer*, truk BBG dan *reach stacker* dimana truk BBG dan *reach stacker* di munculkan entitasnya lewat modul *create* dan harus dimodelkan menggunakan logika *decide* yang membedakan jenis aktivitas untuk tiap jenis entitas yang berbeda. Di model simulasi yang dikembangkan banyak digunakan logika *hold* dan *pick up* untuk memungkinkan situasi dimana sebuah entitas harus menunggu kedatangan entitas lain untuk bisa melangsungkan aktivitasnya. Beberapa kasus demikian pada submodel ini adalah ketika truk *customer delivery* tidak teregistrasi yang harus menunggu kedatangan truk BBG membawakan kontainer *delivery* yang di dalam model simulasi dimodelkan dengan entitas truk *customer* memasuki modul *hold infinite* yang membentuk *queue* tertentu menunggu entitas truk BBG memasuki modul *pick up* dengan mengambil entitas dari *queue* truk *customer delivery*. Selanjutnya, setelah truk BBG sudah melakukan *pick up* maka diteruskan dengan memasuki *hold infinite* selanjutnya yang membentuk *queue* antrian menunggu *reach stacker* yang artinya entitas truk BBG menunggu kedatangan *reach stacker* untuk melakukan *pick up* yang merepresentasikan proses *swapping* kontainer dari truk *customer* ke truk BBG.

Adapun di transfer area kegiatan-kegiatan yang ada meliputi kegiatan penurunan kontainer untuk truk *customer receiving* yang tidak terdaftar, dan kegiatan menunggu kontainer untuk dijemputkan truk BBG oleh truk *customer delivery* yang tidak terdaftar. Kemudian untuk truk BBG di *station* ini melakukan pemuatan kontainer dari truk *customer receiving* untuk dilakukan kegiatan *receiving* ke lapangan penumpukan, penyerahan kontainer *delivery* yang dijemputkan untuk truk *customer delivery* yang menunggu dan juga aktivitas *stand by* truk BBG menunggu tugas. Untuk *reach stacker* melakukan kegiatan memindahkan kontainer baik dari maupun ke truk *customer* dan truk BBG,

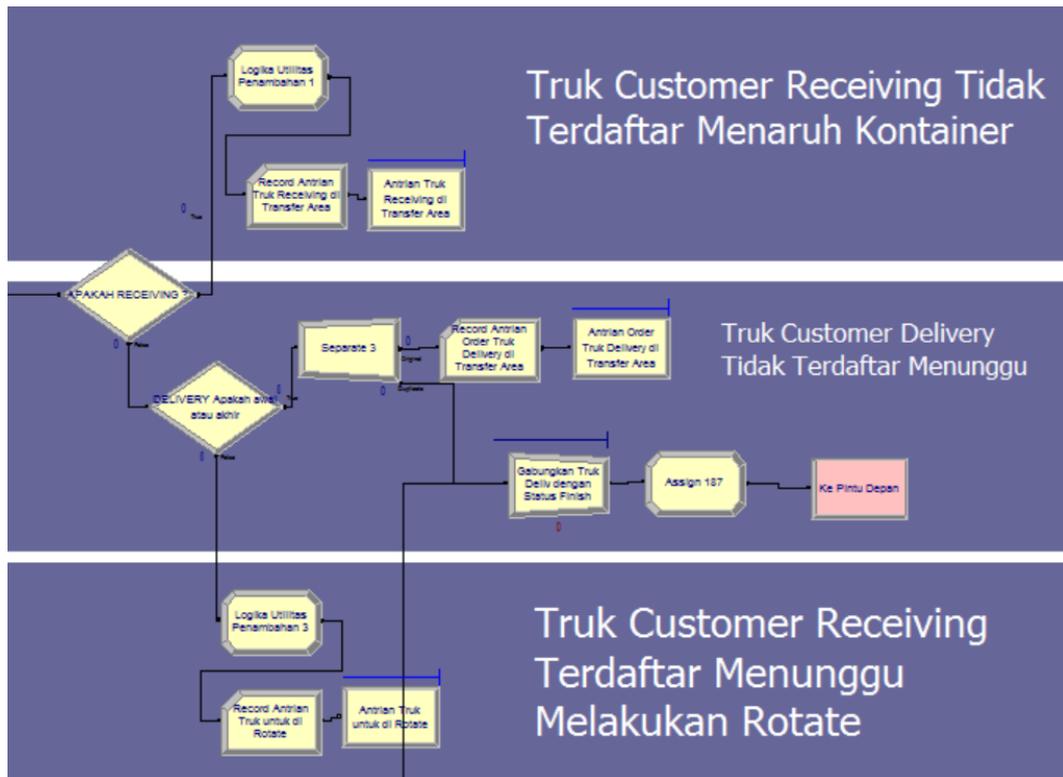
membantu proses *rotating* kontainer untuk truk *customer receiving* yang memerlukan dan juga melakukan *stand by*.



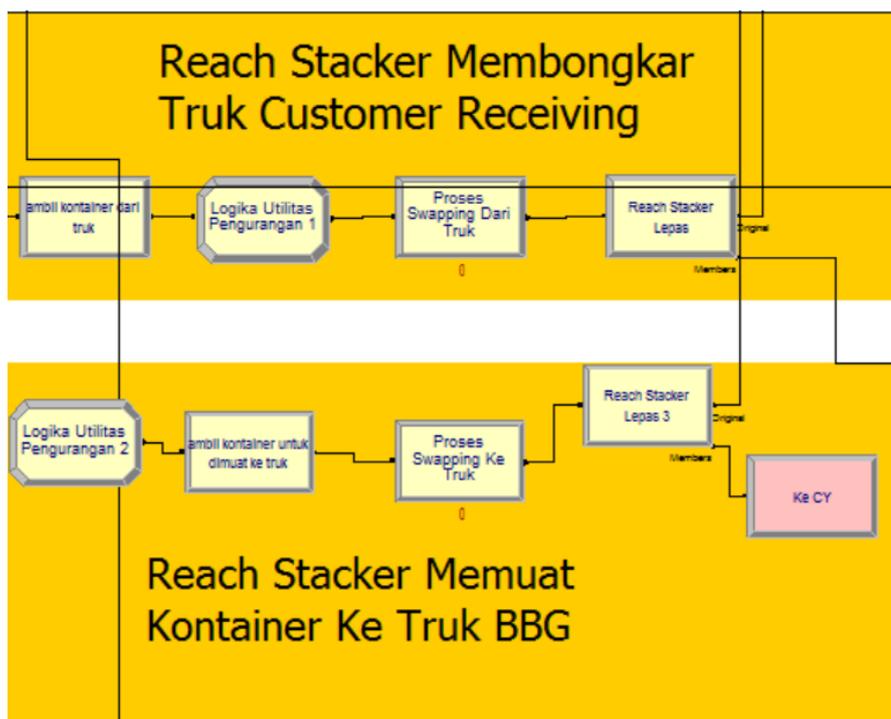
Gambar 3.23 Model Simulasi *Create* Truk BBG dan *Reach Stacker* untuk *Stand by* di Transfer Area



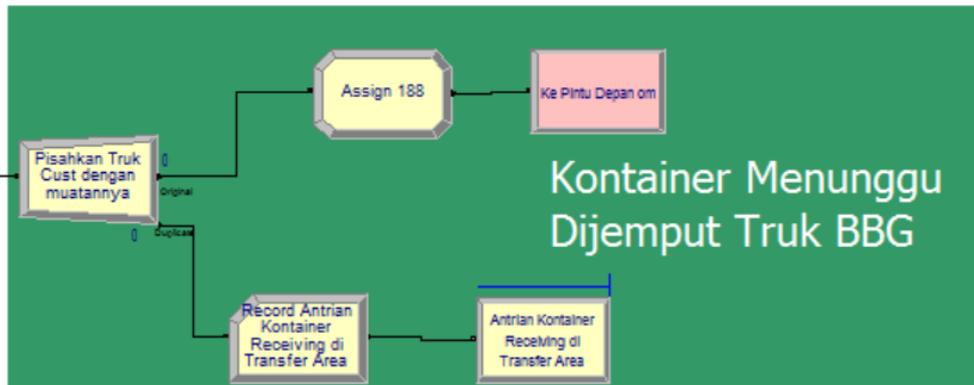
Gambar 3.24 Submodel Kegiatan Truk BBG Di Transfer Area



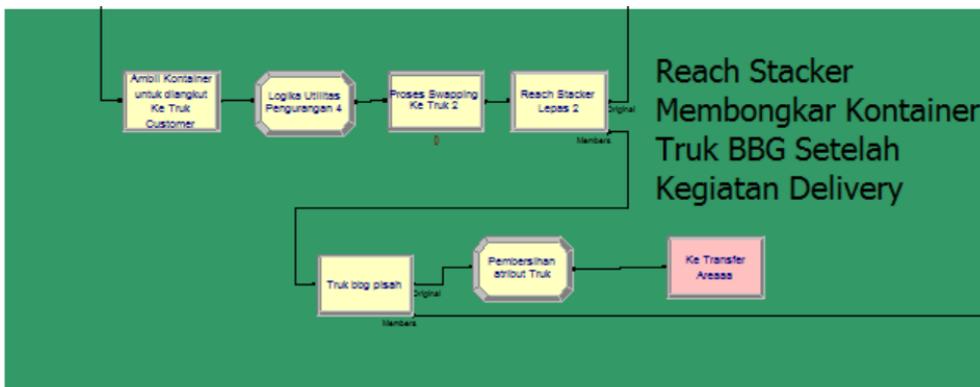
Gambar 3.25 Submodel Kegiatan Truk *Customer* Di Transfer Area



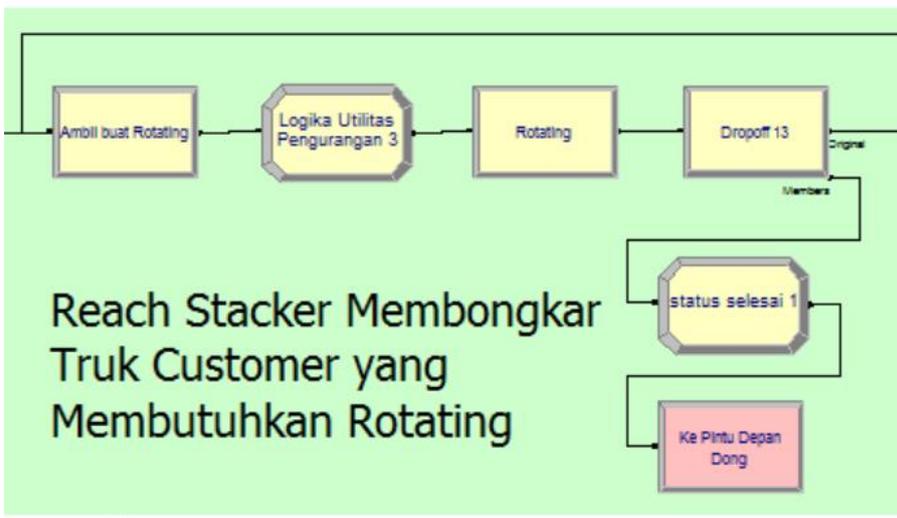
Gambar 3.26 Submodel Kegiatan Pembongkaran Dan Pemuatan Kontainer Dari Dan Ke Truk *Customer* Di Transfer Area



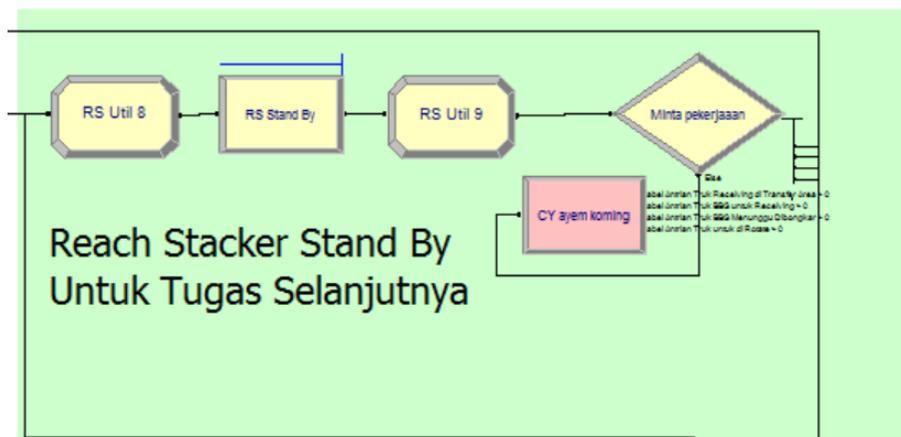
Gambar 3.27 Submodel Kegiatan Kontainer Menunggu Dijemput Truk BGG



Gambar 3.28 Submodel Kegiatan *Reach Stacker* Membongkar Kontainer Truk BGG Setelah Menyelesaikan Kegiatan *Delivery*



Gambar 3.29 Submodel kegiatan *reach stacker* membantu kegiatan *rotating* kontainer kepada truk *customer*



Gambar 3.30 Submodel *reach stacker stand by* di transfer area

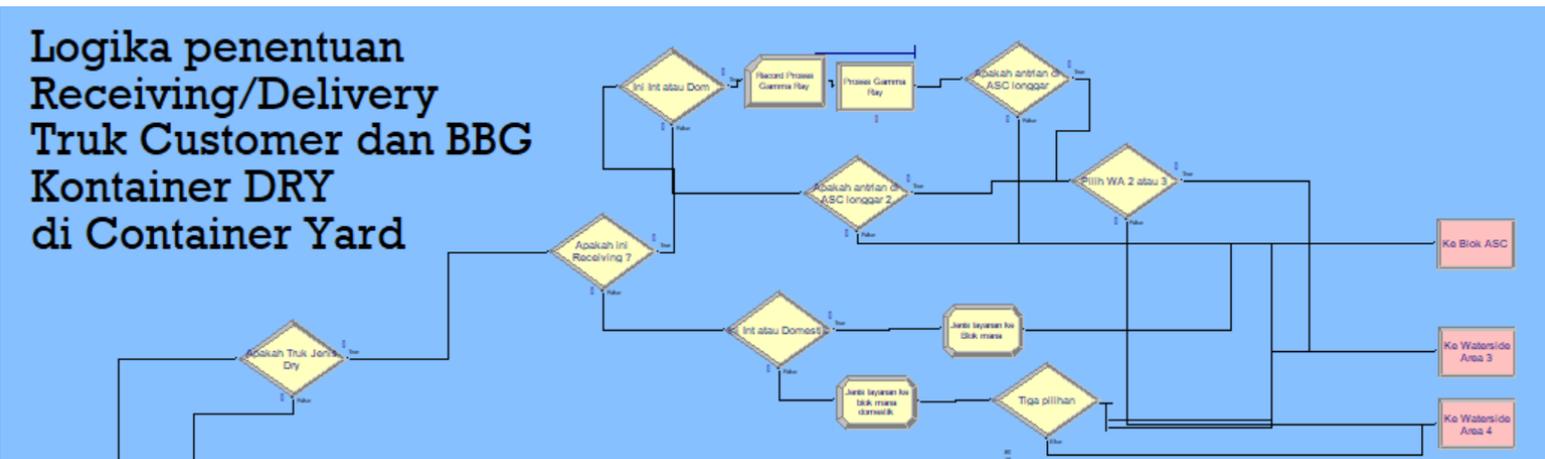
3.5.4 Submodel Kegiatan di Container Yard

Model simulasi untuk kegiatan di *container yard* juga dibedakan berdasarkan jenis entitasnya pula. Untuk *station* ini, kemungkinan entitas yang melangsungkan aktivitasnya adalah truk *customer*, truk BBG, CTT, *reach stacker*, *straddle carrier* dan *side loader*. Untuk truk *customer* dan truk BBG, entitas diproses dengan diarahkan juga dikondisikan sesuai dengan jenis barangnya untuk diarahkan lagi ke *substation* seperti WA dan *refrigerator yard*. Di *station container yard*, dilakukan *create* terhadap 4 *reach stacker*, 5 *straddle carrier* dan 1 *side loader* yang diarahkan kepada modul *hold for condition* sebagai representasi kondisi *stand by* dimana tiga jenis alat bantu pemindahan kontainer ini ditahan untuk bersiap melaksanakan tugas masing-masing ketika terjadi antrian truk atau CTT untuk melakukan penumpukan atau penjemputan kontainer di *substation-substation* di *container yard*.

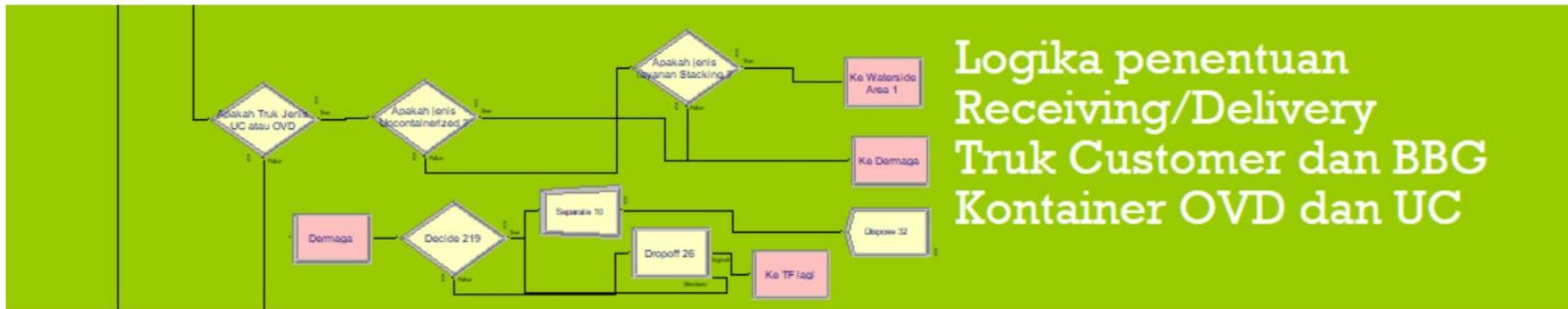
Logika-logika yang dikembangkan pada submodel ini adalah logika jenis kontainer yang diemban oleh truk sehingga truk bisa diteruskan ke submodel selanjutnya tergantung jenis kontainernya apakah harus ke Blok ASC Internasional, Blok ASC Domestik, WA, *refrigerator yard*, atau langsung ke dermaga. Pada submodel ini juga terdapat logika *stand by* untuk seluruh sumber daya bergerak.



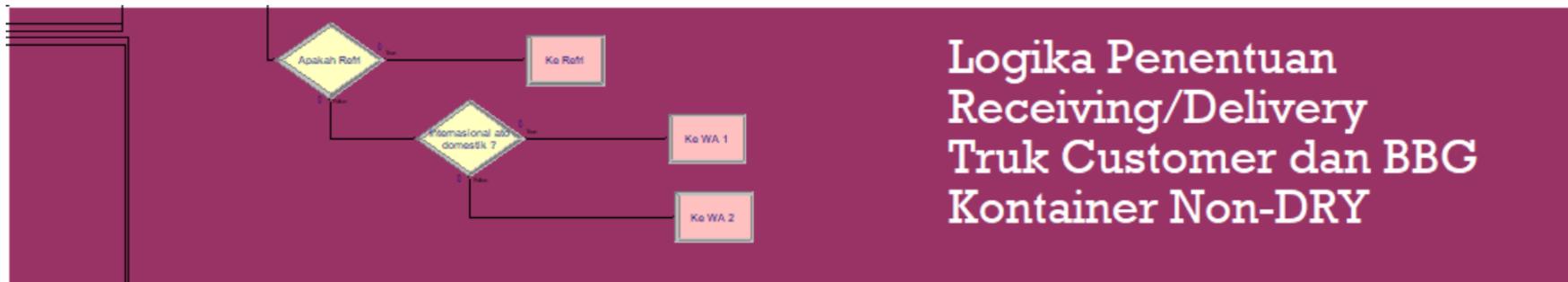
Gambar 3.31 Submodel *create* sumber daya bergerak di *container yard*



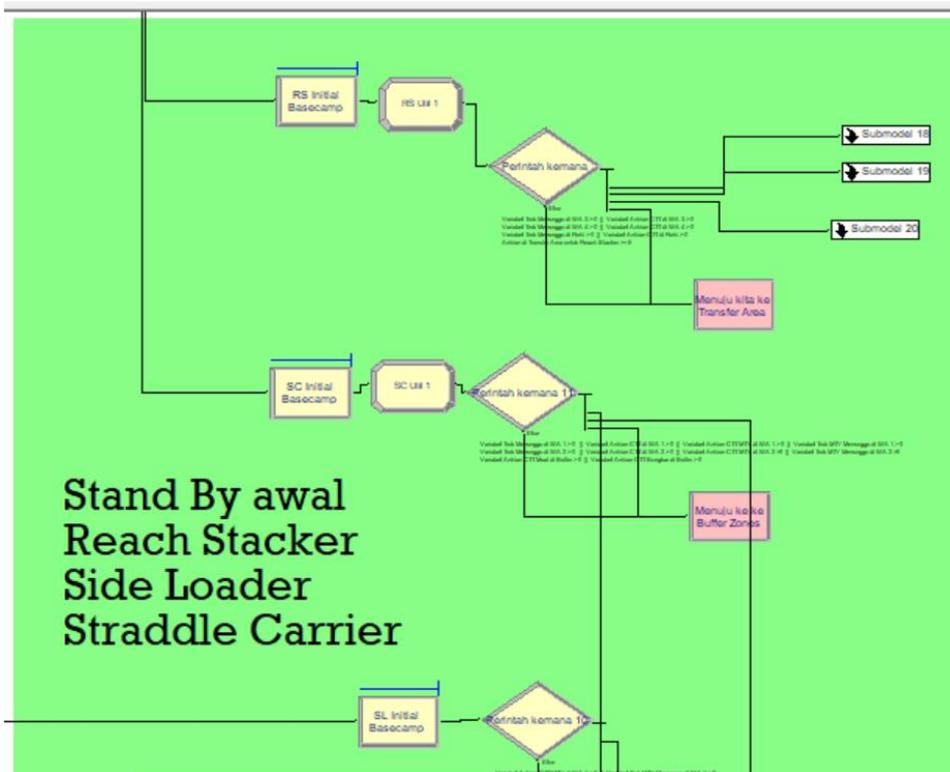
Gambar 3.32 Submodel logika penentuan *receiving/delivery* truk *customer* dan truk BBG kontainer *dry* di *container yard*



Gambar 3.33 Submodel logika penentuan *receiving/delivery* truk *customer* dan BBG jenis kontainer *overdimension* dan *uncontainerized*



Gambar 3.34 Submodel logika *receiving/delivery* truk *customer* dan BBG jenis kontainer *non-dry*



Gambar 3.35 Submodel logika *stand by* awal sumber daya bergerak

3.5.5 Submodel Kegiatan di Waterside Area dan Refrigerator Yard

Pada submodel ini enam entitas dibedakan yakni truk *customer*, truk BBG, CTT, *reach stacker* (untuk WA 3, WA 4 dan *refrigerator area*), *straddle carrier* (untuk WA 1, WA 2 dan *buffer area*), dan *side loader* (untuk WA 1 dan WA 2). Logika model simulasi yang dikembangkan menyerupai logika operasional yang dikembangkan di *station* transfer area dimana truk akan memasuki modul *hold infinite* yang selanjutnya akan memicu *reach stacker/straddle carrier/side loader* yang *idle* untuk meninggalkan modul *hold* dan menjemput entitas truk terkait untuk diproses di modul *delay* berupa proses *swapping* kontainer. Setelah proses tersebut selesai, maka *reach stacker* akan melakukan *dropoff* terhadap truk. *Reach stacker/straddle carrier/side loader* akan kembali ke modul *hold for condition* dan truk akan melanjutkan aktivitasnya menuju *main gate out*.

3.5.6. *Submodel Kegiatan di Blok ASC*

Pada model simulasi Blok ASC, entitas yang diproses adalah truk dan CTT dan akan dibedakan berdasarkan jenis kegiatannya. Jika jenis kegiatan adalah *receiving* maka entitas akan diarahkan untuk memilih Blok ASC dengan jumlah antrian paling sedikit sesuai dengan status kontainernya (internasional atau domestik). Jika kegiatan adalah *delivery*, maka entitas akan diarahkan menuju Blok ASC sesuai dengan atribut '*kode kontainer*' yang menunjukkan dimana lokasi kontainer yang akan dijemput diambil.

Berbeda dengan logika model simulasi sebelumnya, pada kasus ini *resource* direpresentasikan oleh modul *resource* berupa ASC yang memungkinkan adanya antrian dalam proses. Logika *seize delay release* berlaku untuk entitas yang diproses oleh ASC yang ada.

Untuk memodelkan lima jalur pada satu Blok ASC, digunakan lima modul proses yang sejatinya mewakili proses dalam satu Blok ASC yang sama dan kelima modul tersebut saling membagi *resource* yang sama. Truk akan diarahkan untuk memilih jalur dengan tingkat kongesti paling minim.

Aturan antrian yang berlaku pada submodel ini tidak mengadaptasi sistem FIFO atau LIFO, namun entitas CTT akan diprioritaskan untuk diproses terlebih dahulu didalam antrian. Untuk memungkinkan logika ini, digunakan pemberian atribut baru dimana untuk entitas CTT akan diberikan nilai 1 dan untuk entitas truk *customer* atau truk BBG diberikan nilai 0. Aturan antrian nantinya akan mendahulukan entitas dengan nilai atribut terbesar.

3.5.7 *Submodel Kegiatan di Main Gate Out*

Pada kegiatan di *station main gate out*, entitas akan melewati *main gate out* sesuai dengan status kontainer. Pada submodel ini akan dibedakan apakah sebelumnya kegiatan *receiving/delivery* dilangsungkan oleh truk *customer* sendiri atau menggunakan jasa truk BBG milik terminal.

Untuk truk *customer receiving*, entitas akan dilangsungkan menuju pintu depan sedangkan untuk truk *customer delivery* akan melalui modul *decide* apakah truk yang bersangkutan membutuhkan proses *rotating* kontainer yang bilamana dibutuhkan maka entitas truk akan diarahkan ke transfer area terlebih dahulu.

Kemudian jika kegiatan *receiving* dilakukan oleh truk BBG maka entitas truk akan di *dropoff* terlebih dahulu untuk memisahkan entitas *job order receiving* yang di *dispose*, sedangkan entitas truk sendiri akan menuju transfer area untuk *stand by* lagi. Untuk truk *delivery*, maka truk akan menuju transfer area untuk melakukan kegiatan *swapping* kontainer dengan entitas truk *customer* tak teregistrasi yang telah menunggu.

3.5.8 Model Perpindahan antar Stasiun

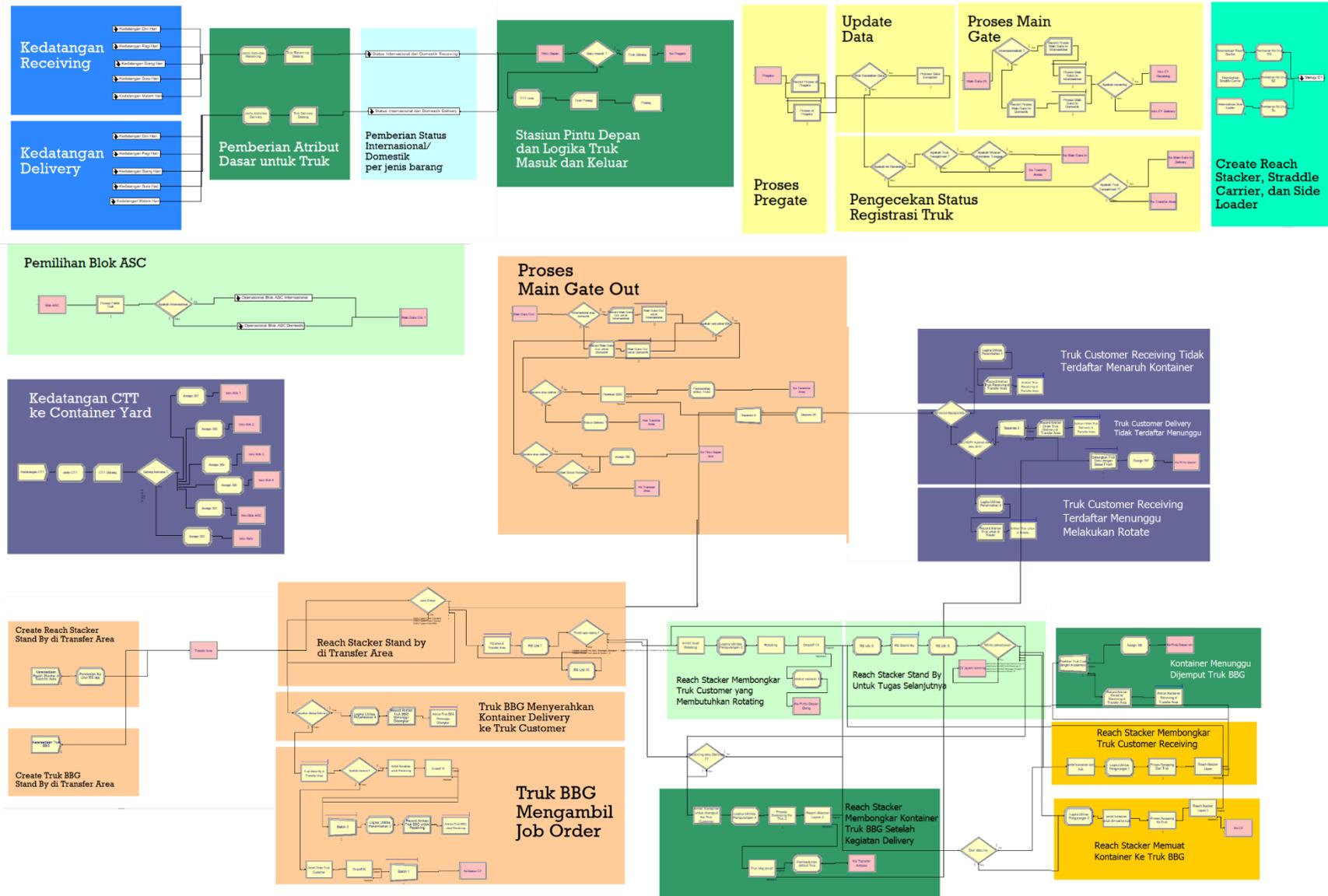
Perpindahan suatu entitas bergerak dimodelkan dengan mengolah data kecepatan dikalikan dengan jarak tiap stasiun yang telah didefinisikan di bab pengolahan data numerik sehingga didapatkan waktu yang dibutuhkan suatu entitas untuk berpindah tempat. Model yang dikembangkan memerhatikan kemungkinan entitas truk *customer*/BBG bergerak dengan atau tanpa memuat kontainer. Adapun waktu perpindahan yang dimodelkan tidak konstan namun diinputkan sebagai data stokastik triangular dengan nilai parameter yang didapatkan melalui kalkulasi sebagai berikut.

Tabel 3.15 Penentuan Nilai Waktu Perpindahan Antar Stasiun dengan Distribusi Triangular

Parameter Triangular	Nilai
Batas Bawah	$(Kecepatan \times Jarak) - 5\%(Kecepatan \times Jarak)$
Sering Muncul	$(Kecepatan \times Jarak)$
Batas Atas	$(Kecepatan \times Jarak) + 5\%(Kecepatan \times Jarak)$

3.5.9 Overview Model Simulasi Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong

Pada bagian ini akan dijelaskan *overview* model simulasi kegiatan operasional di Terminal Teluk Lamong yang mewakili operasional seluruh entitas dan sumber daya yang ada. Berikut ini merupakan cuplikan dari model simulasi yang telah dikembangkan.



Gambar 3.36 Model Simulasi *Overview* Kegiatan Operasional Terminal Teluk Lamong

Halaman ini sengaja dikosongkan

3.5.10 Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi dibutuhkan karena perangkat lunak ARENA menggenerasi angka secara acak untuk tiap probabilitas distribusi daripada suatu data yang ada, sehingga banyak replikasi dibutuhkan agar *output* yang diharapkan memiliki bias rendah dan lebih akurat dalam menggambarkan sistem nyata.

Pada penelitian ini penentuan replikasi ditentukan dengan menghitung *half-width* sebagai besaran deviasi rata-rata nilai populasi yang merupakan representasi *output* simulasi yang terbentuk akibat data stokastik berupa data input probabilitas distribusi. Penentuan replikasi yang dilakukan adalah dengan menghitung *hw* populasi *output* kedatangan truk *customer* dan nilai *truck turnaround time* yang terbentuk.

Menurut Siswanto et al. (2018), berikut ini merupakan rumus dalam menghitung jumlah replikasi yang diperlukan dalam sebuah simulasi.

$$n' = n \times \left[\frac{hw}{hw'} \right]^2 \quad (3.1)$$

Dimana :

n' = Jumlah replikasi yang dibutuhkan

n = Jumlah replikasi awal

hw = *half-width* yang muncul pada replikasi awal

$hw' = \mu \pm 5\%$ = *half-width* target yang diinginkan

- a. Penentuan jumlah replikasi berdasarkan kedatangan truk *customer*.

Berdasarkan input stokastik dari kedatangan truk *customer* yang dibedakan tiap hari dan interval jamnya selama satu minggu untuk replikasi awal 5 kali didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3.16 Hasil Simulasi Kedatangan Truk *Customer* dalam satu minggu di Terminal Teluk Lamong

Replikasi Ke-	Hasil simulasi kedatangan truk <i>customer</i>
1	10.142
2	9.921
3	9.720
4	9.809
5	10.032
<i>mean</i>	9.924,6
Standar deviasi	168,8451954

Dengan hasil output demikian didapatkan nilai *halfwidth* hitung oleh perangkat lunak ARENA sebesar 172,78. Perhitungan n' dilakukan untuk menunjukkan apakah 5 replikasi awal sudah cukup. Berikut ini adalah perhitungan n' untuk parameter kedatangan truk.

$$n' = 5 \times \left[\frac{172,78}{0,05 \times 9924,6} \right]^2 = 0,61 \approx 1 \text{ replikasi}$$

Berdasarkan hasil kalkulasi, didapatkan nilai n' sebesar 1 replikasi, dan dengan mengetahui bahwa replikasi awal telah dilakukan sebanyak 5 kali dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kedatangan truk jumlah replikasi yang dilakukan sudah cukup

b. Penentuan jumlah replikasi berdasarkan nilai *truck turnaround time* truk *delivery*

Berdasarkan input stokastik yang membentuk seluruh kegiatan yang ada di dalam proses *receiving/delivery* oleh truk *customer*, didapatkan hasil *output* simulasi sebagai berikut :

Tabel 3.17 Hasil Simulasi 1 Minggu Presentase Kegiatan *Delivery* yang memiliki nilai *Truck Turnaround Time* yang melebihi standar maksimal

Replikasi Ke-	<i>Truck Turnaround Time Delivery</i> yang melebihi standar
1	29,58%
2	29,59%
3	23,28%
4	27,32%
5	29,66%
<i>mean</i>	27,88%
Standar deviasi	2,76 %

Dengan hasil output demikian didapatkan nilai *halfwidth* hitung oleh perangkat lunak ARENA sebesar 0,3. Perhitungan n' dilakukan untuk menunjukkan apakah 5 replikasi awal sudah cukup. Berikut ini adalah perhitungan n' untuk parameter kedatangan truk.

$$n' = 5 \times \left[\frac{0,03}{0,05 \times 0,2788} \right]^2 = 23,18 \approx 24 \text{ replikasi}$$

Berdasarkan hasil kalkulasi, didapatkan nilai n' sebesar 24 replikasi, dan dengan mengetahui bahwa replikasi awal telah dilakukan hanya sebanyak 5 kali dapat disimpulkan bahwa untuk parameter *truck turnaround time delivery*, jumlah replikasi yang dilakukan masih kurang. Oleh sebab itu, simulasi dilakukan kembali dengan n sebesar 24 dan dilakukan perhitungan n' kembali guna mengecek apakah $n = 24$ sudah cukup.

$$n' = 24 \times \left[\frac{0,01}{0,05 \times 0,2477} \right]^2 = 15,64 \approx 16 \text{ replikasi}$$

Pada perhitungan kedua didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa n' lebih kecil daripada $n = 24$. Dengan hasil demikian, dapat disimpulkan bahwa $n = 24$ cukup.

c. Penentuan jumlah replikasi berdasarkan nilai *truck turnaround time* truk *receiving*

Berdasarkan input stokastik yang membentuk seluruh kegiatan yang ada di dalam proses *receiving/delivery* oleh truk *customer*, didapatkan hasil *output* simulasi sebagai berikut :

Tabel 3.18 Hasil Simulasi 1 Minggu Presentase Kegiatan *Receiving* yang memiliki nilai *Truck Turnaround Time* yang melebihi standar maksimal

Replikasi Ke-	<i>Truck Turnaround Time Receiving</i> yang melebihi standar
1	33,22%
2	34,96%
3	31,67%
4	33,69%
5	33,92%
mean	33,49%
Standar deviasi	1,2 %

Dengan hasil *output* demikian didapatkan nilai *halfwidth* hitung oleh perangkat lunak ARENA sebesar 0,3. Perhitungan n' dilakukan untuk menunjukkan apakah 24 replikasi awal sudah cukup. Berikut ini adalah perhitungan n' untuk parameter kedatangan truk.

$$n' = 24 \times \left[\frac{0,01}{0,05 \times 0,3033} \right]^2 = 10,43 \approx 11 \text{ replikasi}$$

Berdasarkan hasil kalkulasi, didapatkan nilai n' sebesar 12 replikasi, dan dengan mengetahui bahwa replikasi yang dilakukan sebanyak 24 kali dapat

disimpulkan bahwa untuk parameter *truck turnaround time receiving*, jumlah replikasi yang dilakukan sudah cukup.

3.6 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi adalah suatu proses yang dilakukan untuk menguji adanya *syntax error* dan *semantic error* di dalam model simulasi yang akan dikembangkan. *Syntax error* merupakan kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan tata cara penulisan tanda baca, kesalahan pemakaian operator dan nilai. Perangkat lunak ARENA memungkinkan verifikasi *syntax error* dengan tersedianya fitur *debug* yang akan memberikan informasi apakah model yang telah dibuat *verified* atau tidak. Sedangkan *semantic error* merupakan proses verifikasi dengan menguji apakah model sudah berjalan sesuai dengan logika yang seharusnya. Pengujian *semantic error* dapat dilakukan dengan melakukan inspeksi cara kerja sistem lewat penambahan animasi atau visualisasi daripada model simulasi. Selain itu *semantic error* dapat dideteksi lewat mengkaji hasil *output* simulasi bilamana terdapat suatu *output* yang diluar kewajaran.

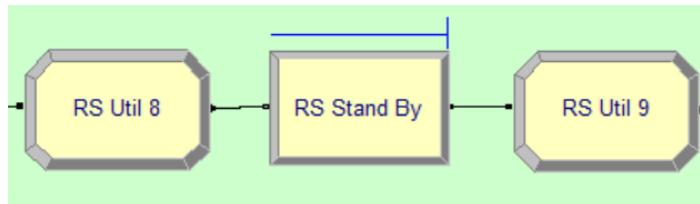
Validasi merupakan suatu proses untuk menjamin bahwa model simulasi sudah merepresentasikan sistem nyata. Suatu model dianggap valid jika *output* hasil simulasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kondisi sistem yang sebenarnya. Untuk mendapatkan keputusan valid atau tidak, dilakukan uji hipotesis rataan dua populasi daripada hasil *output* model simulasi dan juga kondisi sistem rill.

3.6.1 Verifikasi Model

a. Verifikasi logika utilitas *resource*

Ada beberapa *resource* yang didefinisikan dalam model simulasi yang dikembangkan. Untuk *resource pregate*, *main gate in*, *main gate out* serta Blok ASC dimodelkan dengan menggunakan modul *resource*, sedangkan untuk *reach stacker*, *side loader* dan *straddle carrier* dimodelkan dengan pergerakan entitas yang merepresentasikan *resource*. Untuk mengetahui utilitas dari *resource-resource* ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan modul *statistics* jenis *time-persistent* yang memungkinkan pengguna untuk melihat nilai rata-rata suatu ekspresi di dalam *running* model simulasi sepanjang waktu simulasi. Pada kasus

ini, *statistic time-persistent* digunakan untuk merekam nilai rata-rata sepanjang waktu simulasi akan variabel yang menggambarkan nilai utilitas *resource*.



Gambar 3.37 Logika utilitas entitas

Untuk *resource pregate*, *main gate in*, *main gate out* serta Blok ASC didapatkan nilai utilitasnya dengan merata-ratakan ekspresi *current number busy* dengan nilai maksimal ekspresi adalah 1 dan minimal 0. Ketika *resource* sedang digunakan maka ekspresi ini menunjukkan nilai 1 dan ketika tidak digunakan menunjukkan nilai 0. Artinya misalkan *resource* Blok ASC memiliki nilai 0.7 maka dalam 7/10 waktu total simulasi Blok ASC tersebut terus sibuk untuk memproses entitas.

Untuk *resource* yang direpresentasikan dengan entitas, harus dilakukan modifikasi model untuk mampu merekam utilitas entitas. Karena entitas tidak memiliki ekspresi *usage*, maka di dalam model simulasi dikembangkan variabel baru bernama Status RS (untuk *reach stacker*), Status SC (untuk *straddle carrier*) dan Status SL (untuk *side loader*) yang nantinya akan mengalami perubahan nilai dari 0 ke 1 dan sebaliknya sepanjang simulasi. Perbedaannya, perubahan nilai variabel ini tidak serta merta seperti prinsip perubahan nilai *current number busy*, perubahan variabel ini harus dipicu oleh adanya modul *assign*. Ketika entitas *reach stacker/straddle carrier/side loader* hendak memasuki modul *hold for condition* yang menunjukkan bahwa entitas tersebut hendak mengalami *idle* maka nilai variabel dirubah menjadi 0. Sedangkan ketika entitas lepas dari modul *hold* tersebut menandakan ada *job* yang harus dilakukan, maka entitas dikenakan modul *assign* yang merubah nilai variabel 1 tanda entitas tersebut sedang bekerja/terutilisasi. Logika modul *statistic time-persistent* juga diterapkan untuk merekam variabel Status RS, Status SC dan Status SL.

b. Verifikasi logika pemilihan Blok ASC

Pemilihan Blok ASC memiliki kasus yang berbeda tergantung dari status kontainer ingin ditumpukkan atau dijemput oleh Truk atau CTT. Jika ingin menumpuk, pemilihan Blok ASC bisa fleksibel asalkan tetap sesuai dengan bendera internasional atau domestik kontainer yang bersangkutan. Namun jika ingin menjemput, maka pemilihan Blok ASC harus sesuai dengan informasi yang diterima di *main gate in* dimana persisnya truk kontainer bisa dijemput.

Untuk merealisasikan logika ini digunakan modul *decide* apakah status *receiving* atau menumpuk, ataukah *delivery* atau menjemput. Jika terindikasi *receiving* maka entitas akan diarahkan menuju modul *decide* dengan mengecek ekspresi *number queue* atau jumlah antrian untuk setiap Blok ASC yang ada. Entitas akan memilih Blok ASC dengan *number queue* paling kecil. Jika seluruh Blok ASC memiliki jumlah antrian yang sama, maka entitas akan memilih Blok ASC dengan nomor urut paling kecil. Misalkan terdapat truk *customer receiving* internasional yang ingin memasuki Blok ASC dengan kondisi seluruh Blok ASC 1-4 memiliki jumlah antrian 0, maka entitas truk akan memilih Blok ASC 1. Lain kasus untuk aktivitas *delivery*, entitas akan diteruskan ke modul *decide* untuk mengecek atribut *kode kontainer* yang sebelumnya telah ditempelkan untuk mengetahui kemana entitas truk atau CTT harus pergi.

Setelah pemilihan Blok ASC untuk entitas truk atau CTT *receiving* maupun *delivery* sudah dilakukan, maka entitas akan memasuki modul *decide* lagi untuk mencari tahu dari 5 jalur yang tersedia dalam suatu Blok ASC, maka jalur yang paling sepi untuk entitas mulai mengantri.

c. Verifikasi logika *hold*, *pick up* dan *dropoff*

Verifikasi logika *hold*, *pick up* dan *dropoff* dibutuhkan untuk memastikan entitas memasuki *hold* tertentu sesuai dengan jenisnya, menjemput entitas lain lewat modul *pick up* dengan *pick up queue* yang tepat dan juga melepaskan entitas lewat *dropoff* pada alur yang tepat dan logika yang sesuai.

Verifikasi untuk kasus ini dapat dilakukan jika sudah tidak terjadi eror yang potensial terjadi baik karena kesalahan *syntax* atau *semantic*. Kesalahan *syntax* dapat terjadi jika terjadi kesalahan penulisan variabel atau ekspresi sehingga

perangkat lunak ARENA tidak mampu menginterpretasikan maksud dari prosedur yang ada, misalkan huruf yang salah ketik atau spasi yang lupa ditambahkan. Sedangkan *semantic* error terjadi apabila dalam mengembangkan model salah menghubungkan *pick up* dengan *hold infinite* yang seharusnya. Misalkan truk BBG yang *idle* di modul *hold for condition* terpicu untuk keluar dari modul ketika variabel *state* menunjukkan ada antrian untuk sebuah kontainer di transfer area untuk dijemput. Maka entitas truk BBG tersebut akan melakukan *pick up* untuk *queue* kontainer di transfer area, namun jika di modul *pick up* salah dihubungkan dengan *queue* truk *customer* akan terjadi salah maksud dan jelas kesalahan ini bisa berdampak pada kesalahan interpretasi dan akan merusak kondisi sistem simulasi. Salah satu contoh kondisi sistem simulasi yang rusak adalah jika *queue* truk *customer* tidak ada, akan terjadi error karena tidak ada entitas yang dijemput oleh modul *pick up* sehingga mengterminasi *running* simulasi.

Selain itu dalam memodelkan simulasi *hold infinite* dan *pick up* juga dibutuhkan suatu rancangan model yang memungkinkan beberapa *resource* yang sama yang sedang *hold* di modul *stand by* tidak menjemput entitas secara bersamaan. Biasanya *hold for condition* di modul *stand by* mengecek apakah ada antrian atau *number queue* di sebuah *hold* tertentu yang ingin di *pick-up*, namun ini masih memungkinkan terjadinya pengiriman *resource* untuk menjemput lagi, padahal sedang ada *resource* yang menjemput diperjalanan. Untuk menyasati keadaan ini, digunakan modul *assign* dengan membentuk suatu variabel yang menggambarkan antrian daripada entitas yang minta untuk diproses. Namun bedanya variabel antrian yang dibentuk akan mengurangi status jumlah antrian ketika suatu *resource* berangkat, bukan ketika *resource* baru sampai untuk melakukan *pick-up* terhadap entitas tertentu.

Untuk *drop-off*, verifikasi yang bisa dilakukan adalah dengan memastikan bahwa entitas *resource* tidak keluar dari sistem. Untuk mengetahui hal ini, dapat dilakukan dengan menganalisis hasil *report* simulasi perangkat lunak ARENA dengan mengecek nilai *entities number out* yang mana seharusnya bernilai 0.

d. Verifikasi menggunakan animasi

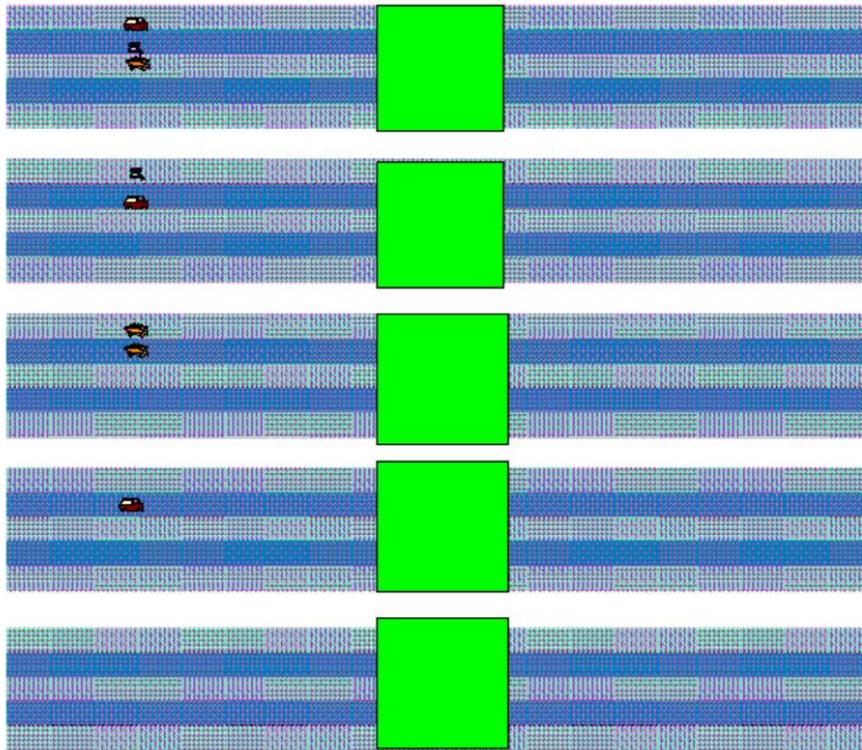
Beberapa animasi digunakan untuk mengecek rasionalitas aktivitas entitas dan penggunaan *resource*. Digunakan gambar animasi yang berbeda untuk tiap entitas dan garis yang mewakili penggunaan modul *route* yang memungkinkan pergerakan entitas teranimasi. Adapun animasi juga digunakan untuk memodelkan antrian di tiap *resource* khususnya *resource* ASC di tiap Blok ASC beserta *state* variabel antrian tiap-tiap blok yang bisa dicek untuk memastikan logika pemilihan Blok ASC tertentu oleh truk/CTT yang datang



Gambar 5.1 Visualisasi Animasi Utama Simulasi Aktif



Gambar 5.2 Visualisasi Animasi Utama Tidak Aktif



Gambar 5.3 Visualisasi Animasi *Container Yard* Aktif

e. Verifikasi nilai output *Truck Turnaround Time*

Verifikasi ini dilakukan untuk menguji kemasukakalan atau rasionalitas *output running* simulasi yang telah dilakukan. Rasionalitas data yang dikaji adalah nilai *truck turnaround time* tiap truk *customer* yang direkam selama simulasi berlangsung. Perekaman ini memungkinkan dengan fasilitas *readwrite* yang ada di dalam perangkat lunak ARENA. Modul *readwrite* ini mampu melakukan prosedur perekaman suatu informasi yang diemban sistem atau entitas dimana tiap perekamannya terjadi ketika satu entitas masuk kedalam modul sebagai pemicu. Adapun atribut waktu kedatangan truk, waktu pergi dan *truck turnaround time* direkam pada satu waktu truk melewati modul *readwrite* sebelum dilakukan *dispose*. Hasil dari perekaman tersebut diekspor ke file perangkat lunak Microsoft Excel untuk dilakukan analisis. Berikut merupakan sampel hasil rekam *readwrite* untuk beberapa entitas truk *customer*.

Tabel 3.19 Hasil *output Readwrite* perangkat lunak ARENA akan waktu datang, waktu pulang dan *truck turnaround time* tiap truk *customer*

Waktu Datang	Waktu Pulang	<i>Truck Turnaround Time</i>
31,00	39,39	8,38
32,12	54,72	22,60
57,89	60,36	2,46
39,84	65,35	25,51
63,74	67,12	3,37
81,33	89,11	7,78
69,28	91,71	22,43
57,97	93,11	35,14
83,24	93,49	10,25
84,94	93,58	8,64
94,59	97,11	2,52
69,13	103,37	34,24
94,06	103,39	9,32
75,53	106,87	31,35
104,21	114,05	9,84
103,79	116,61	12,81
108,70	117,23	8,53
75,24	118,57	43,33
114,08	120,92	6,84
75,61	121,31	45,70

3.6.2 *Validasi Model*

Proses validasi merupakan proses menguji model simulasi dengan menerapkan parameter kondisi sistem nyata pada model yang telah dikembangkan. Proses ini dilakukan dengan membandingkan output simulasi terhadap output sistem yang nyata. Model dinyatakan valid ketika hasil *running* simulasi model menunjukkan tidak ada perbedaan nilai yang signifikan dengan output sistem real. Pada penelitian ini, output data yang divalidasi adalah output kedatangan truk customer dan juga nilai *truck turnaround time* yang terbentuk.

Untuk validasi uji t independen yang merupakan uji guna mengetahui adakah perbedaan rata-rata yang bermakna atau signifikan antara 2 kelompok bebas yang berskala data interval/rasio. Dua kelompok bebas yang dimaksud di sini adalah dua kelompok yang tidak berpasangan, artinya sumber data berasal dari

subjek yang berbeda. Dalam kasus ini, dua populasi tersebut direpresentasikan oleh populasi hasil sistem nyata dan populasi hasil simulasi.

Adapun dua jenis uji t independen adalah uji t independen dengan variansi sama (*equal variance*) dan uji t independen dengan variansi berbeda (*unequal variance*). Untuk mengetahui mana metode yang dipakai harus dilakukan uji F terlebih dahulu yakni merupakan uji homogenitas variansi untuk mengetahui apakah variansi dari satu kelompok dengan kelompok yang lain homogen atau tidak. Jika terindikasi homogen, maka uji t independen dengan variansi sama dilakukan dan jika terindikasi tidak homogen maka uji t independen dengan variansi berbeda dilakukan.

a. Validasi Kedatangan Truk

Pada bagian ini dilakukan validasi kedatangan truk *customer* untuk melakukan kegiatan *receiving/delivery*

Tabel 3.20 Jumlah Kedatangan Truk kondisi eksisting dan hasil simulasi dalam beberapa minggu

Minggu	Eksisting	Simulasi	Minggu	Eksisting	Simulasi
1	10.383	10.064	13		10.211
2	9.979	9.799	14		9.455
3	9.795	9.971	15		9.822
4	9.505	10.193	16		9.793
5	10.042	9.829	17		9.772
6		9.765	18		9.817
7		10.253	19		9.776
8		9.784	20		10.073
9		9.809	21		9.894
10		10.066	22		9.889
11		9.418	23		10.183
12		9.939	24		9.760

Validasi kedatangan truk dilakukan dengan membandingkan data historis kedatangan truk *customer* selama 5 minggu, yakni periode awal Januari hingga pertengahan Februari dengan hasil simulasi dengan durasi 1 minggu sebanyak 24 kali replikasi.

Pertama dilakukan uji F terlebih dahulu yang dilakukan dengan menggunakan fitur perangkat lunak *Microsoft Excel* yakni *data analysis* dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.21 Uji F untuk parameter kedatangan truk *customer*

F-Test Two-Sample for Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	9.940,8	9.888,958
Variance	104.605,2	45.077,26
Observations	5	24
df	4	23
F	2,320576	
P(F<=f) one-tail	0,087281	
F Critical one-tail	2,795539	

Diketahui bahwa F hitung memiliki nilai dibawah F tabel yakni $2,32 < 2,79$ dan p-value yang lebih besar daripada alpha sebesar 0,087 yang menunjukkan bahwa H_0 gagal ditolak atau tidak ada perbedaan signifikan untuk variansi antar dua variabel sehingga digunakan metode tes t independen dengan variansi sama pada langkah selanjutnya. Adapun berikut ini merupakan hasil tes t independen yang dilakukan dengan bantuan *data analysis Microsoft Excel* :

Tabel 3.22 Uji Signifikansi T Dua Populasi Independen untuk Parameter Kedatangan Truk *Customer*

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	9.940,8	9.888,958
Variance	104.605,2	45.077,26
Observations	5	24
Pooled Variance	53.896,21	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	27	

Tabel 3.23 Uji Signifikansi T Dua Populasi Independen untuk Parameter Kedatangan Truk *Customer* (lanjutan)

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
t Stat	0,454246	
P(T<=t) one-tail	0,326641	
t Critical one-tail	1,703288	
P(T<=t) two-tail	0,653282	
t Critical two-tail	2,051831	

Diketahui nilai *t stat* memiliki nilai sebesar 0,653 dan terletak pada daerah penerimaan yaitu diantara -2,0518 sampai dengan 2,0518, maka terima H_0 dan disimpulkan bahwa *output* model simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan *output* pada sistem aktual.

b. Validasi nilai *truck turnaround time* truk *receiving*

Validasi nilai *truck turnaround time* truk *receiving* dilakukan dengan membandingkan hasil *output* eksisting *truck turnaround time* truk *receiving* yang melebihi standar maksimal 30 menit yang direkam secara historis selama 5 minggu dengan hasil simulasi yang dilakukan selama 1 minggu dengan 24 replikasi. Adapun didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3.24 Presentase kegiatan *receiving* memiliki *truck turnaround time* melebihi standar data histori dan hasil simulasi dalam periode mingguan

Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
1	37,50%	33,22%
2	33,32%	34,96%
3	29,51%	31,67%
4	31,98%	33,69%
5	34,25%	33,92%

Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
6		27,6%
7		33,69%
8		29,71%
9		33,33%
10		27,35%

Tabel 3.24 Presentase kegiatan *receiving* memiliki *truck turnaround time* melebihi standar data historis dan simulasi dalam periode mingguan (lanjutan)

Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
11		27,95%
12		29,34%
13		31,52%
14		31,26%
15		30,37%
16		34,03%

Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
17		29,62%
18		30,39%
19		31,47%
20		29,32%
21		28,03%
22		30,94%
23		28,95%
24		32,15%

Kemudian dilakukan pengujian t satu populasi dengan *hypotesized mean* sebesar 33.1% menggunakan bantuan perangkat lunak *Minitab* dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3.25 Uji F untuk Presentase kegiatan *receiving* memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal

F-Test Two-Sample for Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	0,33312	0,3102
Variance	0,000866	0,000512
Observations	5	24
df	4	23
F	1,693173	
P(F<=f) one-tail	0,185863	
F Critical one-tail	2,795539	

Tabel 3.26 Uji T dua populasi untuk Presentase kegiatan *receiving* memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	0,33312	0,3102
Variance	0,000866	0,000512
Observations	5	24
Pooled Variance	0,000564	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	27	
t Stat	1,962982	
P(T<=t) one-tail	0,030013	
t Critical one-tail	1,703288	
P(T<=t) two-tail	0,060027	
t Critical two-tail	2,051831	

Diketahui nilai *p-value* bernilai sebesar 0.06 maka terima H_0 dan disimpulkan bahwa *output* model simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan *output* pada sistem aktual.

c. Validasi nilai *truck turnaround time* truk *delivery*

Validasi nilai *truck turnaround time* truk *delivery* dilakukan dengan membandingkan hasil *output* eksisting *truck turnaround time* truk *delivery* yang melebihi standar maksimal 45 menit yang direkam secara historis selama 6 minggu dengan hasil simulasi yang dilakukan selama 1 minggu dengan 24 replikasi. Adapun didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3.27 Presentase kegiatan *delivery* memiliki *truck turnaround time* melebihi standar maksimal data histori dan simulasi dalam periode mingguan

Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>	Replikasi Ke-	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
1	30,05%	29,58%	13		31,23%
2	30,26%	29,59%	14		28,23%
3	28,50%	23,28%	15		29,64%
4	32,70%	27,32%	16		29,64%
5	21,18%	29,66%	17		21,8%
6		25,18%	18		24,37%
7		21,03%	19		26,55%
8		28,24%	20		26,48%
9		22,42%	21		22,86%
10		29,21%	22		24,7%
11		21,72%	23		24,37%
12		23,74%	24		30,15%

Berikut merupakan hasil pengujian F dan t independen menggunakan bantuan perangkat lunak *Data Analysis – Microsoft Excel*.

Tabel 3.28 Uji F untuk Presentase kegiatan *delivery* memiliki *truck turnaround time* melebihi standar maksimal data histori dan simulasi dalam periode mingguan

F-Test Two-Sample for Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	0,28538	0,262913
Variance	0,001918	0,001018
Observations	5	24
df	4	23
F	1,883277	
P(F<=f) one-tail	0,14758	
F Critical one-tail	2,795539	

Tabel 3.29 Uji t dua Populasi untuk Presentase kegiatan *delivery* dengan *truck turnaround time* melebihi standar maksimal data histori dan hasil simulasi dalam periode mingguan

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Eksisting</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	0,28538	0,262913
Variance	0,001918	0,001018
Observations	5	24
Pooled Variance	0,001152	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	27	
t Stat	1,346756	
P(T<=t) one-tail	0,094628	
t Critical one-tail	1,703288	
P(T<=t) two-tail	0,189256	
t Critical two-tail	2,051831	

Diketahui nilai *p-value* bernilai sebesar 0.437 maka terima H_0 dan disimpulkan bahwa *output* model simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan *output* pada sistem aktual.

3.7 Pengembangan Skenario

Skenario yang dikembangkan merujuk pada perumusan hipotesis yang telah dipaparkan. Adapun pengembangan model simulasi untuk eksperimentasi dilakukan dengan melakukan suatu modifikasi daripada model simulasi kondisi eksisting yang terlebih dahulu dikembangkan.

Tabel 3.30 Pengembangan skenario untuk eksperimentasi

Skenario	Keterangan
Skenario 1	Mengatur jadwal kedatangan truk tanpa memperhatikan <i>peak time</i>
Skenario 2	Mengatur jadwal kedatangan truk dengan memperhatikan <i>peak time</i>
Skenario 3	Menambah fasilitas ASC
Skenario 4	Menambah fasilitas Mesin <i>Gammar Ray</i>
Skenario 5	Merubah kebijakan penggunaan truk BBG sebagai sarana utama kegiatan <i>receiving/delivery</i>

3.8 Eksperimentasi

Setelah model simulasi teruji valid, dilakukanlah eksperimen terhadap skenario perbaikan yang telah didesain sebelumnya. Seluruh skenario yang telah diusulkan akan diuji satu per satu untuk mendapatkan *output* masing-masing skenario untuk dilakukan evaluasi.

3.9 Analisis

Setelah eksperimen dilakukan pada seluruh skenario, maka dilakukan analisis dan interpretasi daripada parameter-parameter *output* akan hasil simulasi model kondisi eksisting dan tiap skenario yang menggambarkan performansi sistem. Kemudian dilakukan analisis sensitivitas untuk skenario terpilih guna mengetahui seberapa jauh keputusan akan berubah dalam suatu kondisi tertentu.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini akan disusun sebuah kesimpulan daripada keseluruhan penelitian yang telah dilakukan guna menjawab tujuan penelitian yang telah dirumuskan diawal. Yakni evaluasi mengenai kondisi eksisting kegiatan *receiving/delivery* dan juga analisis mengenai skenario terpilih sebagai rekomendasi kebijakan bagi objek amatan. Adapun beberapa saran diberikan untuk penelitian di masa mendatang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

EKSPERIMENTASI DAN ANALISIS SIMULASI

4.1 Analisis Kondisi Eksisting

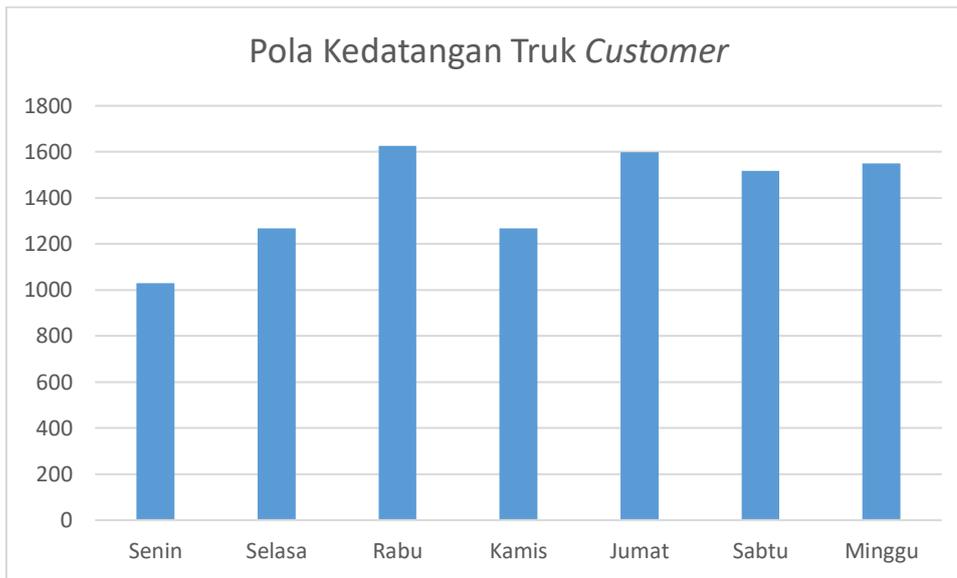
Berdasarkan hasil simulasi 24 replikasi yang telah dilakukan pada model simulasi yang dikembangkan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.1 Statistik Hasil Simulasi Kedatangan Entitas di *Container Yard*

Kedatangan Entitas	Jumlah
CTT	4398
Truk <i>Customer Receiving</i>	4861
Truk <i>Customer Delivery</i>	5125

Dapat diketahui bahwa kedatangan truk *customer* ke sistem terminal akumulatif *receiving/delivery* lebih dari dua kali kedatangan CTT di *container yard* untuk melakukan kegiatan bongkar/muat kontainer. Data ini menunjukkan bahwa rata-rata terdapat total sejumlah 14384 kendaraan per minggu yang melakukan kegiatan di Terminal Teluk Lamong, khususnya di *container yard* atau sekitar kurang lebih 86 kendaraan per jam.

Adapun frekuensi kedatangan truk tidak selalu sama untuk tiap harinya, berikut ini adalah rata-rata frekuensi total kedatangan truk tiap hari dalam satu minggu. Berdasarkan hasil simulasi model eksisting didapatkan kondisi ketimpangan dalam aspek pola kedatangan. Dapat diketahui bahwa kedatangan paling tinggi atau *peak time* terjadi pada hari Rabu dan Jumat.



Gambar 4.1 Pola Kedatangan Rata-Rata Truk *Customer* Berdasarkan Hari Hasil Simulasi

Gambar 4.1 menunjukkan kedatangan yang berbeda-beda dari truk *customer* untuk tiap hari dalam satu minggu. Untuk hari Senin, rata-rata kedatangan sebesar 1029 truk, Selasa terdapat sebesar 1268 unit truk, Rabu terdapat sebesar 1627 unit truk, Kamis terdapat sebesar 1268 unit truk, Jumat terdapat sebesar 1598 unit truk, Sabtu terdapat 1518 unit truk dan Minggu terdapat sebesar 1549 unit truk.

Dengan siklus kedatangan seperti demikian, didapatkan hasil simulasi bahwa rata-rata truk harus menunggu pada situasi-situasi tertentu di dalam terminal untuk bisa diproses oleh sumber daya yang ada. Berikut merupakan data rata-rata antrian waktu menunggu yang terjadi.

4.1.1 *Utilitas dan waktu menunggu untuk resources bergerak*

Berikut ini merupakan hasil perhitungan rata-rata waktu tunggu yang dibutuhkan oleh entitas truk dan CTT untuk bisa ditangani oleh *reach stacker*, *straddle carrier* dan *side loader*.

Tabel 4.2 Frekuensi kedatangan dan rata-rata waktu tunggu untuk tiap jenis kegiatan menunggu untuk *resources* bergerak

No	Jenis Kegiatan Menunggu	Resource yang dibutuhkan	Frekuensi kedatangan	Rata-rata entitas menunggu (menit)
1	CTT menunggu pembongkaran kontainer di Buffer Area	Reach Stacker	223,2	0,0001
2	CTT menunggu pemuatan kontainer di buffer area	Reach Stacker	228,8	0,0006
3	CTT menunggu di Refrigerator Yard	Reach Stacker	650,2	1,088
4	CTT menunggu di WA 1	Straddle Carrier	269,0	0,00026
5	CTT menunggu di WA 2	Straddle Carrier	398,4	0,00072
6	CTT menunggu di WA 3	Straddle Carrier	772,6	0,844
7	CTT menunggu di WA 4			0,99
8	CTT jenis MTY menunggu di WA 1	Straddle Carrier atau Side Loader	395,6	0,000007
9	CTT jenis MTY menunggu di WA 2	Straddle Carrier atau Side Loader	260,2	0
10	Truk jenis kontainer OVD menunggu di WA 1	Reach Stacker	70,8	0,087
11	Kontainer dari truk customer receiving menunggu dijemput di Transfer Area	Truk BBG	2.663,4	0,095
12	Job Order truk customer delivery menunggu di Transfer Area	Truk BBG	1.760,6	0,22
13	Truk BBG selesai melakukan proses delivery menunggu untuk dibongkar di Transfer Area	Reach Stacker	3.715,4	0,079
14	Truk BBG menunggu kontainer untuk dimuatkan di Transfer Area sebelum melaksanakan kegiatan receiving	Reach Stacker	2.663,4	0,055
15	Truk customer receiving menunggu di Transfer Area untuk pembongkaran kontainer	Reach Stacker	2.663,4	0,039
16	Truk customer yang telah selesai melakukan delivery menunggu untuk proses rotating kontainer	Reach Stacker	1.748,0	0,102
17	Truk customer/BBG menunggu di Refrigator Yard	Reach Stacker	341,6	0,052

Tabel 4.2 Frekuensi kedatangan dan rata-rata waktu tunggu untuk tiap jenis kegiatan menunggu untuk *resources* bergerak (lanjutan)

No	Jenis Kegiatan Menunggu	Resource yang dibutuhkan	Frekuensi kedatangan	Rata-rata entitas menunggu (menit)
18	Truk customer/BBG menunggu di WA 1	Straddle Carrier	19,2	0,0000014
19	Truk customer/BBG menunggu di WA 2	Straddle Carrier	31,4	0,0000007
20	Truk customer/BBG menunggu di WA 3	Reach Stacker	252,4	0,028
21	Truk customer/BBG menunggu di WA 4	Reach Stacker	251,2	0,031
22	Truk customer/BBG jenis kontainer MTY menunggu di WA 1	Straddle Carrier atau Side Loader	2.185,6	0,000082
23	Truk customer/BBG jenis kontainer MTY menunggu di WA 2	Straddle Carrier atau Side Loader	1.849,0	0,00006

Dari Tabel 4.2 diatas, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut untuk mengetahui angka pasti berapa lama sebuah entitas baik truk *customer*, truk BBG dan CTT harus menunggu *resource* tertentu untuk bisa melangsungkan proses yang dibutuhkan. Olah data yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan dengan formula sebagai berikut

$$\text{Rata - rata entitas menunggu resource } y = \frac{\sum \text{kegiatan menunggu resource } y \times \text{frekuensi kegiatan}}{\sum \text{frekuensi kegiatan}}$$

Berdasarkan kalkulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.3 Rata-rata waktu tunggu entitas untuk tiap jenis *resource* bergerak

Jenis Resource	Rata-rata entitas menunggu resource bergerak	
	Menit	Detik
<i>Reach Stacker</i>	0.362	21.78
<i>Straddle Carrier</i>	0.08369	5.021
<i>Side Loader</i>	0.08366	5.02
Truk BBG	0.228	13.68

Berdasarkan Tabel 4.3, rata-rata waktu tunggu yang terjadi dapat dikatakan tidak tinggi. Entitas truk *customer* atau BBG, serta CTT hanya menunggu rata-rata selama 0.362 menit atau 21.78 detik untuk bisa diproses oleh *reach stacker*, selama 0.083 menit atau 5.021 untuk *straddle carrier*, 0.083 menit atau 5.02 untuk *side loader* dan selama 0.228 menit atau 13.68 detik untuk Truk BBG.

Tabel 4.4 Nilai Utilitas Tiap Resources Bergerak

Jenis Resources	Utilitas
<i>Reach Stacker 1</i>	0,4147
<i>Reach Stacker 2</i>	0,3423
<i>Reach Stacker 3</i>	0,2965
<i>Reach Stacker 4</i>	0,3245
<i>Reach Stacker 5</i>	0,3113
<i>Straddle Carrier 1</i>	0,1610

Jenis Resources	Utilitas
<i>Straddle Carrier 2</i>	0,1604
<i>Straddle Carrier 3</i>	0,1652
<i>Straddle Carrier 4</i>	0,1707
<i>Straddle Carrier 5</i>	0,1637
<i>Side Loader</i>	0,0791

Tabel 4.4 menunjukkan utilitas dari 5 *reach stacker*, 5 *straddle carrier* dan 1 *side loader* yang seluruhnya memiliki nilai diatas 0,5 yang artinya mengalami kondisi *idle* selama separuh waktu operasional terminal. Dengan nilai rata-rata waktu tunggu yang rendah dan utilitas yang rendah pula, dapat disimpulkan bahwa tidak ada permasalahan mengenai kekurangan *resource* untuk jenis *resource* bergerak yakni *reach stacker/straddle carrier/side loader*.

4.1.2 Utilitas dan waktu menunggu untuk resources utama Automated Stacking Crane

Resource Automated Stacking Crane (ASC) merupakan sumber daya utama dari sistem terminal. *Resource* ini melakukan mayoritas pekerjaan di lapangan penumpukan dan seperti *resource* bergerak juga melayani truk dan juga CTT. Dari hasil rata-rata 5 replikasi yang dilakukan didapatkan hasil rata-rata waktu tunggu tiap Blok ASC tiap jalur beserta frekuensi terjadinya aktivitas sebagai berikut.

Tabel 4.5 Frekuensi kedatangan dalam unit dan rata-rata waktu menunggu entitas dalam menit untuk tiap Blok ASC tiap Jalur di *Container Yard*

Blok ASC Ke-	Jalur Ke-	Frekuensi kedatangan (unit)	Rata-rata waktu menunggu (menit)
1	1	313,4	44,3
	2	171,4	59,2
	3	114	67,46
	4	75,4	77,7
	5	53,6	87,99
2	1	306,8	41,43
	2	165,6	56,43
	3	110,8	65,42
	4	72,6	77,12
	5	49	87,63
3	1	313,4	38,13
	2	156	52,62
	3	101,8	63,11
	4	66,8	73,21
	5	48,6	83,05
4	1	308,2	36,91
	2	152,6	53,23

Tabel 4.5 Frekuensi kedatangan dalam unit dan rata-rata waktu menunggu entitas dalam menit untuk tiap Blok ASC tiap Jalur di *Container Yard*

Blok ASC Ke-	Jalur Ke-	Frekuensi kedatangan (unit)	Rata-rata waktu menunggu (menit)
4	3	97,2	62,4
	4	67,6	71,9
	5	45,6	84,02
5	1	535,6	10,82
	2	127,2	23,26
	3	35,4	35,73
	4	13,4	48,71
	5	5,4	64,07
6	1	397,4	12,9
	2	88,4	28,78
	3	27,2	33,28
	4	8,8	61,17
	5	2,8	30,19
7	1	355,2	11,73
	2	76,4	28,16
	3	22,8	43,06
	4	7,8	58,95
	5	2,8	45,47
8	1	318,4	10,29
	2	59,2	28,37
	3	16,2	43,74
	4	6,4	60,58
	5	3,2	42,24
9	1	266	9,33
	2	45,8	29,32
	3	12,6	47,02
	4	4,6	58,97
	5	2,4	31,46
10	1	301,6	12,61
	2	78,4	33,78
	3	35,6	48,33
	4	15,8	66,02
	5	7,8	80,93

Dari Tabel 4.5 diatas, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut pula untuk mengetahui angka pasti berapa lama sebuah entitas harus menunggu untuk ditangani oleh ASC dalam satu Blok, yakni dengan perhitungan sebagai berikut.

Rata – rata entitas menunggu ASC x

$$= \frac{\sum_{i=1}^5 \text{kegiatan menunggu ASC } x \text{ pada jalur } i \times \text{frekuensi kegiatan di Blok ASC } x \text{ pada jalur } i}{\sum \text{frekuensi kegiatan di Blok ASC } x}$$

Berdasarkan kalkulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.6 Rata-Rata Waktu Tunggu Entitas di Tiap Blok ASC

No	Jenis Resource	Rata-rata Waktu Truk/CTT Menunggu (menit)
1	Blok ASC 1	58,11
2	Blok ASC 2	55,61
3	Blok ASC 3	51,79
4	Blok ASC 4	51,04
5	Blok ASC 5	15,36
6	Blok ASC 6	17,53
7	Blok ASC 7	16,96
8	Blok ASC 8	15,34
9	Blok ASC 9	14,37
10	Blok ASC 10	22,42

Dengan mengetahui bahwa Blok ASC nomor 1-4 adalah Blok ASC Internasional dan nomor 5-10 adalah Blok ASC Domestik, didapatkan rata-rata waktu tunggu untuk Blok ASC Internasional dan Blok ASC Domestik sebagai berikut.

Tabel 4.7 Rata-Rata waktu Tunggu untuk Blok ASC Internasional dan Blok ASC Domestik

Jenis Blok ASC	Rata-rata waktu tunggu (menit)
Internasional	54,14
Domestik	16,99

Tabel 4.8 Utilitas Tiap ASC di *Container Yard*

Jenis Resource	Utilitas	Jenis Resource	Utilitas
ASC 1	0,984	ASC 6	0,883
ASC 2	0,9639	ASC 7	0,8059
ASC 3	0,9519	ASC 8	0,7087
ASC 4	0,9595	ASC 9	0,6261
ASC 5	0,9431	ASC 10	0,673

Tabel 4.9 Utilitas ASC tiap Jenis Blok

Jenis Blok ASC	Utilitas
Internasional	0,9648
Domestik	0,7733

Dibutuhkan rata-rata sekitar 54,14 menit untuk sebuah entitas menunggu sebelum dilayani oleh Blok ASC Internasional sedangkan hanya selama 16,99 menit untuk Blok ASC Domestik. Hal tersebut menunjukkan sebuah ketimpangan. Lebih kecilnya rata-rata untuk Blok ASC Domestik bisa diakibatkan oleh jumlah Blok ASC Domestik yang 2 unit lebih banyak dari Blok ASC Internasional.

4.1.3 Utilitas dan waktu menunggu untuk *resources* tidak bergerak

Selain *resources* bergerak dan *resource* utama ASC, beberapa *resources* lain dibutuhkan guna menunjang aktivitas sekunder yang diperlukan. Aktivitas-aktivitas ini dilangsungkan dengan melewati entitas truk ke *resources* tak bergerak yakni gerbang *pregate*, gerbang *main gate in*, mesin *gamma ray*, dan gerbang *main gate out*. Berikut merupakan rata-rata waktu tunggu untuk aktivitas-aktivitas oleh *resources* tersebut juga frekuensi terjadinya aktivitas.

Tabel 4.10 Lama entitas mengantri dan frekuensi kedatangan entitas untuk jenis *resource* tidak bergerak

No	Jenis Resource	Lama entitas mengantri	Frekuensi
1	Pregate	0,1305	10.082,40
2	Gamma Ray	19,79	1.218,60
3	Main Gate In Domestik	0,0765	2.519,40
4	Main Gate In Internasional	0,0039	2.884,40
5	Main Gate Out Domestik	0,0728	4.931,20
6	Main Gate Out Internasional	0,0001	4.882,20

Tabel 4.11 Utilitas untuk jenis *reosurces* tidak bergerak

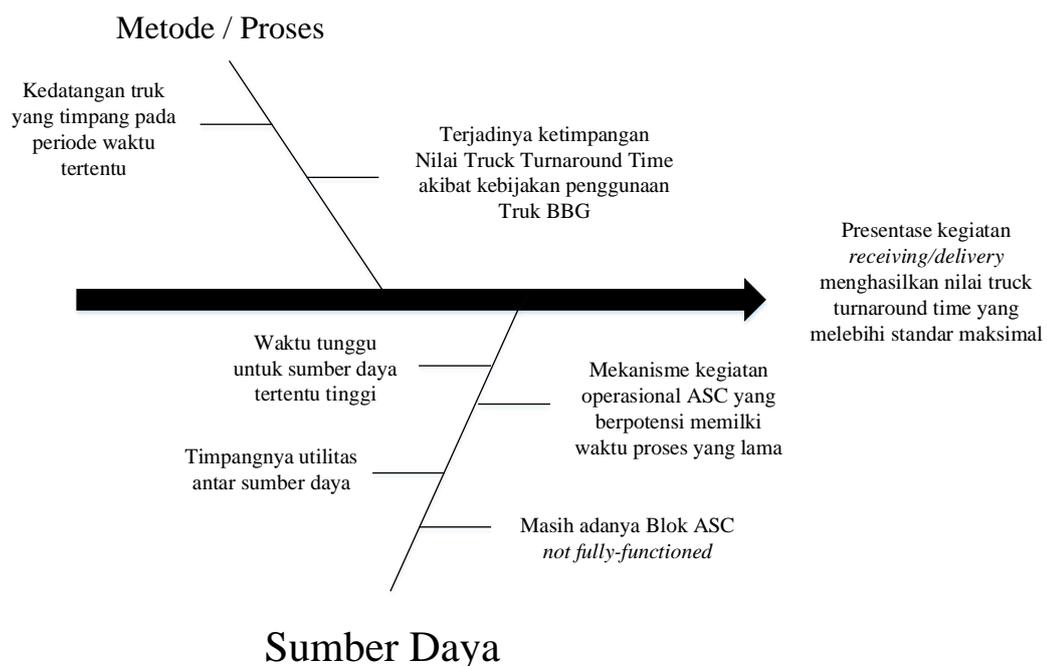
Jenis Resources	Utilitas
<i>Gerbang Main Gate In Domestik</i>	0,1288
<i>Gerbang Main Gate In Internasional 1</i>	0,1242
<i>Gerbang Main Gate In Internasional 2</i>	0,0229
<i>Mesin Gamma Ray</i>	0,5425
<i>Gerbang Pregate 11</i>	0,4481
<i>Gerbang Pregate 12</i>	0,3141
<i>Gerbang Pregate 13</i>	0,2066
<i>Gerbang Main Gate Out Domestik</i>	0,2148
<i>Gerbang Main Gate Out Internasional 1</i>	0,1751
<i>Gerbang Main Gate Out Internasional 2</i>	0,0337
<i>Gerbang Main Gate Out Internasional 3</i>	0,0035

4.1.4 Overview Kondisi Eksisting

Dari analisis hasil output model eksisting tentang utilitas dan rata-rata waktu tunggu untuk tiap sumber daya yang ada diketahui terdapat ketimpangan yang signifikan antara satu sama lainnya. Untuk sumber daya bergerak diketahui rata-rata waktu menunggu dan utilitas masih rendah sehingga dapat disimpulkan tidak ada masalah pada aspek tersebut. Untuk sumber daya tak bergerak didapati hanya pada mesin *gamma ray* yang memiliki rata-rata waktu tunggu yang masih terbilang tinggi. Kemudian untuk sumber daya utama Blok ASC dapat diketahui bahwa

utilitas sumber daya dan rata-rata waktu tunggu untuk truk bisa diproses oleh sumber daya terkait masih sangat tinggi.

Analisis lanjutan yang dapat diberikan adalah bagaimana kondisi yang ada dapat memicu timbulnya nilai presentase kegiatan *receiving/delivery* yang tinggi. Analisis yang dapat diberikan disajikan dalam suatu *root cause analysis* berupa *fishbone diagram* (Gambar 4.2) yang membagi akar permasalahan terjadinya presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* yang tinggi menjadi dua aspek utama yakni metode/proses dan sumber daya.



Gambar 4.2 *Root cause analysis fishbone diagram* penyebab tingginya nilai *truck turnaround*

Pada aspek sumber daya diketahui akar permasalahan terjadi akibat rata-rata waktu tunggu yang masih tinggi untuk Blok ASC baik internasional dan domestik dan juga mesin *gamma ray*. Namun pada saat yang sama utilitas sumber daya lainnya masih bernilai kecil yakni memiliki nilai yang kurang dari 50%. Misalkan *straddle carrier* yang hanya memiliki nilai utilitas sebesar 16,4% karena kedatangan truk dengan jenis kontainer *non-dry* sebagai jenis kontainer yang ditangani oleh *straddle carrier* sangat sedikit presentase kedatangannya. Ketimpangan ini diharapkan dapat menjadi evaluasi bagi pihak terminal dalam

kemungkinan pengembangan usaha kedepan untuk lebih menyesuaikan ketersediaan sumber daya dengan kebutuhan *customer*.

Kegiatan *receiving/delivery* yang memakan waktu lama dipicu oleh kegiatan yang lama pula didalam sistem. Selain harus mengantri pada proses tertentu dengan rata-rata waktu yang tidak sebentar, faktor lain pada aspek sumber daya yang menjadi polemik adalah proses pemindahan kontainer di Blok ASC yang memiliki distribusi waktu yang memungkinkan proses membutuhkan waktu yang lama. Seperti yang telah dijelaskan pada bab pengolahan data subbab data struktural, kondisi Blok ASC yang ada tidak menjamin pemindahan kontainer bisa berlangsung cepat. Jika pada kegiatan truk *delivery* kontainer yang ditujukan untuk dijumpit dari lapangan penumpukan berada pada ujung yang lain daripada keberadaan truk, maka harus dilakukan oper kontainer antara kontainer satu dengan yang lainnya. Situasi lainnya adalah kemungkinan *shifting* kontainer yang tidak dapat dihindari dan masih sering terjadi, merupakan kegiatan memindahkan kontainer yang tertumpuk diatas dalam usaha untuk mengambil kontainer yang berada di bawahnya. Adapun pada Blok ASC ke 6-10 memiliki status keterangan *not fully-functioned* yang mengindikasikan waktu proses dengan distribusi yang memiliki nilai parameter lebih besar atau lebih lama daripada Blok ASC yang *fully-functioned*, sehingga turut menjadi salah satu penyebab mengapa aktivitas truk di dalam sistem berlangsung dengan lama.

Pada aspek metode/proses, faktor yang menjadi akar masalah adalah terjadinya fenomena kedatangan truk yang memiliki intensitas frekuensi berbeda pada hari-hari tertentu. Hal ini menjadi kemungkinan penyebab terjadinya kongesti pada periode-periode waktu tertentu. Kemudian untuk faktor yang lain adalah masih ada ketimpangan nilai *truck turnaround time* antar truk, dimana satu truk bisa memiliki nilai *truck turnaround time* yang sangat kecil sedangkan yang lainnya bisa memiliki nilai yang sangat besar. Hal ini dipicu oleh kebijakan yang ada dan berlaku, adalah mengenai kebijakan penggunaan truk BBG dalam mengambil alih peran truk *customer* dalam melangsungkan kegiatan *receiving/delivery*. Diketahui bahwa untuk truk *customer* yang tidak terdaftar seluruh kegiatan *receiving/delivery* akan diambil alih oleh truk BBG internal milik perusahaan. Untuk truk *customer receiving* yang tidak terdaftar, kegiatan yang dilakukan didalam sistem hanya

menuju transfer area dan menurunkan kontainer di transfer area untuk nantinya dijemput oleh truk BBG, dan truk *customer* dapat meninggalkan sistem setelahnya. Fenomena inilah yang menyebabkan timpangnya nilai *truck turnaround time* antar truk.

Untuk mengatasi dan memperbaiki kondisi yang disebabkan akar-akar permasalahan ini, digenerasikan tiga skenario utama untuk kemudian dilakukan eksperimentasi pada penelitian ini. Skenario yang ada meliputi skenario penambahan fasilitas untuk sumber daya sistem yang masih memiliki utilitas dan rata-rata waktu tunggu yang tinggi, skenario penjadwalan kedatangan *customer* dan skenario kebijakan penggunaan truk BBG dalam mengambil alih seluruh kegiatan *receiving/delivery*.

4.2 Skenario Perbaikan Penambahan Fasilitas

4.2.1 Penambahan Fasilitas ASC (Skenario A)

Untuk menangani kondisi rata-rata waktu menunggu truk atau CTT untuk ASC yang masih relatif lama, maka dilakukan eksperimen dengan menambah jumlah Blok ASC baik untuk Blok Internasional dan Domestik. Dengan mempersingkat penyebutan skenario penambahan fasilitas ASC sebagai skenario A, berikut merupakan hasil eksperimen 5 replikasi untuk tiap skenario yang terdiri.

- Skenario A 1 : Menambahkan 1 Blok ASC Internasional
- Skenario A 2 : Menambahkan 2 Blok ASC Internasional, dan 1 Blok ASC Domestik
- Skenario A 3 : Menambahkan 3 Blok ASC Internasional, dan 2 Blok ASC Domestik
- Skenario A 4 : Menambahkan 4 Blok ASC Internasional, dan 3 Blok ASC Domestik

Eksperimentasi dilakukan dengan menguji ketiga skenario penambahan ASC dan dilakukan peninjauan terhadap dua parameter *output*, yakni seberapa signifikan tiap skenario penambahan fasilitas ASC dapat menurunkan waktu tunggu proses di Blok ASC dan seberapa besar penurunan angka presentase truk *customer*

yang memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal. Hasil eksperimentasi ketiga skenario dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.12 Hasil simulasi skenario terhadap rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Internasional

Rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Internasional					
	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Mean	54,14	24,89	13,6	11,02	8,78
Standar Deviasi	2,91	4,43	1,85	1,52	1,1
n	24	24	24	24	24

Tabel 4.13 Hasil simulasi skenario rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Domestik model eksisting

Rata-rata waktu truk menunggu di Blok ASC Domestik					
	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Mean	14,3	15,25	11,68	9,92	8,67
Standar Deviasi	1,57	2,47	1,5	1,39	1,03
n	24	24	24	24	24

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Skenario Penambahan ASC terhadap Presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal

Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Delivery</i> melebihi standar maksimal					
	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Mean	27,74%	19,96%	12,98%	11,08%	7,76%
Standar Deviasi	6,09%	2,00%	1,63%	1%	0,8%
n	24	24	24	24	24

Tabel 4.15 Hasil Eksperimentasi Skenario Penambahan ASC terhadap Presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal

Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal					
	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Mean	33,31%	25,34%	20,36%	17,8%	13%
Standar Deviasi	2,94%	1,00%	0,90%	1%	0,9%
n	24	24	24	24	24

Untuk menguji signifikansi antara kondisi eksisting dan skenario digunakan uji *welch confidence interval* yang merupakan uji rataa dua populasi dimana metode ini mengasumsikan bahwa data sampel pada tiap populasi berdistribusi normal dan independen, baik di dalam populasi (antar replikasi) maupun antar populasi (antar skenario). Di dalam uji *welch confidence interval*, populasi tidak harus memiliki variansi yang sama dan jumlah sampel pun tidak harus sama. Berikut ini adalah uji *welch confidence interval* yang dilakukan untuk menguji apakah skenario A 1 memiliki perbedaan yang signifikan dengan kondisi eksisting ditinjau dari rata-rata waktu tunggu di Blok ASC Internasional.

$$df \approx \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}} \quad (4.1)$$

$$df \approx \frac{\left[\frac{2,91^2}{17} + \frac{4,43^2}{17} \right]^2}{\frac{\left[\frac{2,91^2}{17} \right]^2}{17 - 1} + \frac{\left[\frac{4,43^2}{17} \right]^2}{17 - 1}} \approx 26,4$$

Dengan $\alpha = 0,05$, maka didapatkan nilai $t_{26,4;0,025} = 2,3787$. Dengan demikian *half width* dapat dihitung sebagai berikut.

$$hw = t_{\alpha/2,df} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \quad (4.2)$$

$$hw = 2,3787 \sqrt{\frac{2,91^2}{17} + \frac{4,43^2}{17}} = 3,058$$

Sehingga *welch confidence interval* dari perbandingan eksisting dan skenario A 1 di atas adalah:

$$\begin{aligned} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha/2,df} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} &\leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha/2,df} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \\ (54,14 - 24,89) - 3,085 &\leq \mu_1 - \mu_2 \leq (54,14 - 24,89) + 3,085 \\ 26,165 &\leq \mu_1 - \mu_2 \leq 32,335 \end{aligned}$$

Besarnya perbedaan antara kedua rata-rata populasi diestimasi terletak antara 26,165 dan 32,335. Karena interval tersebut tidak mengandung nilai 0, berarti dapat disimpulkan bahwa $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ yang berarti sistem eksisting menunjukkan perbedaan signifikan dengan skenario A 1 atau skenario penambahan 1 ASC. Mengetahui bahwa interval estimasi perbedaan terhitung memiliki nilai yang sama-sama positif, dapat ditarik kesimpulan bahwa $\mu_1 > \mu_2$ yang artinya kondisi eksisting memiliki parameter waktu tunggu yang lebih tinggi.

Perhitungan uji *welch confidence interval* dilakukan pada seluruh kemungkinan kombinasi skenario untuk parameter rata-rata waktu tunggu proses Blok ASC baik Internasional maupun Domestik dan parameter presentase jumlah aktivitas *receiving/delivery* yang memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal.

Tabel 4.16 Hasil Uji Signifikansi *Welc Confidence Interval* untuk Uji *Welch Confidence Interval* untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Internasional

Uji Welch Confidence Interval untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Domestik					
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Eksisting					
Skenario A 1	$\mu_1 = \mu_2$				
Skenario A 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Tabel 4.17 Hasil Uji Signifikansi *Welch Confidence Interval* untuk Uji *Welch Confidence Interval* untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Domestik

Uji Welch Confidence Interval untuk rata rata waktu tunggu Blok ASC Domestik					
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Eksisting					
Skenario A 1	$\mu_1 = \mu_2$				
Skenario A 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Tabel 4.18 Hasil Uji Signifikansi *Welch Confidence Interval* untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal

Uji Welch Confidence Interval untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal					
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Eksisting					
Skenario A 1	$\mu_1 = \mu_2$				
Skenario A 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Tabel 4.19 Hasil Uji Signifikansi Welch Confidence Interval untuk Presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *Receiving* melebihi standar maksimal

Uji Signifikansi Welch Confidence Interval untuk Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal					
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 1	Skenario A 2	Skenario A 3	Skenario A 4
Eksisting					
Skenario A 1	$\mu_1 = \mu_2$				
Skenario A 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Dari hasil uji *welch confidence interval* yang tersaji pada Tabel 4.16 hingga 4.19 dapat dilihat bahwa hampir seluruh perbandingan model eksisting dengan skenario-skenario penambahan ASC didapatkan nilai μ yang selalu berbeda dengan nilai terkecil atau terbaik dimiliki oleh skenario penambahan ASC 4 yakni dengan menambahkan fasilitas blok ASC internasional sebanyak 4 unit dan blok ASC domestik sebanyak 3 unit. Adapun satu uji yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan μ yakni pada parameter rata-rata waktu tunggu di Blok ASC Domestik karena memang pada skenario penambahan blok ASC 1 tidak dilakukan penambahan untuk blok ASC domestik. Namun hal ini dirasa tidak terlalu berpengaruh dengan mengetahui bahwa secara keseluruhan untuk parameter presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal berbeda signifikan antara model eksisting dengan skenario penambahan blok ASC 1.

4.2.2 Penambahan Fasilitas Mesin Gamma Ray (Skenario B)

Selain proses menggunakan fasilitas ASC, proses pengecekan truk di mesin *gamma ray* pada kegiatan *receiving* juga terindikasi memiliki waktu tunggu yang relatif tinggi yakni selama 15,79 menit. Oleh sebab itu, beberapa skenario dikembangkan dengan menambah jumlah mesin *gamma ray* dan dilakukan eksperimentasi guna melihat perubahan performansi sistem. Beberapa skenarionya antara lain :

- Skenario B 1 : Menambah mesin *gamma ray* menjadi 2 unit
- Skenario B 2 : Menambah mesin *gamma ray* menjadi 3 unit

Sebagai catatan bahwa penambahan mesin *gamma ray* dapat dipastikan tidak akan mempengaruhi kegiatan *delivery* karena sumber daya terkait sama sekali tidak digunakan dalam kegiatan tersebut. Dengan memperhatikan performansi sistem yang meliputi rata-rata waktu tunggu untuk mesin *gamma ray* dan juga presentase truk *receiving* memiliki nilai *truck turnaround time* yang melebihi standar maksimal, didapatkan hasil yang tersaji pada tabel berikut

Tabel 4.20 Hasil simulasi skenario penambahan mesin *gamma ray* terhadap rata-rata waktu tunggu truk untuk mesin *gamma ray*

Rata-rata waktu tunggu truk untuk Mesin <i>Gamma Ray</i>			
	Eksisting	Skenario B 1	Skenario B 2
Mean	19,09	0,95	0,178
Standar Deviasi	8,9	0,41	0,049
n	24	24	24

Tabel 4.21 Hasil simulasi skenario penambahan mesin *gamma ray* terhadap presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal

Presentase <i>Truck Turnaround Time</i> Kegiatan <i>Receiving</i> melebihi standar maksimal			
	Eksisting	Skenario B 1	Skenario B 2
Mean	33,31%	25,5%	25,8
Standar Deviasi	1,4%	1,35%	1,3%
n	24	24	24

Tabel 4.22 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Rata-rata waktu tunggu Mesin Gamma Ray

Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Rata-rata waktu tunggu Mesin Gamma Ray			
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario B 1	Skenario B 2
Eksisting			
Skenario B 1	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario B 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Tabel 4.23 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal

Uji <i>Welch Confidence Interval</i> untuk Rata-rata waktu tunggu Mesin Gamma Ray			
μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario B 1	Skenario B 2
Eksisting			
Skenario B 1	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario B 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Pada hasil eksperimentasi dan uji *welch confidence interval* yang tersaji pada Tabel 4.21 hingga 4.24 dapat disimpulkan bahwa penambahan 1 mesin *gamma ray* memiliki dampak signifikan terhadap rata-rata waktu tunggu untuk mesin *gamma ray* dan juga presentase kegiatan *receiving/delivery* yang memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar maksimal. Namun ketika dilakukan eksperimentasi dengan menambahkan 2 mesin *gamma ray* tidak ada bukti bahwa hasil parameter berbeda signifikan dengan eksperimentasi penambahan 1 mesin saja. Sehingga dapat disimpulkan penambahan mesin *gamma ray* terbaik adalah 1 unit.

4.2.3 Kombinasi Penambahan Fasilitas ASC dan Mesin Gamma Ray (Skenario C)

Setelah dilakukan eksperimentasi dengan menambahkan Blok ASC dan juga menambahkan mesin *gamma ray* secara terpisah, pada bagian ini dilakukan eksperimentasi kombinasi dengan menambahkan Blok ASC dan mesin *gamma ray* secara bersamaan. Berikut merupakan skenario kombinasi yang dikembangkan.

Skenario C 1: Penambahan 3 Blok ASC Internasional, 2 Blok ASC Domestik dan 1 Mesin *Gamma Ray*.

Skenario C 2 : Penambahan 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 Mesin *Gamma Ray*.

Skenario kombinasi diatas dikembangkan dengan memilih skenario penambahan ASC terbaik yakni skenario A 3 atau skenario penambahan ASC 3 dan skenario A 4 atau skenario penambahan ASC 4. Berikut ini merupakan hasil eksperimentasi terhadap presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal dengan membandingkan skenario kombinasi dan skenario penambahan ASC saja.

Tabel 4.24 Hasil simulasi skenario terhadap presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal untuk skenario C dengan skenario A

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal					
	Eksisting	Skenario A 3	Skenario C 1	Skenario A 4	Skenario C 2
Mean	27,74%	11,08%	11,1%	7,76%	7,77%
Standar Deviasi	6,09%	1%	1%	0,8%	0,8%
n	24	24	24	24	24

Tabel 4.25 Hasil simulasi skenario terhadap presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal untuk skenario C dengan skenario A

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal					
	Eksisting	Skenario A 3	Skenario C 1	Skenario A 4	Skenario C 2
Mean	33,31%	17,8%	16,68%	13%	11,7%
Standar Deviasi	1,4%	1%	1%	0,85	0,87%
n	24	24	24	24	24

Tabel 4.26 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 3	Skenario C 1	Skenario A 4	Skenario C 2
Eksisting					
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$				
Skenario C 1	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$			
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario C 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Tabel 4.27 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario A 3	Skenario C 1	Skenario A 4	Skenario C 2
Eksisting					
Skenario A 3	$\mu_1 < \mu_2$				
Skenario C 1	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario A 4	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario C 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Dari hasil eksperimentasi yang tersaji pada tabel 4.24 hingga 4.27 dapat disimpulkan bahwa penambahan mesin *gamma ray* tidak mempengaruhi parameter kegiatan *delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* yang melebihi standar. Sedangkan untuk parameter yang sama pada kegiatan *receiving*, terbukti bahwa skenario penambahan blok ASC dengan mesin *gamma ray* lebih baik daripada skenario penambahan blok ASC saja dengan skenario gabungan 2 sebagai skenario dengan μ terkecil atau terbaik.

4.3 Skenario Penjadwalan Kedatangan Truk *Customer*

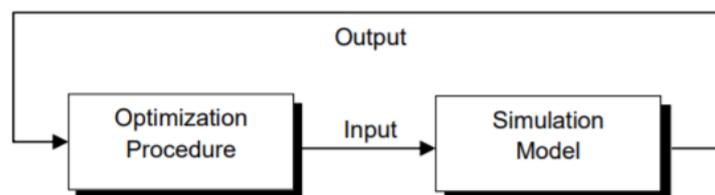
Penjadwalan kedatangan *customer* dilakukan untuk menghindari terjadinya kongesti akibat sifat kerandoman kedatangan truk *customer*. Penjadwalan juga berguna sebagai sarana pemerataan sehingga utilitas dari fasilitas yang ada tidak timpang dalam periode waktu tertentu dengan periode waktu yang lain.

Skenario penjadwalan ini sejalan dengan program pengembangan *in-development* pihak terminal bernama *Vehicle Booking System* (VBS) yang berupa portal digital yang mengharuskan truk menginput jadwal kedatangan untuk direkam

dan disimpan di basis data terminal. Skenario penjadwalan yang dilakukan diharapkan mampu membantu pihak terminal dalam proses pengembangan lanjut program ini dengan menentukan waktu antar kedatangan yang paling baik yang mampu menghasilkan nilai indikator sistem paling baik.

Untuk mengimplementasikan metode penjadwalan ini, maka truk *customer* diatur agar datang dengan jarak kedatangan yang konstan sepanjang waktu dengan jumlah per kedatangan tertentu. Adapun untuk mendapatkan solusi terbaik daripada pengaturan jarak antar kedatangan dan jumlah per kedatangan, digunakan bantuan fitur perangkat lunak OptQuest ARENA.

OptQuest merupakan alat bantu optimasi yang memungkinkan pemisahan prosedur penyelesaian optimasi dari model simulasi. Prosedur optimasi dilakukan dengan menggunakan *output* dari model simulasi sebagai input. Variabel keputusan pada prosedur optimasi OptQuest membutuhkan suatu interval nilai terepresentasi sebagai *lower bound* dan *upper bound*. Jika nilai-nilai ini sudah diatur, OptQuest akan mengirimkan perintah ke perangkat lunak utama ARENA untuk dilakukan eksperimentasi sebanyak kombinasi variabel keputusan yang mungkin. Jika solusi tidak memenuhi konstrain yang ada, maka solusi dinyatakan *infeasible*. OptQuest mengadaptasi metode metaheuristik *best solution* sementara akan direkam tiap kali eksperimentasi sedang dilakukan sehingga solusi tidak akan terjebak pada *local optimal*. Jika seluruh kombinasi eksperimentasi sudah selesai dilakukan, maka otomatis OptQuest akan memberikan solusi variabel keputusan yang menghasilkan *objective function* terbaik



Gambar 4.3 Prinsip Cara Kerja OptQuest

Implementasi OptQuest pada pengembangan skenario penjadwalan ini mengatur jarak waktu antar kedatangan dan jumlah truk per kedatangan sebagai variabel keputusan, nilai presentase truk *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* paling minimal menjadi fungsi tujuan atau *objective function*, dan

rata-rata kedatangan truk yang harus sesuai dengan kondisi eksisting sebagai konstrain.

4.3.1 Skenario Penjadwalan Kedatangan dengan Tidak Memperhatikan Peak Time untuk

Skenario penjadwalan kedatangan pertama yang diusulkan adalah dengan mengatur kedatangan truk *customer* dengan distribusi kedatangan *uniform* tanpa memperhatikan titik-titik dimana kedatangan truk lebih banyak atau lebih sedikit dari nilai rata-rata. Oleh sebab itu, konstrain kedatangan truk didapatkan dengan merata-ratakan jumlah kedatangan truk dalam satu minggu.

a. Optimasi untuk Skenario Penjadwalan dengan Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan *Delivery* Melebihi Batas Standar Maksimal

Pertama dilakukan optimasi dengan fungsi objektif minimasi nilai presentase kegiatan *delivery* yang melebihi batas standar maksimal. Diketahui bahwa kedatangan truk pada model eksisting adalah sebesar 9940 truk yang artinya terjadi kedatangan truk rata-rata tiap 0,986 menit sekali \approx 1 menit sekali. Oleh sebab itu variabel keputusan diatur dengan nilai tengah 1 menit atau 60 detik dengan batas bawah 20 detik dan batas atas 300 detik, dimana inkremental eksperimentasi dilakukan tiap perubahan 1 detik. Untuk batasan digunakan margin eror sebesar 5% untuk rata-rata kedatangan truk, artinya jika kedatangan truk tidak berada pada rentang \pm 9940 maka solusi dinyatakan tidak *feasible* atau *infeasible*.

Berdasarkan hasil optimasi simulasi, didapatkan hasil 5 alternatif keputusan terbaik sebagai berikut

Tabel 4.28 Parameter *input* dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan *Delivery* Melebihi Batas Standar Maksimal

No	Waktu Antar Kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)	Fungsi Objektif
1	124	2	23,58%
2	118	2	24,96%
3	185	3	24,99%

Tabel 4.28 Parameter *input* dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan *Delivery* Melebihi Batas Standar Maksimal (lanjutan)

No	Waktu Antar Kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)	Fungsi Objektif
4	298	5	25,17%
5	117	2	25,23%

- b. Optimasi untuk Skenario Penjadwalan dengan Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan *Receiving* Melebihi Batas Standar Maksimal

Dengan mengganti fungsi objektif menjadi fungsi minimasi presentase kegiatan *receiving* tanpa mengubah variabel keputusan dan batasan yang telah didefinisikan, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.29 Parameter *input* dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif Minimasi Presentase Kegiatan *Receiving* Melebihi Batas Standar Maksimal

No	Waktu Antar Kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)	Fungsi Objektif
1	127	2	27,33%
2	253	4	27,77%
3	251	4	27,89%
4	254	4	28,14%
5	180	3	28,36%

- c. Optimasi untuk Skenario Penjadwalan dengan Fungsi Objektif Minimasi Nilai Akumulasi Presentase Kegiatan *Receiving/Delivery* Melebihi Batas Standar Maksimal

Karena pada dua skenario dengan fungsi objektif berbeda sebelumnya didapatkan hasil solusi paling optimal yang berbeda maka pada skenario penjadwalan ini fungsi objektifnya adalah minimasi nilai akumulasi presentase kegiatan *receiving/delivery* melebihi batas standar maksimal. Berikut merupakan

hasil dari optimasi simulasi dengan alternatif variabel keputusan dan batasan yang sama seperti dua skenario sebelumnya.

Tabel 4.30 Parameter *input* dan fungsi objektif terpilih untuk skenario Fungsi Objektif minimasi nilai akumulasi presentase kegiatan *receiving/delivery* melebihi batas standar maksimal

No	Waktu Antar Kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)	Fungsi Objektif
1	124	2	51,29%
2	118	2	51,78%
3	127	2	53,94%
4	187	3	53,97%
5	63	1	54,53%

Dari Tabel 4.30 diatas dapat disimpulkan bahwa skenario penjadwalan yang menghasilkan solusi paling optimal adalah dengan mengatur kedatangan truk *customer* tiap 124 detik atau sekitar 2 menit dengan jumlah truk per kedatangan sebanyak 2 unit.

Dengan parameter input waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan seperti demikian didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.31 Perbandingan hasil simulasi terhadap parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting dan skenario penjadwalan kedatangan tanpa memerhatikan *peak time*

Presentase <i>truck turnaround time</i> Kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>
Mean	27,74%	23,58%
Standar Deviasi	6,09%	4,3%
n	24	24

Tabel 4.32 Perbandingan parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting dan skenario penjadwalan kedatangan tanpa memerhatikan *peak time*

Presentase <i>truck turnaround time</i> kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>
Mean	33,31%	29,71%
Standar Deviasi	2,94%	4%
n	24	24

4.3.2 Skenario Penjadwalan Kedatangan dengan Memperhatikan Peak Time

Pada skenario ini waktu antar kedatangan truk dan jumlah truk per kedatangan tidak ditentukan secara *uniform* dan sama dalam satu minggu, namun dibedakan tergantung kepadatan kedatangan yang terjadi setiap harinya. Oleh sebab itu diperlukan uji signifikansi untuk melihat apakah ada perbedaan kepadatan kedatangan atau frekuensi kedatangan yang telah disajikan sebelumnya pada gambar 4.1. Jika dalam satu hari memiliki frekuensi kedatangan yang berbeda signifikan dengan hari yang lainnya maka penjadwalan yang dilakukan berbeda pula. Sebaliknya jika dalam satu hari memiliki frekuensi kedatangan yang tidak berbeda secara signifikan dengan hari yang lainnya maka penjadwalan yang dilakukan sama.

Berdasarkan Gambar 4.1 tentang rata-rata frekuensi kedatangan truk *customer* tiap hari diketahui hasil uji signifikansi *welch confidence level* tingkat kedatangan truk adalah sebagai berikut

Tabel 4.33 Hasil uji *welch confidence level* rata-rata frekuensi kedatangan truk *customer* antar hari

μ_1/μ_2	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Senin							
Selasa	$\mu_1 > \mu_2$						

Tabel 4.33 Hasil uji *welch confidence level* rata-rata frekuensi kedatangan truk *customer* antar hari (lanjutan)

μ_1/μ_2	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Rabu	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$					
Kamis	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$				
Jumat	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$			
Sabtu	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Minggu	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Dari tabel 4.33 diatas dapat disimpulkan bahwa penjadwalan dibagi menjadi 4 nilai parameter input yang berbeda, yakni untuk penjadwalan hari Senin, penjadwalan hari Selasa dan Kamis, penjadwalan hari Rabu dan Jumat, dan penjadwalan hari Sabtu dan Minggu.

Untuk tiap 4 parameter input ini dilakukan proses optimasi-simulasi dengan mencari kombinasi penjadwalan yang paling optimal dalam membentuk performansi sistem terbaik. Dari hasil *running* simulasi-optimasi didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.34 Hasil optimasi simulasi penjadwalan per hari untuk waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan model eksisting

Hari	Waktu antar kedatangan	Jumlah Per Kedatangan
Senin	242	3
Selasa, Kamis	210	3
Rabu, Jumat	159	3
Sabtu, Minggu	169	3

Dengan jadwal kedatangan tiap harinya seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas, didapatkan parameter output sebagai berikut.

Tabel 4.35 Perbandingan parameter *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan *peak time*

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>
Mean	27,74%	21,07 %
Standar Deviasi	6,09%	3,1%
n	24	24

Tabel 4.36 Perbandingan parameter *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan *peak time*

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>
Mean	33,31%	28%
Standar Deviasi	2,94%	2,9%
n	24	24

Tabel 4.37 Uji *welch confidence interval* perbandingan parameter *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan *peak time*

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>	Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>
Eksisting			
Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Tabel 4.38 Uji *welch confidence interval* perbandingan parameter *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting dengan memerhatikan *peak time*

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>	Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>
Eksisting			
Skenario Penjadwalan tanpa <i>peak time</i>	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Penjadwalan dengan <i>peak time</i>	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Dari hasil eksperimentasi dan uji signifikansi *welch confidence interval* yang tersaji pada tabel 4.37 hingga 4.40 dapat disimpulkan bahwa skenario penjadwalan dengan *peak time* memiliki hasil paling baik dan berbeda signifikan dari skenario penjadwalan tanpa memerhatikan *peak time*. Walaupun uji *welch confidence interval* perbandingan parameter *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal menunjukkan tidak menunjukkan ada perbedaan signifikan daripada dua skenario, namun untuk parameter kegiatan *delivery* terbukti berbeda secara signifikan.

4.4 Skenario Gabungan Penjadwalan dan Penambahan Fasilitas

Pada skenario ini akan dilakukan eksperimen dengan menguji gabungan metode penjadwalan dan juga penambahan fasilitas. Adapun skenario yang dimaksud adalah skenario C 2 atau skenario gabungan penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 Mesin *Gamma Ray* dengan penjadwalan kedatangan.

4.4.1 Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa memerhatikan *peak time*

Untuk mengetahui penjadwalan terbaik maka dilakukan lagi metode optimasi-simulasi dengan prosedur yang sama seperti sebelumnya, bedanya untuk model simulasi yang digunakan adalah model simulasi skenario penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 Mesin *Gamma Ray*. Dengan batasan kedatangan truk harus berada dalam rentang 5% dari rata-rata

kedatangan dan fungsi objektif minimasi nilai akumulasi presentase kegiatan *receiving/delivery* melebihi standar maksimal didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 4.39 Hasil *running* optimasi simulasi model skenario penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih

No	Waktu Antar Kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)	Fungsi Objektif
1	124	2	15,27%
2	190	3	15,93%
3	186	3	16,19%
4	191	3	16,29%
5	122	2	16,5%

Diketahui bahwa penjadwalan yang menghasilkan nilai performansi sistem paling optimal adalah dengan waktu antar kedatangan selama 124 detik dan jumlah per kedatangan sebanyak 2 truk. Setelah dilakukan *running* simulasi untuk parameter input terindikasi optimal tersebut didapatkan performansi sistem yakni sebagai berikut.

Tabel 4.40 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Gabungan
Mean	27,74%	7,034%
Standar Deviasi	6,09%	0,5%
n	24	24

Tabel 4.41 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penjadwalan dan penambahan fasilitas terpilih

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Gabungan
Mean	33,31%	8,27%
Standar Deviasi	2,94%	0,6%
n	24	24

4.4.2 Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan memerhatikan *peak time*

Pada bagian ini akan dilakukan prosedur eksperimentasi dan optimasi simulasi seperti yang telah disajikan pada subbab 4.4.1. namun dengan memerhatikan *peak time* yang terbagi untuk penjadwalan hari Senin, hari Selasa dan Kamis, hari Rabu dan Jumat, dan hari Sabtu dan Minggu

Tabel 4.42 Hasil optimasi simulasi penjadwalan per hari untuk waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan model skenario gabungan penambahan fasilitas

Hari	Waktu antar kedatangan (detik)	Jumlah Per Kedatangan (unit)
Senin	85	1
Selasa, Kamis	66	1
Rabu, Jumat	53	1
Sabtu, Minggu	112	2

Dengan parameter input waktu antar kedatangan dan jumlah per kedatangan seperti demikian didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.43 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan dengan memperhatikan *peak time*

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Gabungan
Mean	27,74%	7,026%
Standar Deviasi	6,09%	0,5%
n	24	24

Tabel 4.44 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting dengan skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan dengan memperhatikan *peak time*

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal		
	Eksisting	Skenario Gabungan
Mean	33,31%	7,52%
Standar Deviasi	2,94%	0,6%
n	24	24

Untuk mengetahui skenario mana yang memiliki nilai μ parameter presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki *truck turnaround time* terkecil yang akan dipilih sebagai skenario terbaik, maka dilakukan uji *welch confidence interval* antara skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan tanpa memerhatikan *peak time* dengan skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan dengan memerhatikan *peak time*, dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.45 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *Delivery* melebihi standar maksimal

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa Peak Time	Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan Peak Time
Eksisting			
Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa Peak Time	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan Peak Time	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	

Tabel 4.46 Uji *Welch Confidence Interval* untuk Presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *Receiving* melebihi standar maksimal

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa Peak Time	Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan Peak Time
Eksisting			
Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan tanpa Peak Time	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dan Penjadwalan dengan Peak Time	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Dari hasil uji *welch confidence interval* yang disajikan pada Tabel 4.45 dan 4.46 dapat diambil kesimpulan bahwa skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan memerhatikan *peak time* memiliki performansi terbaik.

4.5 Perbandingan Antar Skenario Penambahan Fasilitas, Skenario Penjadwalan dan Skenario Gabungan Penambahan Fasilitas dengan Penjadwalan

Pada subbab ini akan dilakukan pengujian *welch confidence interval* untuk skenario-skenario terpilih pada subbab 4.2. yakni skenario gabungan penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 mesin *gamma ray*, pada subbab 4.3. yakni skenario penjadwalan model eksisting dengan memerhatikan *peak time* dan juga pada subbab 4.4. yakni skenario gabungan penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 mesin *gamma ray* dengan penjadwalan memerhatikan *peak time*. Untuk mempersingkat penyebutan skenario, berikut adalah pelabelan untuk skenario-skenario yang akan dibandingkan.

- Skenario Terpilih 1 : Skenario penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 mesin *gamma ray*
- Skenario Terpilih 2 : Skenario penjadwalan kedatangan truk dengan memerhatikan *peak time*
- Skenario Terpilih 3 : Skenario penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik dan 1 mesin *gamma ray* dengan penjadwalan kedatangan truk memerhatikan *peak time*.

Berikut merupakan hasil uji signifikansi yang dilakukan.

Tabel 4.47 Uji *welch confidence interval* perbandingan parameter presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *Delivery* melebihi standar maksimal untuk skenario-skenario alternatif

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Terpilih 1	Skenario Terpilih 2	Skenario Terpilih 3
Eksisting				
Skenario Terpilih 1	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario Terpilih 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Terpilih 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Tabel 4.48 Uji *welch confidence interval* perbandingan parameter presentase *Truck Turnaround Time* Kegiatan *Receiving* melebihi standar maksimal untuk skenario-skenario alternatif

μ_1/μ_2	Eksisting	Skenario Terpilih 1	Skenario Terpilih 2	Skenario Terpilih 3
Eksisting				
Skenario Terpilih 1	$\mu_1 < \mu_2$			
Skenario Terpilih 2	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		
Skenario Terpilih 3	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	

Pada uji *welch confidence interval* ditunjukkan pada Tabel 4.47 dan 4.48 diatas dapat disimpulkan bahwa skenario terbaik adalah skenario gabungan penambahan fasilitas dan penjadwalan kedatangan memerhatikan *peak time*. Dengan skenario terpilih tersebut didapatkan perbedaan beberapa parameter *output* dengan model eksisting sebagai berikut.

Tabel 4.49 Hasil perbandingan parameter *output* model eksisting dan model skenario terpilih

	Rata-rata waktu tunggu			Utilitas		
	Blok ASC Internasional	Blok ASC Domestik	Mesin <i>gamma ray</i>	Blok ASC Internasional	Blok ASC Domestik	Mesin <i>gamma ray</i>
Eksisting	54,13	17	19,7	96,4%	77%	54,2%
Skenario Terpilih	8,3	8,9	0,13	58%	60%	50,4%

Dari hasil pada Tabel 4.49 dapat diketahui besarnya penurunan utilitas dari sumber daya Blok ASC Internasional, Blok ASC Domestik dan mesin *gamma ray* yang memiliki utilitas terbilang besar sebelumnya, dan juga penurunan signifikan dari rata-rata waktu tunggu yang ada.

Dapat diketahui sebelumnya bahwa ruang lingkup penelitian yang dilakukan mengesampingkan analisis terhadap biaya yang mungkin terjadi. Sehingga pemilihan terhadap skenario terbaik atau terpilih serta merta dilakukan kepada skenario yang menghasilkan parameter *output* presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* paling minimal diantara

yang lain. Namun pada kenyataannya mungkin pihak terminal memiliki batasan dan kriteria keputusan tersendiri dalam memilih skenario terbaik dengan memperhatikan pula aspek biaya. Skenario yang dikembangkan mengharuskan pihak terminal untuk menambah aset fasilitas seperti Blok ASC dan mesin *gamma ray* dimana artinya investasi baru harus dilakukan, beban operasional penggunaan harus ditanggung, dan kebutuhan pemeliharaan yang mungkin terjadi di masa mendatang harus mampu dilakukan. Kondisi-kondisi ini merupakan catatan tersendiri bagi pihak terminal dalam mengambil keputusan. *Trade-off* antara performansi sistem dan biaya yang muncul harus dilakukan guna mendapatkan hasil perbandingan tiap skenario yang lebih informatif. Diharapkan pihak terminal nantinya mampu mengambil keputusan dengan memilih skenario terbaik dimana nilai parameter *output* presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar dan parameter *output* prakiraan biaya yang muncul memiliki keseimbangan yang baik. Singkatnya, pihak terminal perlu mengompensasikan performansi dengan biaya.

4.6 Skenario Kebijakan Status Registrasi Truk

Salah satu kondisi yang bisa diatur oleh pihak terminal sebagai kebijakan yang dapat diterapkan adalah menetapkan aturan masuk truk *customer*. Mengingat kembali aturan yang ada bahwa jika truk *customer* yang datang tidak terdaftar, maka kegiatan *receiving/delivery* harus dilakukan oleh Truk BBG di dalam terminal. Sedangkan untuk truk *customer* yang terdaftar maka seluruh rangkaian *receiving/delivery* dilakukan sendiri di dalam area terminal.

Salah satu cara menekan angka yang tinggi untuk presentase kegiatan *receiving/delivery* oleh truk *customer* yang melebihi standar maksimal yang ada adalah dengan menghindari truk *customer* untuk berlama-lama di dalam area sistem terminal. Oleh sebab itu kebijakan operasional yang bisa dilakukan oleh pihak terminal sebagai pertimbangan untuk menekan angka presentase kegiatan *receiving/delivery* truk yang melebihi standar adalah dengan memberlakukan seluruh kegiatan *receiving delivery* untuk ditangani oleh truk BBG.

Pada Tabel 4.51 akan disajikan hasil eksperimentasi yakni apabila seluruh kegiatan *receiving/delivery* yang ada dilakukan dengan menggunakan truk BBG,

sehingga ketika truk *customer* sampai di terminal hanya melakukan penyerahan kontainer di terminal lalu dapat meninggalkan langsung area terminal. Disajikan pula hasil eksperimentasi kebijakan kontradiktifnya, yakni jika pihak terminal mewajibkan seluruh truk *customer* untuk terdaftar dahulu saat memasuki sistem terminal sehingga seluruh kegiatan *receiving/delivery* dilakukan oleh truk yang bersangkutan sendiri.

Tabel 4.50 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *delivery* melebihi standar maksimal model eksisting, skenario seluruh truk *customer* terdaftar dan skenario seluruh truk *customer* tidak terdaftar

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Delivery melebihi standar maksimal			
	Eksisting	Skenario Terdaftar	Skenario Tidak Terdaftar
Mean	27,74%	42,7%	1%
Standar Deviasi	6,09%	1,1%	0,15%
n	24	24	24

Tabel 4.51 Perbandingan nilai parameter presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving* melebihi standar maksimal model eksisting, skenario seluruh truk *customer* terdaftar dan skenario seluruh truk *customer* tidak terdaftar

Presentase Truck Turnaround Time Kegiatan Receiving melebihi standar maksimal			
	Eksisting	Skenario Terdaftar	Skenario Tidak Terdaftar
Mean	33,31%	65,90%	1%
Standar Deviasi	2,94%	1,4%	0,1%
n	24	24	24

Berdasarkan Tabel 4.50 dan 4.51 diatas dapat diketahui bahwa skenario terdaftar menghasilkan nilai performansi yang sangat baik dan berbeda signifikan

dengan kondisi eksisting dan juga skenario gabungan yang telah dilakukan eksperimentasi sebelumnya. Adapun dengan eksperimentasi skenario terdaftar hanya menghasilkan sebesar 1% presentase *truck turnaround time* kegiatan *receiving/delivery* yang melebihi standar maksimal. Nilai 1% yang muncul diakibatkan oleh truk *customer* yang menunggu untuk dilayani *reach stacker* di transfer area dan untuk kegiatan *delivery*, nilai ini juga dipicu oleh keadaan truk yang menunggu kontainer dijemputkan oleh truk BBG.

Walaupun memiliki nilai yang kecil, terdapat banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merealisasikan kebijakan ini. Pihak terminal harus mempertimbangkan biaya operasional yang muncul karena penggunaan truk BBG akan menjadi sumber daya primer dalam kegiatan *receiving/delivery* dan jelas frekuensinya akan bertambah jauh lebih banyak yang artinya *variable cost* yang ditimbulkan oleh operasional truk BBG akan meningkat.

Selain itu untuk mengimplementasikan skenario kebijakan ini pihak terminal harus mampu memperhatikan efek yang mempengaruhi *customer* sendiri karena kondisi yang ada saat ini menunjukkan bahwa truk *customer* yang tidak terdaftar harus membayar tarif yang berlaku, dan jika pihak terminal memberlakukan kebijakan dimana kegiatan *receiving/delivery* hanya akan dilangsungkan oleh truk BBG maka mampu dipastikan secara dinamis hal ini akan berpengaruh terhadap perilaku *customer*. Bisa saja tanpa pertimbangan yang baik, justru kebijakan ini dapat mengakibatkan *opportunity lost* akibat sebagian *customer* yang tidak bersedia untuk membayar tarif dalam kegiatan *receiving/delivery*.

4.7 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan guna mengetahui besar perubahan performansi sistem terhadap perubahan parameter input. Akan dilakukan analisis sensitivitas dengan menguji waktu antar kedatangan truk *customer* dengan lebih cepat dan lebih lambat dari kondisi eksisting. Analisis sensitivitas juga dilakukan pada proporsi jenis kontainer truk *customer* yang akan melakukan kegiatan *receiving/delivery* dan status kontainer (internasional atau domestik) tiap truk kontainer.

Pada tabel dibawah ini merupakan hasil simulasi selama satu minggu dari perubahan parameter input terhadap kedatangan truk *customer* yang diatur dua kali lebih cepat dan dua kali lebih lambat serta pengaruhnya terhadap parameter *output* presentase kegiatan *receiving/delivery* yang melebihi standar maksimal.

Tabel 4.52 Analisis Sensitivitas Pengaturan Kedatangan Truk *Customer*

	Kecepatan Kedatangan Truk	Jumlah Kedatangan Truk (unit)	Presentase kegiatan <i>delivery</i> melebihi standar	Presentase kegiatan <i>receiving</i> melebihi standar
Skenario Terpilih	2 kali	19.510	22,6%	28,57%
	1,4 kali	13.657	11,1%	13,11%
	1 kali	9.756	7%	8,27%
	0,5 kali	4.878	2,9%	3,42%

Menurut Tabel 4.52 tersebut dapat dilihat ketika waktu antar kedatangan tiap truk menjadi 2 kali lebih cepat menghasilkan jumlah kedatangan truk sekitar 2 kali lebih banyak dan presentase kegiatan *delivery* melebihi standar naik 3 kali lipat lebih dari 7% menjadi 22,6% dan untuk presentase kegiatan *receiving* melebihi standar naik dari 8,27% menjadi 28,57%. Sedangkan jika kedatangan truk menjadi setengah kali lebih cepat atau 2 kali lebih lambat, maka kedatangan truk hanya sekitar separuh dari kedatangan pada kondisi eksisting dan didapatkan nilai presentase kegiatan *delivery* melebihi standar berkurang dari 7% menjadi 2,9% dan presentase kegiatan *receiving* melebihi standar turun dari 8,27% menjadi 3,42%. Dari hasil tersebut menunjukkan bagaimana pengaruh kecepatan antar kedatangan truk terhadap indikator performansi presentase kegiatan *receiving/delivery* melebihi standar maksimal.

Dapat diketahui sebelumnya bahwa pihak terminal ingin memiliki nilai performansi presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* yang tidak lebih dari 10% sehingga prosedur optimasi-simulasi dilakukan untuk melihat pada kecepatan kedatangan berapa kali lipat performansi sistem akan mulai memburuk dengan bernilai $\geq 10\%$. Pada *running* optimasi-simulasi didapatkan hasil bahwa sistem akan mengindikasikan suatu performansi presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* melebihi standar

yang lebih dari 10% pada kedatangan $\frac{10}{7}$ kali lebih cepat atau sekitar 1,4 kali lebih cepat dari kondisi eksisting dengan nilai presentase kegiatan *delivery* dengan *truck turnaround time* melebihi standar sebesar 11,1% dan kegiatan *receiving* dengan *truck turnaround time* melebihi standar sebesar 13,16%. Selain itu, analisis lanjut yang dapat diberikan ialah bahwa dengan kondisi skenario terpilih, pihak terminal mampu mengakomodasi *demand* tambahan berupa kedatangan truk yang lebih banyak dari kondisi eksisting dengan target parameter presentase kegiatan *receiving/delivery* memiliki nilai *truck turnaround time* tidak lebih dari 10%. Adapun total kedatangan truk tambahan yang mampu diakomodasi oleh terminal dengan skenario terpilih adalah sebesar 3.901 truk atau 40% lebih banyak dari kedatangan eksisting.

Untuk analisis sensitivitas yang kedua dilakukan dengan merubah parameter input presentase kedatangan jenis barang. Pada kondisi eksisting dapat diketahui bahwa baik untuk kegiatan *receiving* maupun *delivery* didapatkan presentase frekuensi kedatangan kontainer jenis *dry* yang sangat tinggi yakni 88% untuk *receiving* dan 88% untuk *delivery*. Hipotesa yang dapat diambil dari keadaan ini adalah terjadinya kondisi waktu tunggu dan utilitas untuk *resource* bergerak *straddle carrier/side loader* yang relatif kecil. Hipotesa lainnya adalah tingginya utilitas dari Blok ASC sebagai fasilitas utama yang melayani kontainer jenis *dry*. Oleh sebab uji sensitivitas dilakukan dengan menurunkan presentase kedatangan jenis barang *dry* dengan melihat pengaruhnya terhadap waktu tunggu *straddle carrier/side loader*, utilitas *straddle carrier/sideloader*, dan utilitas Blok ASC.

Tabel 4.53 Hasil Analisa Sensitivitas perubahan presentase kedatangan jenis kontainer

	Parameter Presentase Kedatangan Berdasarkan Jenis Kontainer	Utilitas <i>Reach Stacker</i>	Utilitas <i>Straddle Carrier</i>	Utilitas <i>Side Loader</i>
Skenario Terpilih	Eksisting	33,78%	16,42%	7,9%
	<i>Refri</i> 100%	39,72%	0%	0%
	Non- <i>Dry</i> dan Non- <i>Refri</i> 100%	18%	31,59%	2,29%

Berdasarkan Tabel 4.53 dapat dilihat bahwa terdapat penurunan nilai utilitas *reach stacker* sebesar 11,3% yang diakibatkan oleh penurunan tingkat kedatangan jenis kontainer *dry* menjadi 0% dan peningkatan kedatangan jenis kontainer *refri* menjadi 16,67%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingginya proporsi nilai *truck turnaround time* yang melebihi standar maksimal disebabkan oleh aspek metode/proses dan sumber daya. Pada metode, akar permasalahan dipengaruhi oleh kedatangan truk yang timpang pada periode waktu tertentu sehingga menyebabkan kongesti. Sedangkan untuk aspek sumber daya, ditemukan adanya ketimpangan pada utilitas antar sumber daya; selain itu mekanisme kegiatan operasional ASC memiliki waktu proses yang lama serta masih adanya Blok ASC yang tidak difungsikan secara maksimal.
2. Dari eksperimentasi yang telah dilakukan, didapatkan skenario yang menghasilkan performansi sistem terbaik, yakni gabungan penambahan fasilitas 4 Blok ASC Internasional, 3 Blok ASC Domestik, dan 1 mesin *gamma ray* dengan mengimplementasikan penjadwalan yang memperhatikan *peak time*. Peningkatan performansi sistem yang didapatkan ialah presentase kegiatan *delivery* yang melebihi standar maksimal turun dari 27,74% menjadi 7,026 % dan untuk kegiatan *receiving* turun dari 33,31% menjadi 7,52%. Adapun skenario yang terpilih memungkinkan pihak terminal mengakomodasi tambahan kedatangan truk *customer* sebagai potensi pemasukan sebanyak 3.901 truk atau sekitar 40% lebih banyak dari kedatangan eksisting.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan meliputi:

1. Perusahaan diharapkan lebih terbuka dan informatif dalam memberikan data yang relevan sehingga penelitian dapat dilakukan dalam ruang

lingkup yang lebih luas dengan memanfaatkan informasi yang ada seperti investasi dan biaya operasional sumber daya yang ada.

2. Untuk penelitian selanjutnya agar meminimalisir penggunaan data-data berupa asumsi dalam simulasi agar didapatkan hasil yang lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Altiock, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modelling and Analysis with Arena*. United States: Elsevier.
- Azab, A. E., & Eltawil, A. B. (2016). A Simulation Based Study of The Effect of Truck Arrival Patterns on Truck Turn Time in Container Terminals. *Department of Industrial Engineering and Systems Management of Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST)*, 1-7.
- Badan Pusat Statistik. (2017, November 23). *Bongkar Muat Barang Antar Pulau dan Luar Negeri di Pelabuhan Indonesia Tahun 1988-2015*. Diambil kembali dari Badan Pusat Statistik:
<https://www.bps.go.id/statictable/2009/05/13/1419/bongkar-muat-barang-antar-pulau-dan-luar-negeri-di-pelabuhan-indonesia-tahun-1988-2015-ribu-ton-.html>
- Bowersox, D., Closs, D., & Cooper, M. (2003). *Supply Chain Management : Strategy, Planning and Operation* (2nd ed.). USA: Prentice Hall.
- Chakraborty, S., Kumar, B., & Malguri, A. (2016). Reducing the Truck Turnaround Time inside a Heavy Manufacturing Industry through Makigami Analysis. *International Journal of Advanced Information Science and Technology*, 5, 39-45.
- Emshoff, J., & Sisson, R. (1970). *Design and Use of Computer Simulation Models*. New York: Macmillan Publishing Co. Inc.
- European Union. (2013). *Final Report : Study aimed at supporting an impact assessment on : "Measures to enhance the efficiency and quality of port services in the EU"*. Directorate-General for Mobility and Transport, European Union.
- Febriani, H. (2018). *Determining Number of Tanker for Avtur Distribution In PT Pertamina MOR V Using Discrete Event Simulation*. Surabaya.
- Gurning, R. O., & Budiyanto, E. H. (2007). *Manajemen Bisnis Pelabuhan*. Surabaya: PT.Andhika Prasetya Ekawahana.

- Harrell, C., Ghosh, B., & Bowden, R. (2004). *Simulation Using ProModel* (2nd ed.). Mc-Graw Hill.
- Kementerian Perhubungan DJPL. (2011). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor : UM.002/38/18/DJPL-11 Tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan.*
- Kurniawati, U. (2017). *Pemodelan Simulasi Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia Dengan Mempertimbangkan Supply and Transportation Disruption.* Surabaya.
- Lasse, D. (2011). *Manajemen Kepelabuhanan.* Jakarta: PT.RajaGrafindo Persada.
- Law, A., & Kelton, D. (2000). *Simulation Modelling and Analysis.* McGraw-Hill.
- Morris, W. (1967). *On The Art of Modelling. Management Science.*
- Noronha, V. (2014, Agustus 14). *Diagnosing a Port's Ailments with GPS. Three Easy Remedies.* Diambil kembali dari Metropolitan Transport Information System: <http://metris.us/services/turntime/diagnosing-performance/>
- Parwani, K. (2013). Reduction of Turnaround Time for Outbound Logistics (Finished Goods only) in a Food Processing Industry. *SDMIMD*, 1-14.
- Putriali, S. (2017). *Evaluasi Sistem Penyimpanan Pupuk Mempertimbangkan Seasonal Demand Dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus: PT XYZ).* Surabaya.
- Radevito, A. (2017). *Permodelan Simulasi Diskrit Dalam Distribusi Empat Produk BBM Pada Permasalahan Tiga Depo Menuju Tujuan Tunggal.* Surabaya.
- Rathnayake, & Wanniarachchi. (2015). Analysis of factors considered by shipping lines and agencies in selecting a container terminal for their operations within Colombo port complex, Sri Lanka. *Malabe: Proceedings of 8th International Research Conference, KDU.*
- Ravichandran. (2005). A Process oriented Approach to Waiting Line Management in a Large Pilgrimage Center in India : A Case Study. *The Smart Manager*, 5(1), 69-76.
- Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2017-2018.* World Economic Forum.

- Siswanto, N., Latiffianti, E., & E.Wiratno, S. (2018). *Simulasi Sistem Diskrit : Implementasi dengan Software Arena*. Surabaya: ITS Tekno Sains.
- Sudjarmiko, F. D. (1979). *Pokok-Pokok Pelayaran Niaga*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Suyono. (2007). *Pengangkut Intermodal Ekspor Impor Melalui Laut*. Jakarta: PPM.
- Süzen, R. (2015). Discrete Event Simulation Helps to Improve Terminal Productivity for New Design Container Ships. 1-90.
- Vanany, I., Zaman, M., & Awaluddin K., D. (2014). Connectivity Analysis of port in Eastern Indonesia. *2nd International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environment and Natural Disaster Management, ISOCEEN 2014* (hal. 118-127). Elsevier.
- Wirjodirdjo, B. (2012). *Pengantar Metodologi Sistem Dinamik* (1st ed.). Surabaya: ITS Press.
- Yoon, D.-G. (2007). Analysis of Truck Delays At Container Terminal Security Inspection Stations. *New Jersey's Science & Technology University*, 1-114.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel *record* nilai *truck turnaround time* model eksisting replikasi 1

No	TTT	Kegiatan	No	TTT	Kegiatan	No	TTT	Kegiatan
1	2,08	Receiving	2848	2,52	Receiving	5694	3,02	Receiving
2	3,69	Receiving	2849	40,38	Receiving	5695	7,23	Receiving
3	7,24	Delivery	2850	2,04	Delivery	5696	2,48	Receiving
4	8,74	Delivery	2851	41,23	Receiving	5697	2,28	Receiving
5	19,89	Delivery	2852	65,96	Receiving	5698	53,39	Delivery
6	8,03	Delivery	2853	2,29	Delivery	5699	41,12	Receiving
7	2,68	Delivery	2854	9,34	Delivery	5694	10,63	Delivery
8	8,07	Delivery	2855	73,16	Receiving	5700	2,07	Delivery
9	10,69	Delivery	2856	72,26	Receiving	5701	54,40	Delivery
10	1,90	Delivery	2857	10,53	Delivery	5702	39,68	Receiving
11	1,28	Delivery	2858	97,67	Delivery	5703	91,75	Receiving
12	2,39	Receiving	2859	7,84	Delivery	5704	43,87	Receiving
13	37,12	Receiving	2860	10,06	Receiving	5705	2,23	Receiving
14	1,55	Receiving	2861	1,24	Receiving	5706	54,62	Delivery
15	23,48	Delivery	2862	47,95	Delivery	5707	11,58	Delivery
16	1,35	Receiving	2863	3,15	Receiving	5708	38,96	Receiving
17	19,44	Delivery	2864	29,04	Receiving	5709	1,59	Delivery
18	1,73	Delivery	2865	78,67	Receiving	5710	48,55	Receiving
19	8,43	Delivery	2866	2,54	Receiving	5711	1,48	Receiving
20	2,69	Delivery	2867	61,75	Delivery	5712	8,24	Delivery
21	2,05	Receiving	2868	2,94	Delivery	5713	60,90	Delivery
22	10,74	Delivery	2869	1,95	Receiving	5714	1,37	Delivery
23	23,17	Receiving	2870	9,33	Delivery	5715	2,57	Receiving
24	8,20	Delivery	2871	64,72	Delivery	5716	101,96	Receiving
25	2,92	Delivery	2872	2,89	Receiving	5717	2,51	Delivery
...
...
2840	2,06	Receiving	5687	8,44	Receiving	8518	2,58	Delivery
2841	18,50	Receiving	5688	1,53	Delivery	8519	2,26	Receiving
2842	1,95	Delivery	5689	55,65	Receiving	8520	37,26	Receiving
2843	44,03	Receiving	5690	60,82	Receiving	8521	2,12	Receiving
2844	22,62	Receiving	5691	2,70	Receiving	8522	2,87	Receiving
2845	45,54	Delivery	5692	8,11	Delivery	8523	9,84	Receiving
2846	86,25	Delivery	5693	10,92	Delivery	8524	55,14	Delivery

Lampiran 2 Tabel data sekunder historis detail informasi tiap transaksi truk *customer*

Gate In Time	Gate Out Time	Container Type	Container Status	O/I	Service	Need Swap
01/02/2018 11.49.59	01/02/2018 12.22.36	DRY	MTY	Domestik	Delivery	
01/02/2018 11.52.12	01/02/2018 12.31.11	DRY	MTY	Domestik	Delivery	
01/02/2018 11.52.29	01/02/2018 12.31.16	DRY	MTY	Domestik	Delivery	
01/02/2018 11.55.54	01/02/2018 12.37.42	DRY	FCL	Internasional	Delivery	Y
01/02/2018 12.01.56	01/02/2018 12.26.07	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/03/2018 03.28.51	01/03/2018 03.38.31	DRY	FCL	Internasional	Receiving	
01/02/2018 12.02.59	01/02/2018 12.18.31	DRY	FCL	Internasional	Delivery	
01/02/2018 12.13.40	01/02/2018 12.35.01	RFR	FCL	Internasional	Delivery	
01/02/2018 12.16.02	01/02/2018 13.00.18	DRY	FCL	Internasional	Delivery	
01/03/2018 03.22.59	01/03/2018 03.58.44	DRY	FCL	Domestik	Receiving	
01/02/2018 12.18.58	01/02/2018 12.31.21	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.24.50	01/02/2018 12.53.55	DRY	FCL	Internasional	Delivery	
01/02/2018 12.26.57	01/02/2018 12.41.37	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.33.40	01/02/2018 13.01.09	DRY	MTY	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.38.25	01/02/2018 13.01.40	DRY	MTY	Domestik	Delivery	Y
01/02/2018 12.39.09	01/02/2018 12.53.18	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.42.14	01/02/2018 13.11.00	DRY	FCL	Domestik	Delivery	Y
01/03/2018 19.50.15	01/03/2018 20.11.10	DRY	FCL	Internasional	Receiving	
01/03/2018 20.10.05	01/03/2018 20.30.32	DRY	FCL	Internasional	Receiving	
01/02/2018 12.43.33	01/02/2018 13.35.34	DRY	FCL	Internasional	Delivery	Y
01/02/2018 12.46.09	01/02/2018 13.02.11	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.47.48	01/02/2018 13.16.38	DRY	FCL	Internasional	Delivery	
01/02/2018 12.48.58	01/02/2018 13.20.36	DRY	FCL	Domestik	Delivery	
01/02/2018 12.56.05	01/02/2018 13.52.59	DRY	MTY	Domestik	Delivery	
01/01/2018 12.31.54	01/01/2018 12.39.21	DRY	FCL	Internasional	Receiving	

Lampiran 3 Tabel olah data historis nilai *truck turnaround time* truk *customer* no 1-118 kedatangan hari Senin tanggal 1 Januari 2018

Truk No	TTT	Truk No	TTT	Truk No	TTT
1	16,8	41	23,5	81	24,1
2	37,9	42	23,0	82	40,4
3	39,6	43	20,0	83	40,1
4	36,6	44	20,0	84	22,8
5	36,5	45	11,0	85	22,8
6	35,9	46	10,8	86	9,6
7	35,9	47	10,3	87	12,3
8	35,5	48	10,2	88	7,7
9	35,5	49	21,7	89	19,4
10	32,6	50	21,4	90	30,2
11	32,7	51	21,8	91	8,8
12	30,1	52	21,5	92	7,6
13	30,1	53	23,2	93	37,4
14	26,2	54	19,3	94	15,5
15	26,2	55	19,2	95	17,0
16	7,1	56	26,1	96	24,0
17	7,1	57	25,7	97	29,0
18	14,1	58	24,0	98	17,2
19	14,0	59	24,0	99	22,0
20	20,7	60	12,8	100	15,5
21	64,4	61	22,4	101	11,4
22	64,2	62	19,3	102	15,7
23	63,7	63	19,4	103	55,5
24	63,8	64	4,1	104	56,6
25	62,3	65	4,1	105	54,9
26	62,2	66	54,4	106	54,7
27	16,2	67	54,4	107	52,9
28	16,2	68	53,3	108	52,6
29	13,3	69	53,2	109	18,5
30	13,2	70	105,9	110	13,7
31	42,6	71	106,0	111	24,4
32	42,4	72	16,2	112	41,8
33	42,2	73	301,0	113	41,6
34	42,0	74	300,8	114	23,9
35	24,5	75	15,2	115	0,7
36	24,4	76	26,3	116	18,5
37	17,7	77	35,5	117	13,0
38	17,3	78	25,6	118	30,8
39	26,0	79	25,3		
40	26,1	80	24,1		

Lampiran 4 Tabel olah data waktu antar kedatangan truk ke 1-120 untuk hari Rabu interval waktu malam hari

Kedatangan Ke	Waktu antar Kedatangan	Kedatangan Ke	Waktu antar Kedatangan	Kedatangan Ke	Waktu antar Kedatangan
1	95	41	253	81	75
2	189	42	88	82	46
3	87	43	67	83	57
4	247	44	47	84	37
5	88	45	6	85	100
6	17	46	34	86	26
7	21	47	50	87	178
8	119	48	186	88	89
9	114	49	9	89	136
10	39	50	23	90	102
11	90	51	41	91	382
12	132	52	48	92	0
13	138	53	103	93	90
14	263	54	16	94	21
15	99	55	86	95	92
16	177	56	1	96	142
17	85	57	51	97	21
18	22	58	29	98	10
19	71	59	80	99	40
20	63	60	79	100	130
21	78	61	59	101	16
22	384	62	48	102	5
23	80	63	69	103	62
24	321	64	8	104	8
25	200	65	62	105	69
26	49	66	12	106	152
27	53	67	84	107	157
28	77	68	2	108	179
29	50	69	60	109	24
30	86	70	14	110	32
31	36	71	15	111	73
32	10	72	153	112	86
33	83	73	22	113	37
34	44	74	2	114	42
35	42	75	105	115	45
36	17	76	135	116	75
37	29	77	27	117	12
38	151	78	52	118	77
39	81	79	112	119	11
40	144	80	181	120	33



Lampiran 5 Gambar perubahan model simulasi untuk memodelkan penjadwalan kedatangan truk

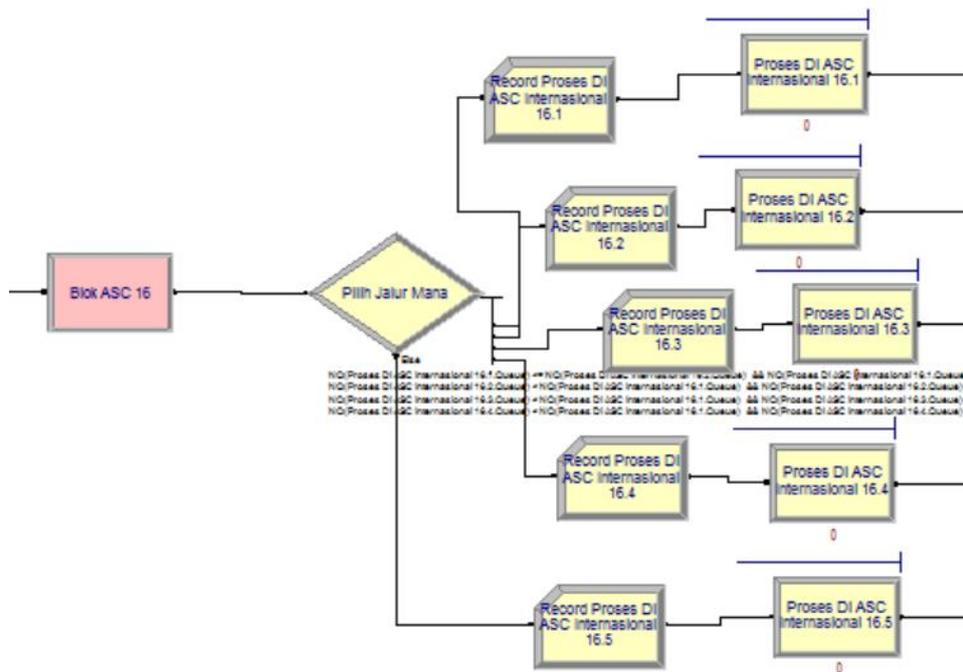
Assignments

Type: Attribute Attribute Name: Truk Regist

New Value: DISC(0.63,1,1,0)

OK Cancel Help

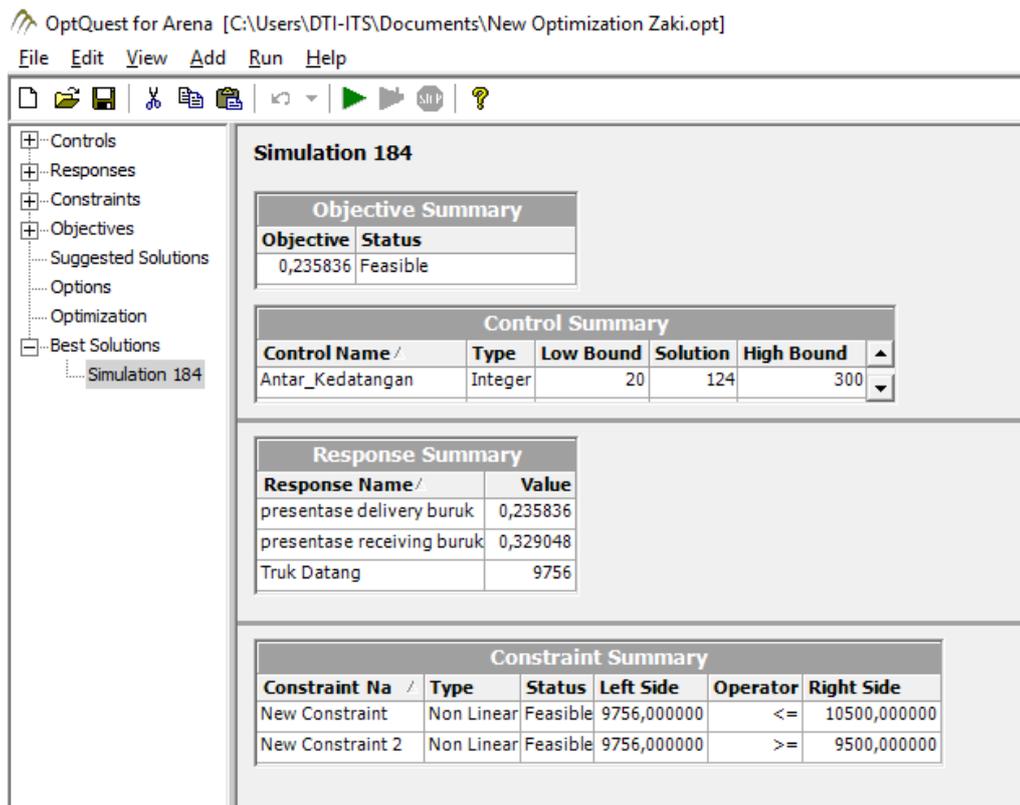
Lampiran 6 Gambar modul yang diubah untuk eksperimentasi skenario kebijakan penggunaan truk BBG



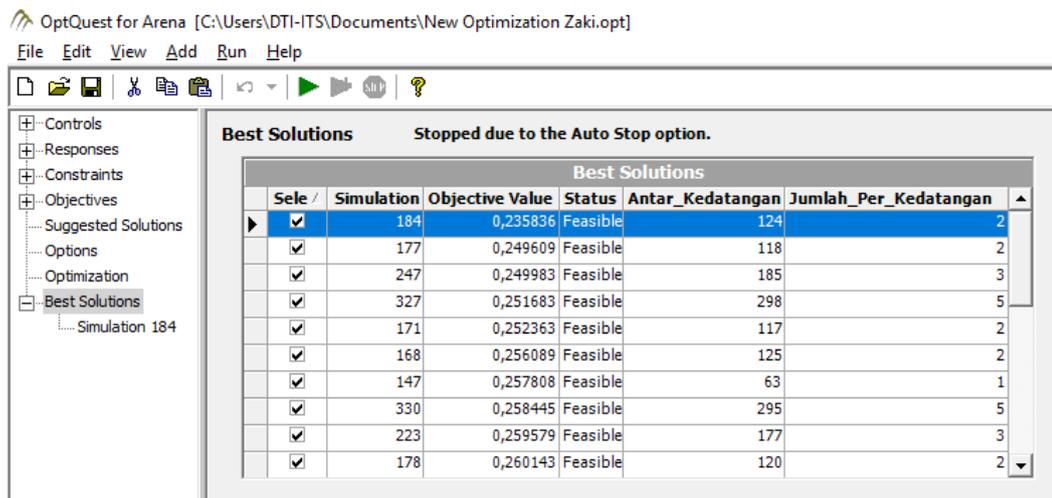
Lampiran 7 Gambar submodel baru yang dikembangkan sebagai representasi tambahan Blok ASC baru

	Name	Type	Capacity
29	Mesin Gamma Ray 1	Fixed Capacity	2

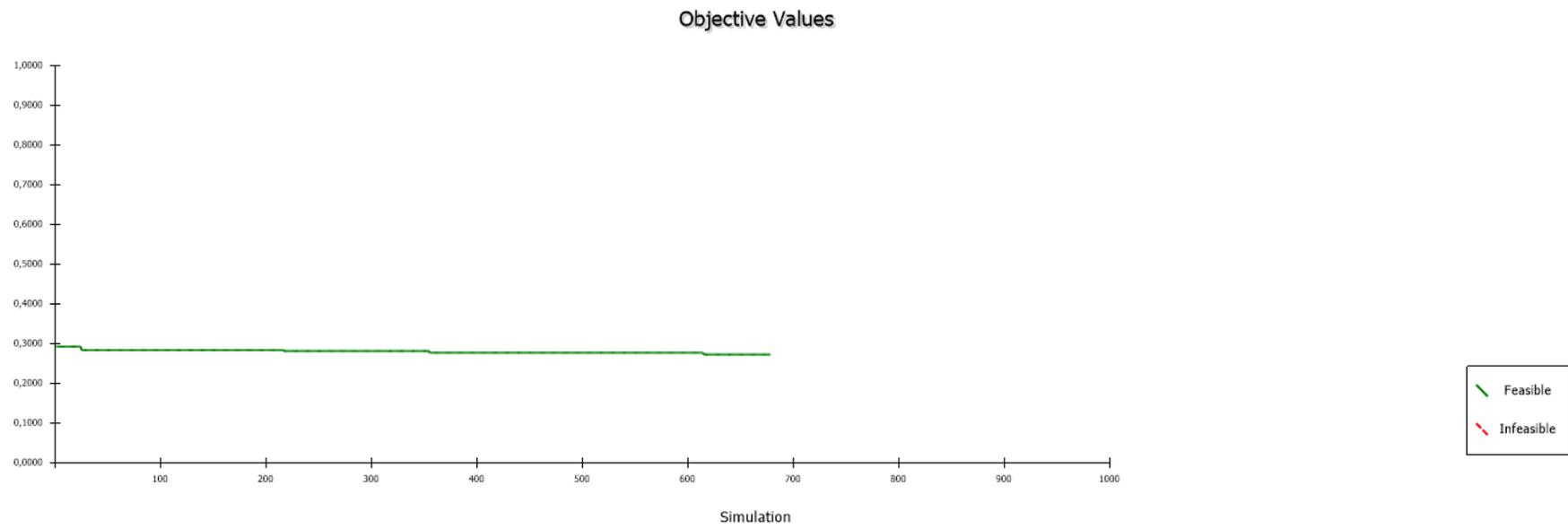
Lampiran 8 Gambar olah kapasitas untuk mesin *gamma ray* menjadi 2 mesin



Lampiran 9 Gambar hasil *running* optimasi-simulasi penjadwalan kondisi eksisting solusi terbaik



Lampiran 10 Gambar hasil *running* optimasi-simulasi penjadwalan kondisi eksisting solusi alternatif



Lampiran 11 Gambar grafik iterasi pencarian solusi terbaik *running* optimasi-simulasi

BIOGRAFI PENULIS



Lahir pada 15 Maret 1997, Lazuardi Al-Muzaki merupakan 1 dari 4 bersaudara dengan satu saudara laki-laki dan dua saudara perempuan. Telah menempuh studi di SDN Baron 1 (2003-2009), SMPN 1 Kertosono (2009-2012), SMAN 2 Kediri (2012-2014) dan pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sejak tahun 2014 hingga 2018.

Selama menempuh pendidikan Sarjana, penulis telah menyelesaikan Kerja Praktik di Perusahaan Umum BULOG sebagai Staff Divisi Perencanaan dan Pengadaan Beras. Penulis juga aktif sebagai Asisten Laboratorium Quantitative Modelling and Industrial Policy Analysis sejak tahun 2016 dan menjadi Koordinator Asisten pada tahun 2018. Penulis telah menjuarai beberapa kompetisi sebagai mahasiswa yakni sebagai Juara 1 Kompetisi Internasional *Industrial Simulation and Production* di Telkom University pada tahun 2018 dan Juara 2 Kompetisi Nasional *Inovation and Green Supply Chain* di Universitas Atmajaya pada tahun 2018. penulis juga ikut serta dalam beberapa proyek bersama Dosen yakni Pembangunan Model Simulasi dalam Memprediksi Tingkat Inflasi Indeks Harga Konsumen oleh Kemenkominfo Surabaya pada 2018 dan Kajian Analisis Biaya Pemeliharaan Rumah Pompa di Surabaya oleh Pemerintah Kota Surabaya pada 2018.

Selain aktif pada bidang akademik, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan sebagai Staff Departemen Komunikasi dan Informasi HMTI ITS pada 2015, Staff Media Majelis Ulul' Ilmi HMTI ITS pada 2015, Kepala Media Unit Minat Bakat Akatara HMTI ITS pada 2016, dan Kepala Redaksional Lembaga Pers Mahasiswa Satu Kosong LMB ITS pada 2017.