



TUGAS AKHIR – TI 141501

**EVALUASI ATURAN PENUGASAN DAN PENENTUAN
JUMLAH *CRANE* PADA PT TERMINAL PETIKEMAS
SURABAYA**

EDWINA SEVIERA CIPTADEWI
NRP 2512 100 033

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D
NIP. 197007211997021001

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**ASSIGNMENT AND DETERMINATION OF THE NUMBER
OF CRANES EVALUATION AT PT TERMINAL PETIKEMAS
SURABAYA**

EDWINA SEVIERA CIPTADEWI
NRP 2512 100 033

Supervisor

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D
NIP. 197007211997021001

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI ATURAN PENUGASAN DAN PENENTUAN
JUMLAH CRANE PADA PT TERMINAL PETIKEMAS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

EDWINA SEVIERA CIPTADEWI

NRP 2512 100 033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

NIP. 195706291992001001



EVALUASI ATURAN PENUGASAN DAN PENENTUAN JUMLAH *CRANE* PADA PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Nama : Edwina Sevieria Ciptadewi
NRP : 2512100033
Dosen Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

ABSTRAK

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) bergerak di bidang penyediaan fasilitas terminal petikemas bagi pelaku usaha di wilayah Indonesia Timur. Salah satu visi PT TPS adalah menyediakan dan memastikan bahwa layanan yang diberikan kepada para pelanggan tepat waktu dan terjadwal. Untuk mendukung visi tersebut, perusahaan terus berusaha meningkatkan layanan dalam hal waktu bongkar muat. Berdasarkan data pada periode observasi, diketahui bahwa terdapat beberapa *berth* yang masih memiliki nilai BSH (*Boxes Ships Hours*) di bawah target perusahaan. Untuk meningkatkan nilai BSH, maka dibutuhkan suatu solusi dengan cara mempersingkat total waktu kerja *crane*. Penentuan alokasi *crane* akan berpengaruh terhadap waktu pelayanan bongkar muat pada suatu kapal, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi aturan alokasi *crane* pada kapal untuk melihat dampak aturan penugasan *crane* terhadap waktu kerja *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting untuk setiap *berth* dan setiap *crane*, mengetahui aturan pengalokasian *crane* pada tiap kapal pada kondisi eksisting, dan mengembangkan skenario perbaikan berupa alternatif aturan penugasan *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*. Metode yang digunakan adalah simulasi dengan skenario perbaikan berupa perubahan jumlah maksimal *crane* yang dialokasikan pada tiap *berth*. Skenario terpilih merupakan skenario yang menghasilkan rata-rata waktu kerja *crane* di *berth* terkecil.

Kata Kunci : *Quay Crane Assignment Problem*, Terminal Petikemas, Simulasi Arena

(halaman ini sengaja dikosongkan)

ASSIGNMENT AND DETERMINATION OF THE NUMBER OF CRANES RULE EVALUATION AT PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Name : Edwina Sevieria Ciptadewi
Student ID : 2512100033
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

ABSTRACT

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) provides container terminal facilities for the traders at the eastern regions of Indonesia. One of the vision of PT TPS is to give and ensure the services on time for its customers. In order to support their vision, PT TPS has to improve their services by doing loading and discharging container on time. Based on the data in observation period, there are some ships that had the BSH (Boxes Ships Hours) value below the target. In order to increase the BSH value, it needed a way to shorten the vessel service time. Crane allocation will affect the vessel service time. In this study, crane allocation rules will be evaluated to see the impact of the crane assignment rule to crane working time on each vessel at each berth. This study aims to evaluate the existing conditions, identify the crane allocation rules, and develop scenarios i.e the alternative of the crane assignment rules for each berth and each crane. The method used is the simulation with software Arena. In this study, the maximum number of crane that allocated on each vessel will be changed. The chosen scenario is the scenario that generates the smallest average of crane working time in each berth.

Key Words : Quay Crane Assignment Problem, Container Terminal, Simulation with Arena

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Terminal Peti Kemas	7
2.1.1 Peralatan Bongkar Muat Petikemas	8
2.1.2 Indikator Produktivitas Terminal Petikemas	9
2.2 <i>Quay Crane Allocation Problem</i>	9
2.3 Simulasi	10
2.4 Penelitian Terdahulu	12

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	15
3.2 Penjelasan <i>Flowchart</i>	16
3.2.1 Pengumpulan Data	16
3.2.2 Pengolahan Data.....	16
3.2.3 Pembuatan Model Konseptual	17
3.2.4 Pembuatan Model Simulasi.....	17
3.2.5 Verifikasi dan Validasi.....	17
3.2.6 Eksperimen.....	18
3.2.7 Analisis dan Kesimpulan.....	18
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	19
4.1 Deskripsi Aturan Alokasi <i>Berth</i> dan Penugasan <i>Quay Crane</i>	19
4.1.1 Elemen Sistem.....	21
4.1.2 <i>Performance Metric</i>	21
4.2 Perancangan Model Konseptual.....	21
4.2.1 Model Konseptual Alokasi <i>Berth</i>	22
4.2.2 Model Konseptual pada <i>Berth</i> Domestik	23
4.2.3 Model Konseptual pada <i>Berth</i> Internasional.....	27
4.3 Simulasi Kondisi Eksisting	41
4.4 Verifikasi Model	41
4.5 Validasi Model.....	43
4.6 Perhitungan Jumlah Replikasi.....	45
4.7 <i>Running</i> Model Simulasi Eksisting.....	46
4.8 Skenario Perbaikan.....	47
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5.1 Analisis <i>Running</i> Simulasi Kondisi Eksisting	51

5.2	Analisis Skenario Perbaikan	52
5.3	Pengaruh Kecepatan <i>Crane</i> dan Waktu Tunggu Truk.....	54
5.4	Pengaruh Peningkatan Tingkat Kedatangan Kapal	56
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		59
6.1	Kesimpulan.....	59
6.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		63
DAFTAR LAMPIRAN.....		65
Lampiran 1. Data Kapal Internasional		65
Lampiran 2. Data Kapal Domestik.....		67
Lampiran 3. Hasil <i>Running</i> Skenario		69
BIOGRAFI PENULIS		75

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produksi Petikemas di Indonesia pada Tahun 2005 – 2015 (sumber: UNCTAD, 2015).....	1
Gambar 2. 1 Ilustrasi Terminal Petikemas (Sumber: Steenken, 2004).....	8
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian (lanjutan).....	16
Gambar 4. 1 (a) Proses Bongkar Kargo pada PT TPS (b) Proses Muat Kargo pada PT TPS (sumber: PT TPS).....	19
Gambar 4. 2 Ilustrasi Letak <i>Berth</i> dan <i>Crane</i> pada PT TPS.....	20
Gambar 4. 3 <i>Flowchart</i> Alokasi <i>Berth</i>	22
Gambar 4. 4 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Domestik 3.....	24
Gambar 4. 5 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Domestik 2.....	26
Gambar 4. 6 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 1.....	28
Gambar 4. 7 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 2.....	30
Gambar 4. 5 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 2 (lanjutan).....	31
Gambar 4. 8 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 3.....	34
Gambar 4. 6 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 3 (lanjutan).....	35
Gambar 4. 9 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 4.....	38
Gambar 4. 7 Alur Penugasan <i>Crane</i> pada <i>Berth</i> Internasional 4 (lanjutan).....	39
Gambar 4. 10 Verifikasi Logika Model Simulasi.....	42
Gambar 4. 11 Verifikasi <i>Debug</i> pada Model Simulasi.....	42
Gambar 4. 12 Hasil Uji Hipotesis.....	45
Gambar 5. 1 Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> A) Domestik (B) Internasional.....	53
Gambar 5. 2 Pengaruh Kecepatan <i>Crane</i> terhadap Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i>	55
Gambar 5.3 Pengaruh Waktu Tunggu Truk Terhadap Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i>	56

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2 Posisi Penelitian	12
Tabel 4. 1 Distribusi dari Tiap Jenis Data.....	41
Tabel 4. 2 Data Eksisting Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i>	43
Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i>	43
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Uji Hipotesis Pada Tiap <i>Berth</i>	44
Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i>	45
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi Pada Tiap <i>Berth</i>	46
Tabel 4. 7 Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Dan Utilitas Tiap <i>Berth</i>	47
Tabel 4. 8 Utilitas <i>Crane</i> Hasil Simulasi Kondisi Eksisting.....	47
Tabel 4. 9 Desain Skenario	48
Tabel 4. 10 Hasil Simulasi Skenario Perbaikan.....	49
Tabel 4. 11 Rata-rata Hasil Simulasi Pada <i>Berth</i> Domestik dan Internasional.....	49

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

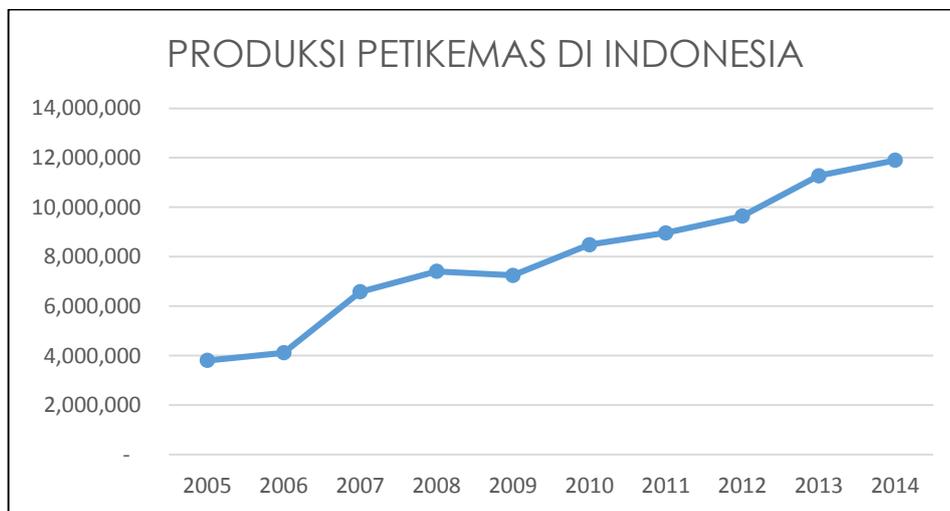
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan merupakan kunci untuk mendukung pertumbuhan ekonomi di suatu negara, termasuk Indonesia. Pelabuhan berfungsi menjadi pintu gerbang perdagangan internasional antara Indonesia dan negara lain. Hingga tahun 2014, terdapat 2.155 pelabuhan umum di Indonesia yang terdiri dari 114 pelabuhan di bawah pengoperasian PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) I, II, III, dan IV, pelabuhan non Pelindo mencapai 2041 unit, serta Terminal Khusus untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) mencapai 934 unit (PT Pelabuhan Indonesia III, 2014).



Gambar 1. 1 Produksi Petikemas di Indonesia pada Tahun 2005 – 2015 (sumber: UNCTAD, 2015)

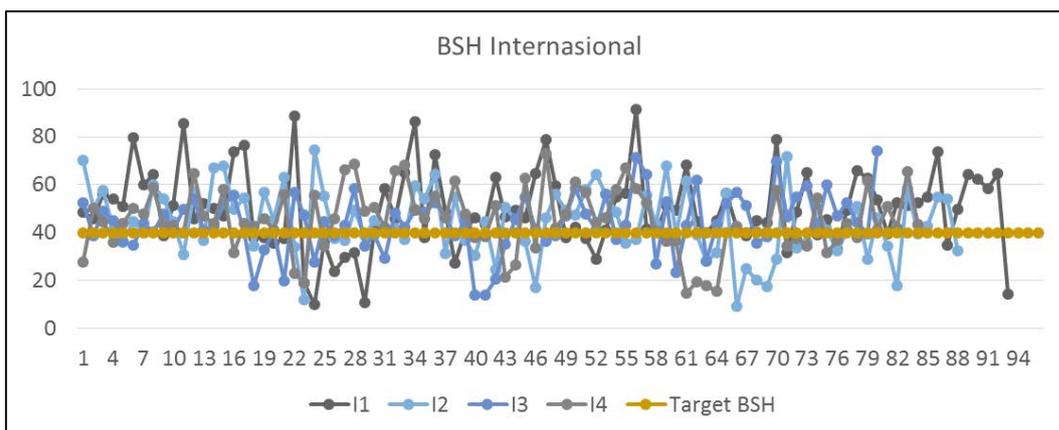
Salah satu pelayanan yang diberikan pelabuhan adalah layanan bongkar muat petikemas dan penanganan petikemas. Gambar 1.1 menunjukkan adanya peningkatan produksi petikemas di Indonesia tahun 2005-2014. Berdasarkan laporan tahunan PT Pelindo III tahun 2014 disebutkan bahwa rata-rata tingkat pertumbuhan produksi petikemas pada pelabuhan-pelabuhan di Indonesia sebesar

7,7%. PT Pelindo III memperkirakan produksi petikemas di Indonesia akan mencapai angka 9% dalam kurun waktu lima tahun ke depan.

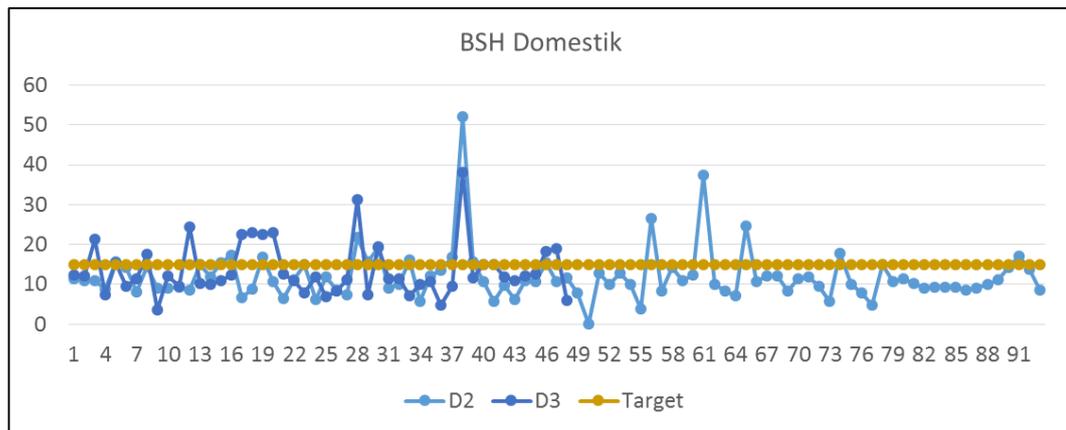
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan pelabuhan terbesar kedua di Indonesia yang sekaligus sebagai pintu gerbang kawasan Indonesia Timur (PT Pelabuhan Indonesia III, 2014). Berdasarkan data *International Association of Ports and Harbour* tahun 2014, Pelabuhan Tanjung Perak berada di urutan 46 dalam *Port League Top 50* dengan produksi petikemas sebanyak 3 juta TEUS.

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) merupakan salah satu anak perusahaan PT Pelindo III yang terletak di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. PT TPS bergerak di bidang penyediaan fasilitas terminal petikemas bagi pelaku usaha di wilayah Indonesia Timur. Salah satu visi PT Terminal Petikemas Surabaya (PT TPS) adalah “menyediakan dan memastikan bahwa layanan yang diberikan kepada para pelanggan, yaitu memuat dan membongkar petikemas tepat waktu dan terjadwal”. Untuk mendukung visi tersebut, perusahaan terus berusaha meningkatkan layanan dalam hal waktu bongkar muat.

PT TPS memiliki target mutu berupa tingkat BSH (*Boxes Ships Hours*) yaitu banyaknya kontainer yang dibongkar dan/atau dimuat pada satu buah kapal dalam waktu 1 jam. Semakin tinggi nilai BSH, maka semakin cepat waktu pelayanan pada suatu kapal. PT TPS memiliki target BSH sebesar 40 untuk kapal internasional dan 15 untuk kapal domestik.



(a)



(b)

Gambar 1. 2 *Boxes Ships Hours* (A) *Berth* Internasional, (B) *Berth* Domestik

Gambar 1.2 menunjukkan tingkat BSH pada setiap *berth* dari bulan September hingga Desember 2015. Pada Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *berth* yang masih di bawah target BSH PT TPS. Perhitungan BSH didapatkan dari total pergerakan *crane* dibagi dengan waktu kerja *crane* pada tiap kapal. Untuk meningkatkan nilai BSH, maka dibutuhkan suatu solusi dengan cara mempersingkat waktu pelayanan kapal. Waktu pelayanan kapal terbagi menjadi *berthing time*, *berthing working time*, *not operation time*, *effective time* dan *idle time* (Supriyono, 2013).

Quay Cranes (QC) adalah peralatan yang berperan penting sekaligus merupakan peralatan termahal pada terminal peti kemas. QC berfungsi untuk memindahkan kontainer dari kapal menuju truk dan sebaliknya. Kinerja *crane* akan sangat memengaruhi *throughput* kontainer dan efisiensi waktu pelayanan bongkar muat (Meisel, 2011). PT TPS memiliki 9 *crane* untuk *berth* internasional dan 3 *crane* untuk *berth* domestik, dimana terdapat 4 *berth* internasional dan 2 *berth* domestik. Pada kondisi ideal, tiap kapal dialokasikan maksimal 3 buah *quay crane*. Permasalahan dalam alokasi *quay crane* adalah *crane* hanya dapat bergeser secara horizontal dan tidak diperkenankan melintasi satu sama lain.

Penentuan alokasi *crane* akan berpengaruh terhadap waktu pelayanan bongkar muat pada suatu kapal, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi aturan alokasi *crane* pada kapal untuk melihat dampak aturan alokasi *crane* terhadap waktu kerja *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*. Metode simulasi

digunakan karena adanya variabilitas pada proses kedatangan kapal, jumlah muatan, waktu bongkar muat dan adanya keterkaitan antara penugasan *crane* terhadap waktu pelayanan bongkar muat. Metode simulasi mampu membantu perusahaan untuk meningkatkan pelayanan pada proses bongkar muat.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan evaluasi kondisi eksisting dari tiap *berth* dan tiap *crane*, bagaimana mengetahui aturan pengalokasian *crane* pada tiap kapal pada kondisi eksisting dan bagaimana mengembangkan skenario berupa alternatif aturan penugasan *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Melakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting untuk setiap *berth* dan setiap *crane*.
2. Mengetahui aturan pengalokasian *crane* pada tiap kapal pada kondisi eksisting.
3. Mengembangkan skenario perbaikan berupa alternatif aturan penugasan *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*.
4. Melakukan analisis sensitivitas pada skenario terpilih.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan ini adalah perusahaan mendapatkan hasil evaluasi kondisi eksisting dan rekomendasi aturan penugasan *crane*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pada bab ini dijelaskan mengenai batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem yang diamati hanya pada bagian *quay side* (dermaga).

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tidak ada perubahan jumlah *crane* pada kondisi eksisting,
2. Keandalan *crane* pada tiap *berth* internasional dianggap sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan penelitian tugas akhir.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang yang melandasi penelitian, tujuan yang akan dicapai, manfaat penelitian bagi perusahaan, batasan dan asumsi serta sistematika laporan resmi tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang menjadi landasan dan pendukung pokok bahasan dalam penyelesaian masalah pada penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan..

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan mengenai data-data yang telah dikumpulkan dan diolah dalam penelitian. Pada bab ini dilakukan pengolahan data, *fitting distribution* dan pembuatan model konseptual dan model simulasi pada *software* Arena.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai analisis kondisi eksisting, analisis skenario yang dilakukan, analisis skenario terbaik dan analisis uji sensitivitas.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan berdasarkan analisis data yang telah dilakukan sebelumnya serta dilakukan pemberian saran perbaikan untuk penelitian berikutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan untuk mendukung penelitian ini.

2.1 Terminal Peti Kemas

Pelabuhan merupakan pintu gerbang untuk masuk ke suatu daerah dan merupakan prasarana penghubung antar daerah, antar pulau dan antar negara (Triatmodjo, 2009). Berdasarkan UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, pengertian pelabuhan adalah sebagai tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat berkegiatan pemerintah dan kegiatan perusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi.

Terminal petikemas adalah sebuah fasilitas pelabuhan yang berfungsi sebagai penghubung antara transportasi laut dan darat. Terminal petikemas memuat petikemas ekspor ke dalam kapal dan menurunkan petikemas impor untuk diambil oleh penerima. Terminal petikemas juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan petikemas sementara.

Zeng dan Hsu (2007) membagi operasi inti pada terminal petikemas menjadi 3 (tiga) proses inti, yaitu sebagai berikut.

1. *Quay Area Operations*

Merupakan proses *loading* dan *unloading* petikemas dari/ke dalam kapal dengan menggunakan *Quay Cranes* (QC).

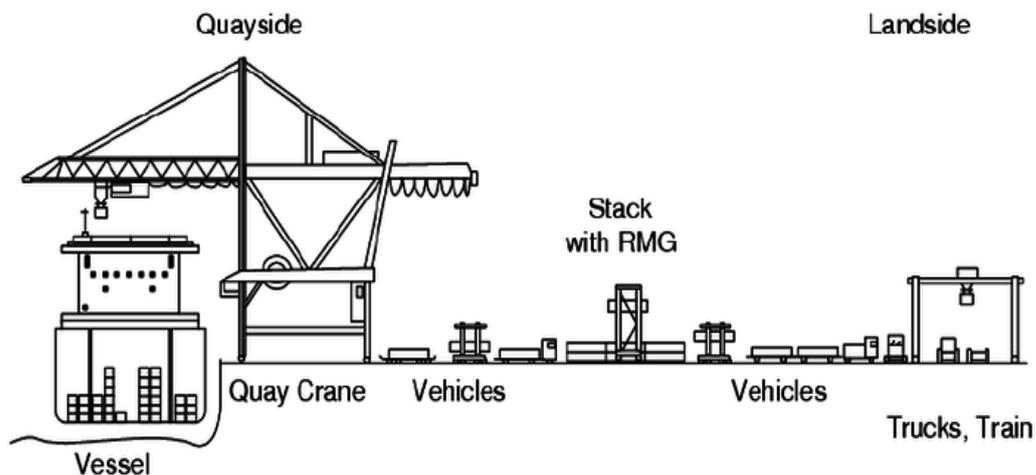
2. *Transfer Operations*

Merupakan proses pemindahan petikemas dari lapangan penumpukan petikemas (*container yard*) menuju dermaga dan sebaliknya dengan

menggunakan kendaraan pembawa petikemas, contohnya adalah truk atau AGV (*Automated Guided Vehicle*).

3. *Yard Area Operations*

Merupakan proses penumpukan dan pengambilan petikemas di lapangan penumpukan petikemas dengan menggunakan RTGC (*Rubber Tyred Gantry Crane*) atau RMGC (*Rail Mounted Gantry Crane*).



Gambar 2. 1 Ilustrasi Terminal Petikemas (Sumber: Steenken, 2004)

2.1.1 **Peralatan Bongkar Muat Petikemas**

Berikut merupakan peralatan utama yang digunakan pada proses bongkar muat:

1. *Quay Crane* atau *Container Crane* (CC) digunakan untuk memindahkan kontainer dari atau ke kapal.
2. *Transtainer* atau *Rubber Tyre Gantry Crane* (RTG) merupakan *crane* yang berada di lapangan penumpukan petikemas untuk memindahkan petikemas dari lapangan ke truk dan sebaliknya.
3. *Head Truck* dan *Chasis* bertugas mengantarkan kontainer dari dermaga menuju lapangan penumpukan petikemas dan sebaliknya.

2.1.2 Indikator Produktivitas Terminal Petikemas

Indikator yang digunakan untuk mengukur produktivitas terminal dalam melakukan proses bongkar muat diantaranya sebagai berikut:

1. *Box Crane per Hour* (BCH) yaitu banyaknya kontainer yang diangkut dengan satu buah *crane* dalam waktu 1 jam. PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki target BCH sebesar 25 untuk kapal internasional dan 18 untuk kapal domestik.
2. *Box Ship per Hour* (BSH) yaitu banyaknya kontainer yang dibongkar dan/atau dimuat pada satu buah kapal dalam waktu 1 jam. Semakin tinggi BSH menunjukkan waktu pelayanan sebuah kapal semakin cepat. PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki target BSH sebesar 40 untuk kapal internasional dan 15 untuk kapal domestic.
3. *Turn Around Time* (TRT) yaitu waktu yang diperlukan sebuah kapal dalam melakukan proses bongkar muat petikemas, dimulai dari kedatangan kapal hingga kapal meninggalkan terminal.
4. *Berth Occupancy Ratio* (BOR) merupakan indikator pemanfaatan dermaga yang menyatakan tingkat pemakaian dermaga terhadap waktu. BOR memberikan informasi mengenai seberapa padat arus kapal yang bersandar dan melakukan kegiatan bongkar muat di dermaga.

2.2 Quay Crane Allocation Problem

Quay Cranes (QC) adalah peralatan yang berperan penting sekaligus merupakan peralatan termahal pada terminal peti kemas. *Quay Crane Assignment Problem* (QCAP) merupakan suatu permasalahan bagaimana mengalokasikan *crane* pada tiap *berth* dan bagaimana memindahkan *crane* dari *berth* satu ke *berth* yang lain (Imai, et al., 2008). Permasalahan dalam alokasi quay *crane* adalah *crane* hanya dapat bergeser secara horizontal dan tidak diperkenankan melintasi satu sama lain.

Frank (2009) menjelaskan bahwa pengambilan keputusan pada Quay Crane Assignment Problem (QCAP) terbagi menjadi 2, yaitu menentukan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal dan menentukan *crane* khusus yang membuat set alokasi *crane*. Junliang (2016) menyatakan bahwa permasalahan alokasi *berth*

dan penugasan quay *crane* terkait satu dengan yang lain. Waktu turn around kapal pada *berth* tergantung pada jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal tersebut dan penugasan *crane* pada tiap kapal tergantung pada posisi sandar.

2.3 Simulasi

Berdasarkan *Oxford American Dictionary* (1980), simulasi merupakan suatu metode untuk membuat ulang sebuah situasi yang dapat dikatakan sebagai model untuk sebagai pembelajaran atau pengetesan. Simulasi banyak digunakan karena dapat menghindari pengeluaran biaya yang tinggi, tidak memakan waktu yang lama dan tidak merusak kondisi eksisting dari suatu sistem yang diuji. Simulasi juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah hasil yang diberikan bukan hasil yang optimal. Selain itu, input pada simulasi bersifat *random* yang menyebabkan hasil simulasi juga bersifat *random* (RIRO).

Simulasi merupakan model tiruan dari suatu sistem. Kelton (2003) menjelaskan bahwa sistem terdiri dari entitas, atribut, variabel, *resources*, *events*, *statistical accumulators*, *queue* dan *activity*.

1. Entitas

Entitas merupakan obyek yang akan diproses dan dapat berinteraksi dengan entitas lain dalam sistem. Suatu sistem mungkin untuk memiliki entitas yang dapat bergerak terus menerus

2. Atribut

Atribut merupakan pembeda yang menjadi identitas untuk membedakan antara satu entitas dengan entitas lain. Menurut Altiok (2001), atribut merupakan tempat penyimpanan data obyek yang terasosiasi dengan entitas.

3. Variabel

Variabel adalah kumpulan informasi yang menggambarkan keadaan yang ada pada sistem. Secara umum terdapat tiga jenis variabel pada simulasi.

- Variable keputusan adalah *independent variable* pada suatu sistem yang dapat dikontrol. Perubahan nilai variabel tersebut dapat mengakibatkan perubahan pada keseluruhan sistem.

- Variabel respon adalah *dependent variable* pada sistem yang berfungsi sebagai tolak ukur kinerja sistem. Nilai *response variable* dipengaruhi oleh nilai *decision variable*.
- *State variable* adalah status dari sistem pada waktu tertentu. Pada umumnya *response variable* adalah kumpulan dari *state variable* yang berubah sepanjang waktu.

4. *Resources*

Resources adalah suatu objek atau peralatan yang digunakan dalam melakukan suatu aktivitas. Sumber daya biasanya memiliki karakteristik berupa kapasitas, kecepatan, *cycle time*, dan *reliability*.

5. *Events*

Events merupakan kejadian yang terjadi selama berjalannya sistem yang akan mengubah atribut, variabel dan *statistical accumulators*.

6. *Statistical Accumulators*

Statistical Accumulators digunakan untuk mengukur performa dari sistem yang berjalan. Contoh dari *Statistical Accumulators* diantaranya adalah jumlah *parts* yang telah diproduksi pada satuan waktu tertentu, total waktu tunggu antrian, dan total waktu proses suatu *parts*.

7. *Queue*

Queue atau antrian dapat disebabkan oleh penggunaan *resources* yang terbatas. Hal tersebut menyebabkan entitas tidak dapat berpindah karena menunggu *resource*.

8. *Activity*

Activity merupakan kegiatan yang dilakukan entitas dalam waktu tertentu dalam sistem.

Kelton (2003) mendefinisikan langkah-langkah dalam simulasi yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah dan tujuan pada sistem;
2. Pembuatan model konseptual yang menggambarkan sistem yang sebenarnya;
3. Pembuatan model pada *software* berdasarkan model konseptual;

4. Verifikasi model untuk mengetahui apakah model simulasi telah sesuai dengan model konseptual;
5. Validasi model untuk mengetahui apakah hasil simulasi sama dengan kondisi yang sebenarnya;
6. *Running* model dengan jumlah replikasi;
7. Analisis hasil dengan metode statistik.

2.4 Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penelitian terdahulu mengenai penjadwalan operator di pelabuhan petikemas. Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi untuk pengerjaan penelitian saat ini. Penjabaran penelitian terdahulu untuk mengetahui posisi penelitian saat ini. Berikut merupakan posisi penelitian dan penelitian terdahulu yang disajikan pada tabel 2.1

Giallombardo et al (2008) melakukan alokasi *berth* dan penugasan *crane*. Pada penelitian tersebut, penulis melakukan mulai penjadwalan posisi kapal hingga mengalokasikan *crane* pada jumlah tertentu. Metode yang digunakan adalah *mixed integer quadratic program*.

Imai et al (2007) melakukan perencanaan alokasi kapal pada *berth* dan alokasi *crane* pada kapal yang bertujuan untuk meminimumkan waktu *handling* kontainer dan waktu tunggu.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai aturan alokasi *crane* pada kapal dan penentuan jumlah *crane* dengan menggunakan metode simulasi. Pada penelitian ini memungkinkan kapal dilayani oleh *crane* yang berbeda saat berganti shift. Skenario perbaikan yang diterapkan adalah alternatif penugasan *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

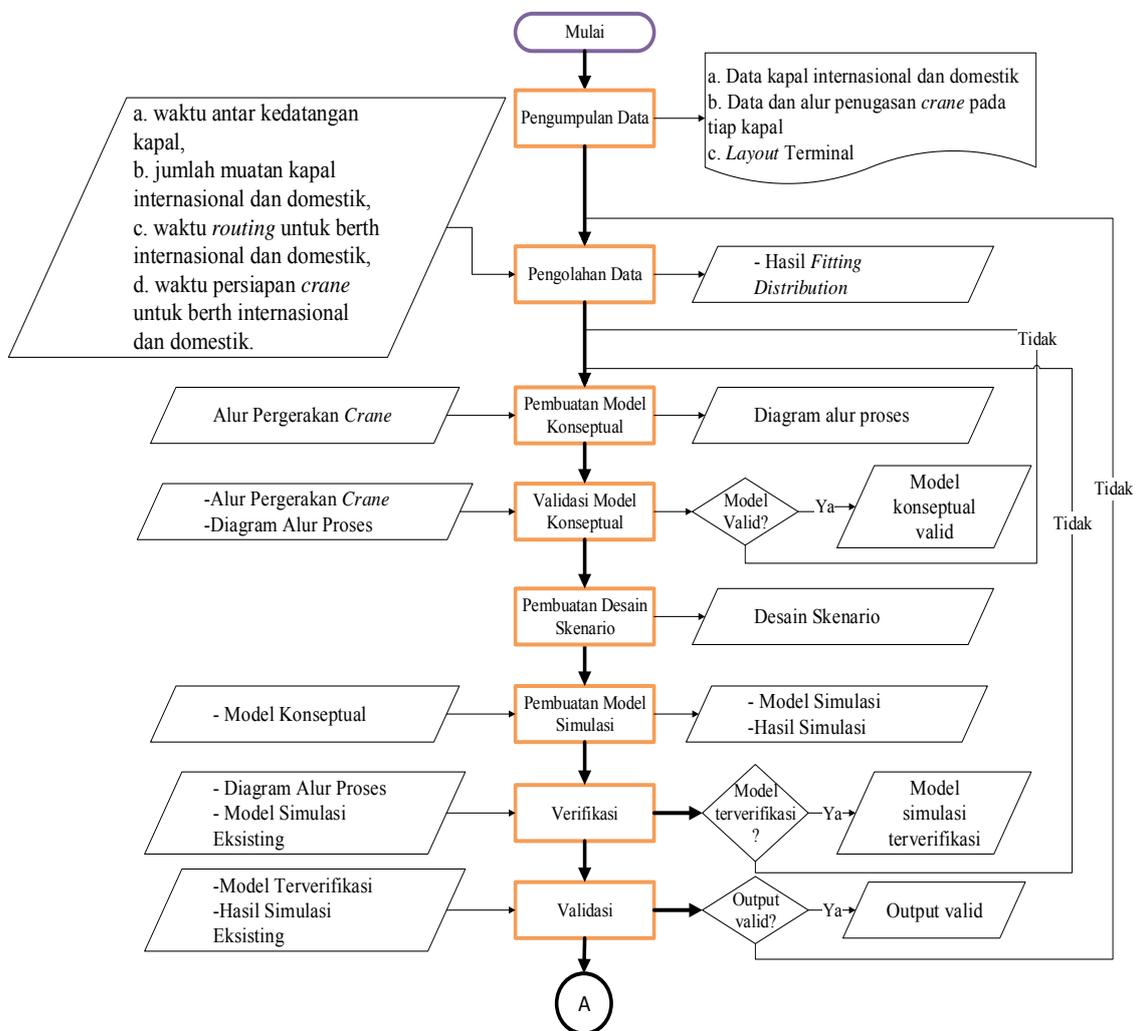
No	Judul	Alokasi <i>Berth</i>	Aturan Alokasi <i>Crane</i> pada Kapal	Penentuan jumlah <i>crane</i>	Pergantian <i>Crane</i> pada Tiap Shift	
1	The Tactical <i>Berth</i> Allocation Problem With Quay <i>Crane</i> Assignment And Transshipment-Related Quadratic Yard Costs (Giallombardo et al, 2008)	v	v			mixed integer quadratic program
2	The simultaneous <i>berth</i> and quay <i>crane</i> allocation problem (Imai et al, 2007)	v	v	v		Heuristik
3	Evaluasi Aturan Penugasan dan Penentuan Jumlah <i>Crane</i> Pada PT Terminal Petikemas Surabaya (Seviera, 2016)	v	v	v	v	Simulasi

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

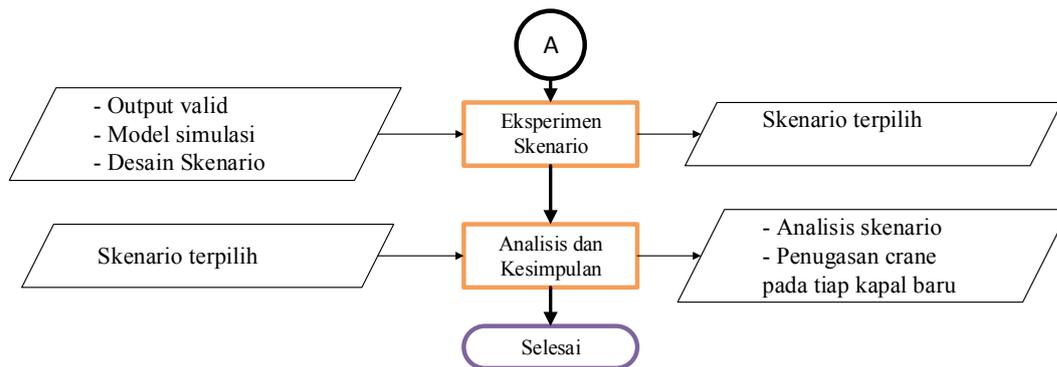
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang akan dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini.

3.1 *Flowchart Penelitian*

Berikut merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 3. 1 *Flowchart Penelitian*



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian (lanjutan)

3.2 Penjelasan *Flowchart*

Berikut merupakan penjelasan dari langkah-langkah pada *flowchart* yang tertera pada sub bab sebelumnya.

3.2.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data-data sekunder dan wawancara pada pihak-pihak terkait. Data-data yang dibutuhkan diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Data kapal internasional dan domestik, yang terdiri dari
 - Detail dan jenis kapal
 - Waktu kedatangan kapal
 - Waktu *Pilot on Board* (*tug boat* mengantar kapal menuju *berth*),
 - *Berthing time*
 - Jumlah muatan kapal
- b. Data dan alur penugasan *crane* pada tiap kapal
- c. *Layout* Terminal PT TPS

3.2.2 Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pengolahan data yang akan digunakan sebagai input dalam model simulasi. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan *software* Input Analyzer. *Fitting* distribusi dilakukan untuk

mengetahui distribusi yang dibentuk oleh pola data yang telah diperoleh. *Fitting* distribusi dilakukan pada data-data berikut

- a. Waktu antar kedatangan kapal,
- b. Jumlah muatan kapal internasional dan kapal domestik,
- c. Waktu *routing* untuk *berth* internasional dan *berth* domestik,
- d. Waktu persiapan *crane* untuk *berth* internasional dan *berth* domestik.

3.2.3 Pembuatan Model Konseptual

Model konseptual dibuat berdasarkan kondisi eksisting pada sistem. Model konseptual pada penelitian ini dimulai dari proses kapal datang dan alokasi *berth*, alokasi *crane* pada tiap *berth*, hingga kapal meninggalkan *berth* pada PT Terminal Petikemas Surabaya. Model konseptual nantinya akan menjadi dasar untuk pembuatan model simulasi pada *software* Arena. Selanjutnya dilakukan validasi antara model konseptual dan sistem aturan penugasan *crane* kondisi eksisting.

3.2.4 Pembuatan Model Simulasi

Sebelum dilakukan pembuatan model simulasi, dilakukan pembuatan desain skenario. Model simulasi dibuat dengan *software* ARENA berdasarkan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Input data yang digunakan adalah hasil *fitting* distribusi.

3.2.5 Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model simulasi pada sistem eksisting. Verifikasi dapat dilakukan dengan melakukan *debug* model simulasi dalam *software* untuk mengetahui adanya notasi yang *error*. Verifikasi juga dilakukan dengan membandingkan model Arena apakah telah sesuai dengan model konseptual (*flowchart*).

Validasi dilakukan untuk membandingkan sistem yang sebenarnya dan sistem dalam model Arena. Validasi dilakukan dengan membandingkan *output* sistem yang sebenarnya dengan hasil simulasi Arena. Pada model simulasi

penugasan *crane* ini, *output* yang dihasilkan yaitu berupa rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap *berth*.

3.2.6 Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan simulasi dengan beberapa skenario pada sistem yang terverifikasi sebelumnya. Eksperimen dilakukan untuk membandingkan *output* dari skenario tersebut dengan kondisi eksisting. Pada penelitian ini, skenario perbaikan yang digunakan adalah mengubah maksimal jumlah *crane* yang digunakan pada tiap *berth*. *Output* dari tiap skenario akan dibandingkan dan akan dilakukan pemilihan skenario terbaik.

3.2.7 Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil simulasi kondisi eksisting dan hasil simulasi skenario. Pada penelitian ini, ukuran performansi yang digunakan adalah rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*. Kemudian dilakukan pengambilan kesimpulan berupa rekomendasi aturan penugasan *crane* yang baru serta dilakukan pemberian saran perbaikan untuk penelitian berikutnya.

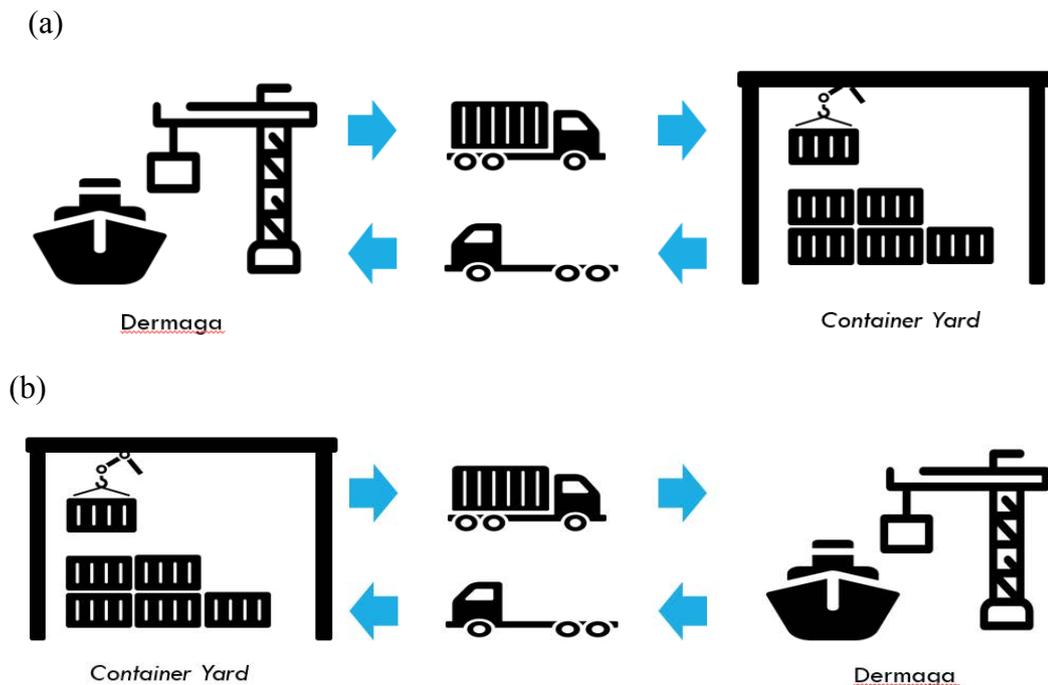
BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data terkait proses penelitian, yaitu model konseptual penugasan *crane*, model simulasi eksisting, verifikasi, validasi dan penentuan replikasi, serta skenario yang digunakan pada penelitian ini.

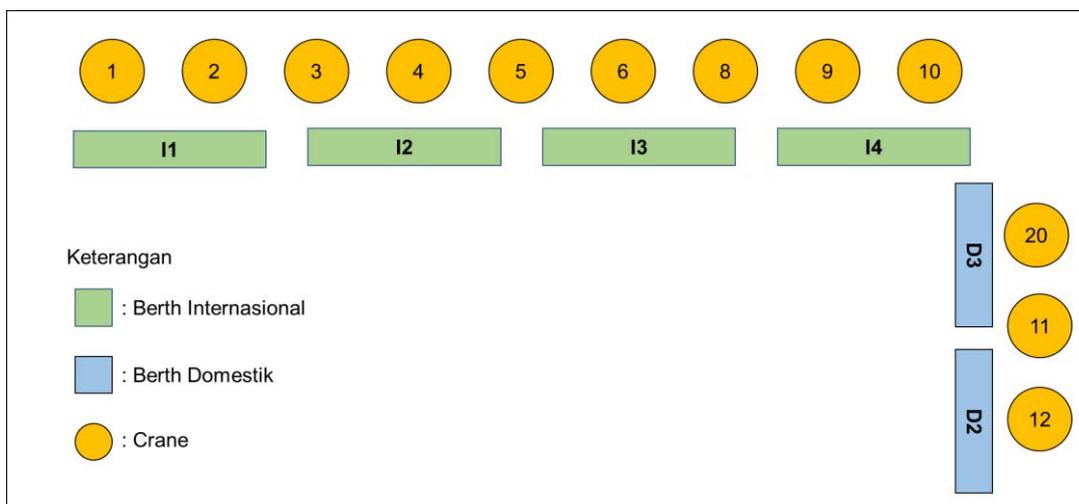
4.1 Deskripsi Aturan Alokasi *Berth* dan Penugasan *Quay Crane*

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) merupakan salah satu anak perusahaan PT Pelindo III yang bergerak di bidang penyediaan fasilitas terminal petikemas. Salah satu layanan yang disediakan oleh PT Terminal Petikemas Surabaya adalah layanan bongkar dan muat petikemas. PT TPS menetapkan sistem pengaturan jadwal kerja menjadi 3 shift dengan masing-masing 8 jam pada tiap shiftnya. Berikut merupakan proses bongkar/muat petikemas pada PT TPS.



Gambar 4. 1 (a) Proses Bongkar Kargo pada PT TPS (b) Proses Muat Kargo pada PT TPS (sumber: PT TPS)

Gambar 4.1 menunjukkan proses bongkar dan muat pada PT TPS. Pada proses bongkar, kontainer dipindahkan dari kapal ke *chasis* dengan menggunakan *container crane* atau *quay crane*. Setelah kontainer diletakkan di *head truck*, kemudian kontainer dibawa menuju *container yard*. Pada *container yard* terdapat proses *stacking* kontainer dengan menggunakan RTG. Setelah proses *stacking* selesai, *head truck* kembali ke dermaga untuk mengambil kontainer bongkar selanjutnya. Pada proses muat berlaku juga sebaliknya.



Gambar 4. 2 Ilustrasi Letak *Berth* dan *Crane* pada PT TPS

Quay Crane merupakan salah satu peralatan yang berperan penting pada proses bongkar muat yang berfungsi untuk memindahkan kontainer dari kapal menuju truk dan sebaliknya. Perencanaan alokasi *quay crane* dibuat oleh *berth planner* saat pemilik kapal melakukan *pross booking* jadwal, yaitu 3 hari sebelum kedatangan kapal. Gambar 4.2 merupakan ilustrasi letak *berth* dan *crane* pada PT TPS. PT TPS memiliki 4 *berth* untuk kapal internasional, yaitu *berth* internasional 1 (I1), I2, I3 dan I4, serta 2 *berth* untuk kapal domestik, yaitu Domestik 3 (D3) dan D2. Tiap *berth* hanya dapat digunakan untuk 1 kapal.

PT TPS memiliki 9 *crane* untuk *berth* internasional dan 3 *crane* untuk *berth* domestik. Pada kondisi ideal, tiap kapal dialokasikan 3 buah *quay crane*. *Crane* hanya dapat bergerak dengan bergeser, sehingga kombinasi *crane* yang digunakan hanya dengan *crane* yang berada di kanan atau kirinya. Penugasan

kombinasi *crane* akan mempengaruhi waktu kerja *crane* pada tiap kapal di tiap *berth* nya. Pada kondisi eksisting, apabila sisa waktu di *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 1 buah *crane* sedangkan apabila sisa waktu di *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 3 buah *crane* untuk *berth* internasional dan 2 untuk *berth* domestik.

Berikut merupakan identifikasi terhadap elemen-elemen sistem pada sistem alokasi *berth* dan penugasan *crane* pada tiap kapal.

4.1.1 Elemen Sistem

Elemen pada sistem terdiri dari entitas, variabel, *resources* dan *activity*. Berikut merupakan elemen-elemen sistem pada penugasan *crane* adalah:

- 1) Entitas : muatan kapal
- 2) Variabel pada sistem terbagi menjadi 3, yaitu variabel keputusan, variabel respon dan variabel status.
 - Variable keputusan: kombinasi *crane* yang digunakan;
 - Variabel respon: waktu kerja *crane* tiap kapal di tiap *berth*;
 - *State variable*: status availabilitas *berth* dan status availabilitas *crane*.
- 3) *Resources*: *berth* dan *crane*.
- 4) *Activity*: pemilihan *berth* dan pemilihan *crane* pada tiap kapal.
- 5) *Control*: aturan penugasan *crane*.

4.1.2 Performance Metric

Performance metric digunakan untuk mengukur performansi dari sistem yang berjalan. *Performance metric* pada penelitian ini adalah rata-rata waktu kerja *crane*. Waktu kerja *crane* dimulai ketika *crane* mengangkat kontainer pertama hingga kapal meninggalkan *berth* dan proses bongkar muat selesai.

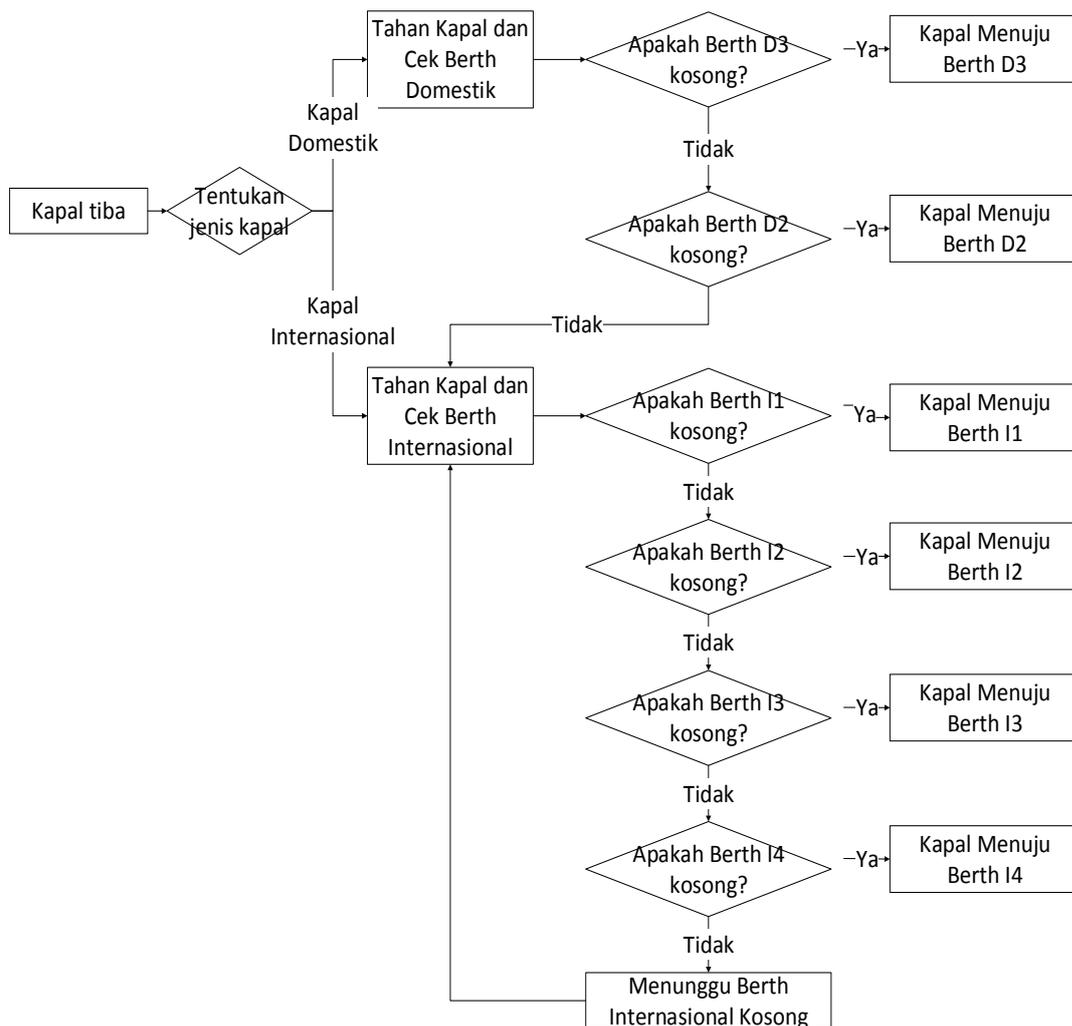
4.2 Perancangan Model Konseptual

Model konseptual dibuat berdasarkan kondisi eksisting pada sistem dan menjadi dasar untuk pembuatan model simulasi pada *software* Arena. Model

konseptual pada penelitian ini dimulai dari proses kapal datang dan alokasi *berth*, alokasi *crane* pada tiap *berth*, hingga kapal meninggalkan *berth*.

4.2.1 Model Konseptual Alokasi *Berth*

Berikut merupakan *flowchart* alokasi *berth* untuk tiap kedatangan kapal.



Gambar 4. 3 *Flowchart* Alokasi *Berth*

Pada tahap ini dimulai dari kedatangan kapal di *pilot station*. Kapal yang datang dibedakan berdasarkan jenis kapal, yaitu kapal internasional dan kapal domestik. Pembagian dilakukan berdasarkan data historis pada bulan Oktober

hingga Desember 2015, di mana kapal domestik sebanyak 38.73% dan kapal internasional sebanyak 61.27%. Tiap *berth* hanya dapat digunakan untuk 1 kapal.

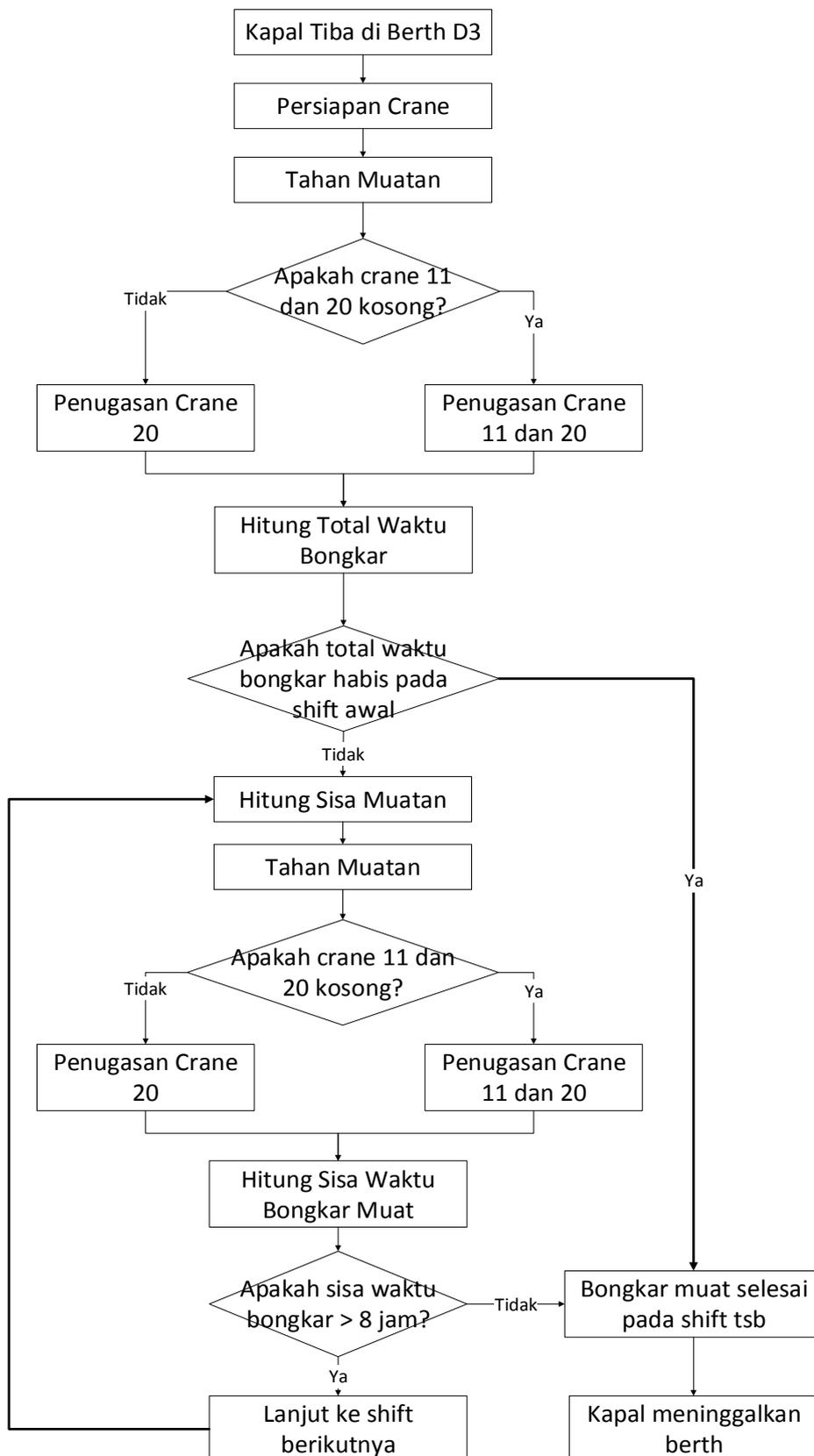
Untuk kedatangan kapal domestik, dilakukan pengecekan kondisi *berth* domestik. Kapal akan lanjut saat kondisi *berth* Domestik 3 (D3) atau *berth* Domestik 2 (D2) kosong. Apabila *berth* domestik penuh dan terdapat *berth* kosong pada *berth* internasional, maka kapal domestik diperbolehkan bersandar di *berth* internasional. Untuk kedatangan kapal internasional, dilakukan pengecekan kondisi *berth* internasional. Terdapat 4 *berth* yang tersedia untuk kapal internasional, yaitu *berth* Internasional 1 (I1) hingga I4. Kapal akan lanjut saat kondisi I1 atau I2 atau I3 atau I4 kosong. Apabila semua *berth* penuh, kapal akan menunggu sampai kondisi salah satu *berth* internasional kosong. Pada tahap ini, waktu yang diperlukan adalah waktu *routing* atau waktu kapal menuju ke tiap *berth*. Waktu *routing* diperoleh dari data waktu *berthing* dikurangi waktu saat *tug boat* tiba di *pilot station*.

4.2.2 Model Konseptual pada *Berth* Domestik

PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki 2 *berth* untuk kapal domestik, yaitu *berth* domestik 3 (D3) dan domestik 2 (D2). Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penugasan *crane* pada tiap *berth* domestik.

4.2.2.1 Penugasan Crane pada *Berth* Domestik 3

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Domestik 3 (D3).



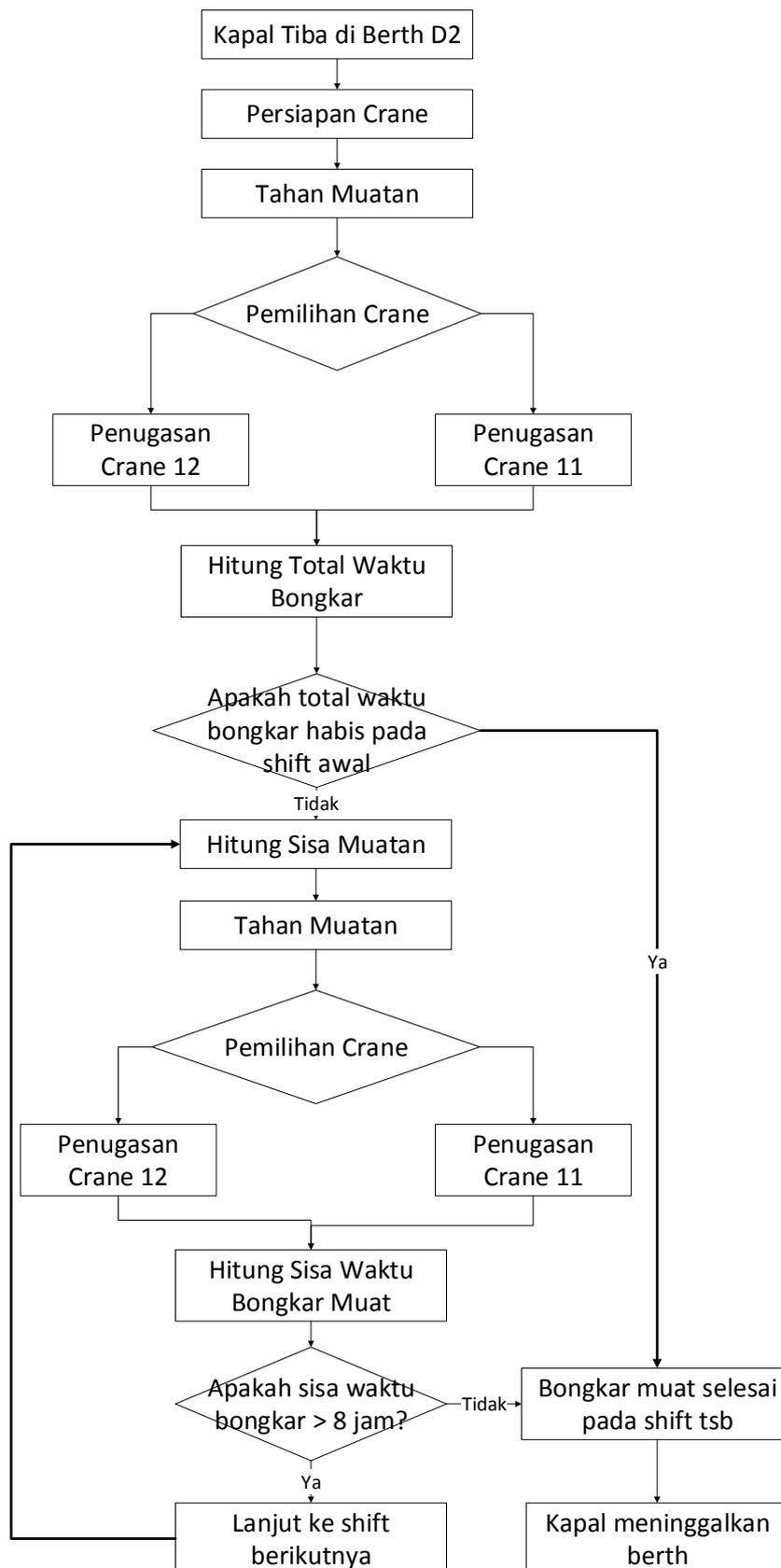
Gambar 4. 4 Alur Penugasan Crane pada Berth Domestik 3

Setelah kapal tiba di *berth* Domestik 3 (D3), dilakukan persiapan *crane*. Waktu persiapan *crane* didapatkan dari waktu angkat *crane* pertama (*first lift*) dikurangkan dengan waktu berlabuh (*berthing time*). Kemudian muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan *crane* kosong terlebih dahulu. Apabila *crane* 11 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 11 dan *crane* 20. Apabila *crane* 11 digunakan oleh *berth* lain, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 20. Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Total waktu bongkar dipengaruhi oleh jumlah muatan yang tiba dan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya.

Setelah memasuki *shift* berikutnya, muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan kembali apakah *crane* 11 atau *crane* 20 kosong. Apabila *crane* 11 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 11 dan *crane* 20. Apabila *crane* 11 sibuk, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 20. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Sisa waktu bongkar muat dipengaruhi oleh sisa jumlah muatan dan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.2.2.2 Penugasan Crane pada Berth Domestik 2

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Domestik 2 (D2).



Gambar 4. 5 Alur Penugasan Crane pada Berth Domestik 2

Setelah kapal tiba di *berth* Domestik 2 (D2), dilakukan persiapan *crane*. Waktu persiapan *crane* didapatkan dari waktu angkat *crane* pertama (*first lift*) dikurangkan dengan waktu berlabuh (*berthing time*). Kemudian muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan *crane* kosong terlebih dahulu. Pada *berth* D2, kapal akan dilayani oleh *crane* 11 atau *crane* 12. Apabila *crane* 11 atau *crane* 12 sedang sibuk, maka muatan akan ditahan. Pada data eksisting, *crane* 11 dan *crane* 12 dipakai bergantian karena keandalan *crane* yang rendah. Pada model, keandalan kedua *crane* tersebut digambarkan dengan persentase, yaitu 66.2% untuk *crane* 11 dan 33.8% untuk *crane* 12. Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Total waktu bongkar dipengaruhi oleh jumlah muatan yang tiba dan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya.

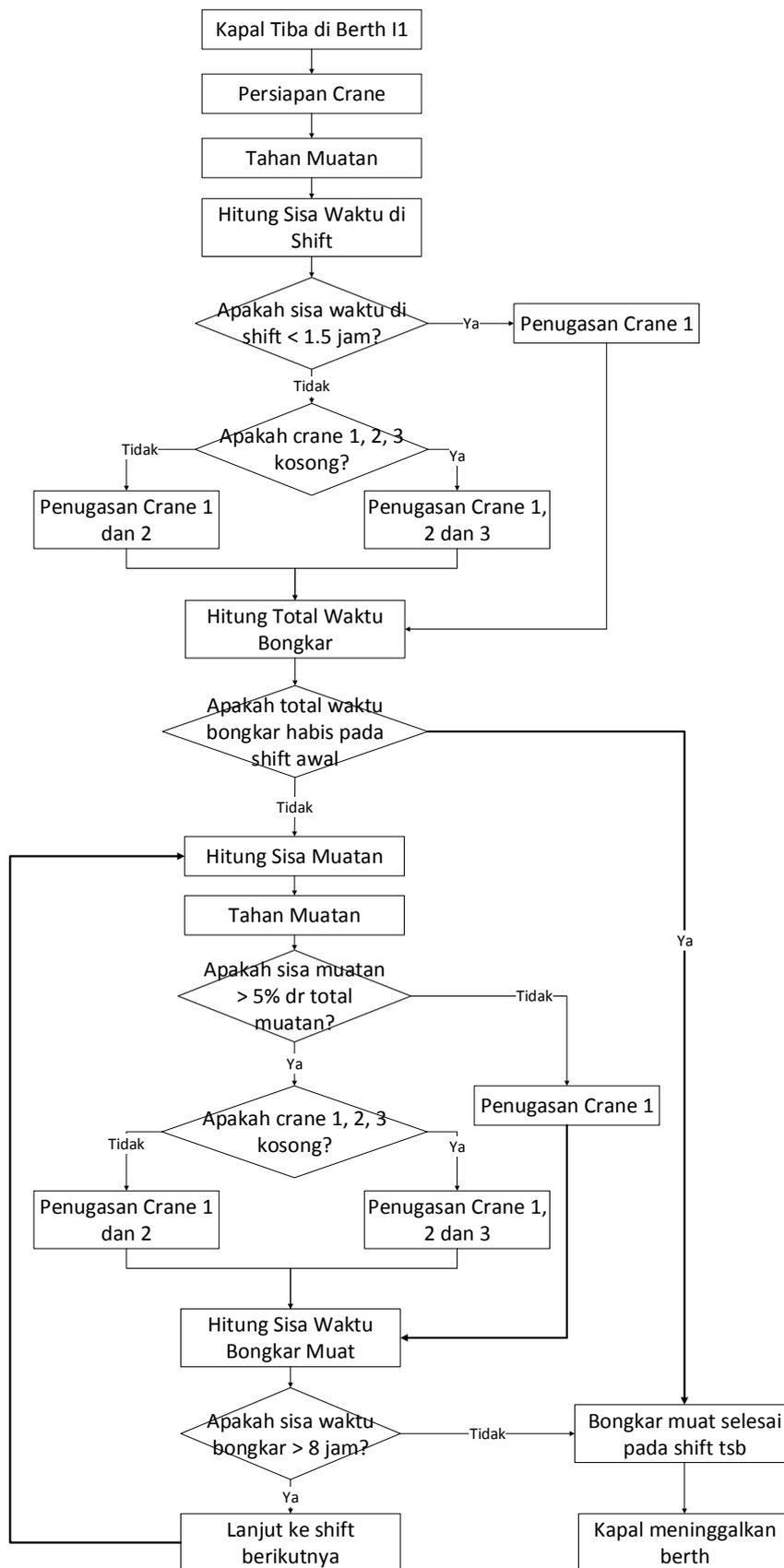
Setelah memasuki *shift* berikutnya, muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan kembali apakah *crane* 11 atau *crane* 12 kosong. Pada *shift* berikutnya, pemilihan *crane* sama dengan *shift* awal, yaitu berdasarkan persentase. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Sisa waktu bongkar muat dipengaruhi oleh sisa jumlah muatan dan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.2.3 Model Konseptual pada *Berth* Internasional

PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki 4 *berth* Internasional, yaitu *berth* Internasional 1 (I1), I2, I3 dan I4. Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penugasan *crane* pada tiap *berth* Internasional.

4.2.3.1 Penugasan Crane pada *Berth* Internasional 1

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Internasional 1 (I1)



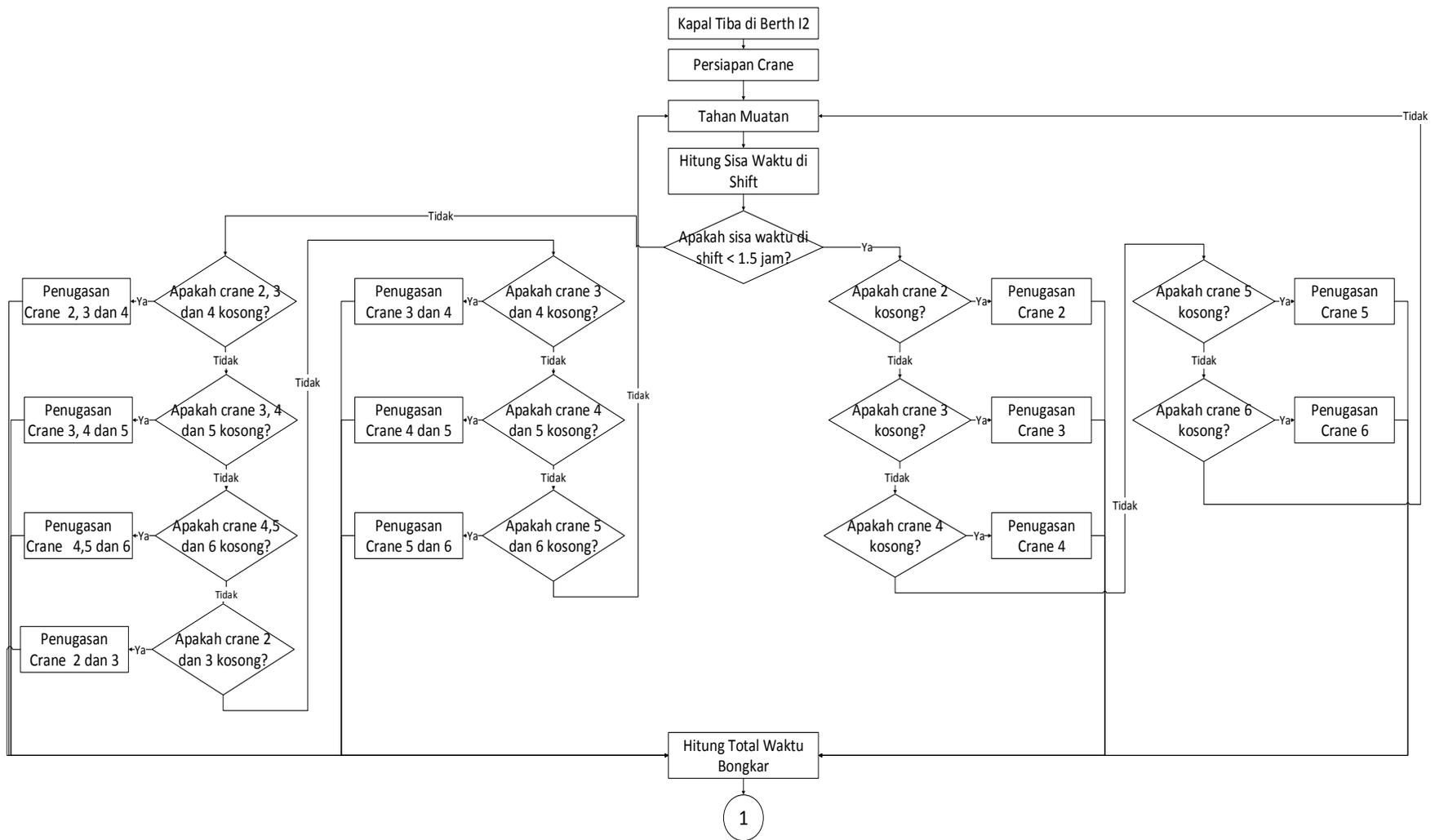
Gambar 4. 6 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 1

Setelah kapal tiba di *berth* Internasional 1 (I1), dilakukan persiapan *crane*. Kemudian muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan *crane* kosong terlebih dahulu. Pada *berth* I1, kapal akan dilayani oleh *crane* 1 atau *crane* 2 atau *crane* 3. Apabila 3 *crane* tersebut sibuk, maka muatan akan ditahan. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu di *shift* saat kapal bersandar untuk mengetahui waktu kerja *crane* pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu pada *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maka kapal akan dilayani oleh *crane* 1. Apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam, kapal dapat dilayani oleh 2 atau 3 *crane*. Kemudian dilakukan penugasan *crane* yang kosong. Apabila *crane* 1, 2 dan 3 tidak sibuk, maka kapal akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila *crane* 3 sibuk, maka kapal akan dilayani oleh *crane* 1 dan 2 saja. Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar pada *shift* tersebut. Total waktu bongkar dipengaruhi oleh jumlah muatan yang tiba dan jumlah *crane* yang dialokasikan pada kapal. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya.

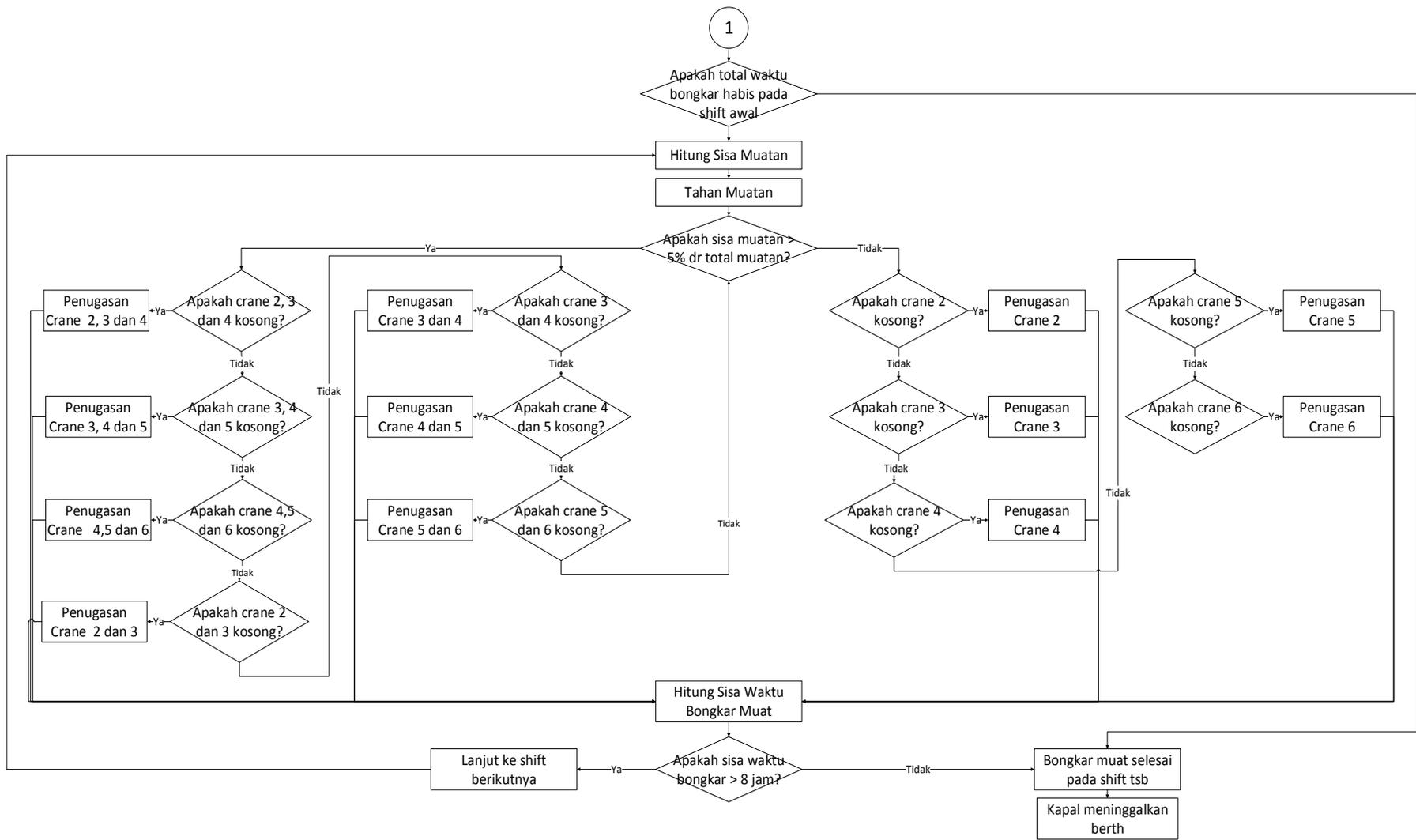
Setelah memasuki *shift* berikutnya, muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan *crane* kosong. Apabila *crane* 1, 2 dan 3 sibuk, maka muatan akan ditahan. Kemudian dilakukan perhitungan sisa muatan. Apabila sisa muatan kurang dari 5% dari total muatan, maka kapal tersebut akan dilayani 1 *crane*, yaitu *crane* 1. Apabila sisa muatan lebih dari 5% dari total muatan, kapal tersebut dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *shift* berikutnya, pemilihan *crane* sama dengan *shift* awal. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.2.3.2 Penugasan Crane pada Berth Internasional 2

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Internasional 2 (I2)



Gambar 4.7 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 2



Gambar 4.7 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 2 (lanjutan)

Pada *berth* I2, kapal akan dilayani oleh kombinasi dari *crane* 2, 3, 4, 5 atau 6. Apabila 6 *crane* tersebut sibuk, maka muatan akan ditahan. Pada saat kapal bersandar, dilakukan perhitungan sisa waktu di *shift* untuk mengetahui waktu kerja *crane* pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu pada *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maka kapal akan dilayani oleh 1 buah *crane*. Pemilihan penugasan 1 *crane* dimulai dari *crane* 2. Apabila *crane* 2 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 2. Apabila *crane* 2 sibuk, maka akan dilanjutkan pengecekan *crane* 3. Apabila *crane* 3 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 3 dan seterusnya hingga *crane* 6.

Apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam, kapal dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *berth* I2 penugasan *crane* dimulai dari kombinasi 3 buah *crane*, yaitu *crane* 2, 3 dan 4. Apabila *crane* 2, 3 dan 4 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 2, 3 dan 4 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 3, 4, dan 5. Apabila *crane* 3, 4 dan 5 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 3, 4 dan 5 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 4, 5, dan 6. Apabila *crane* 4, 5 dan 6 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut.

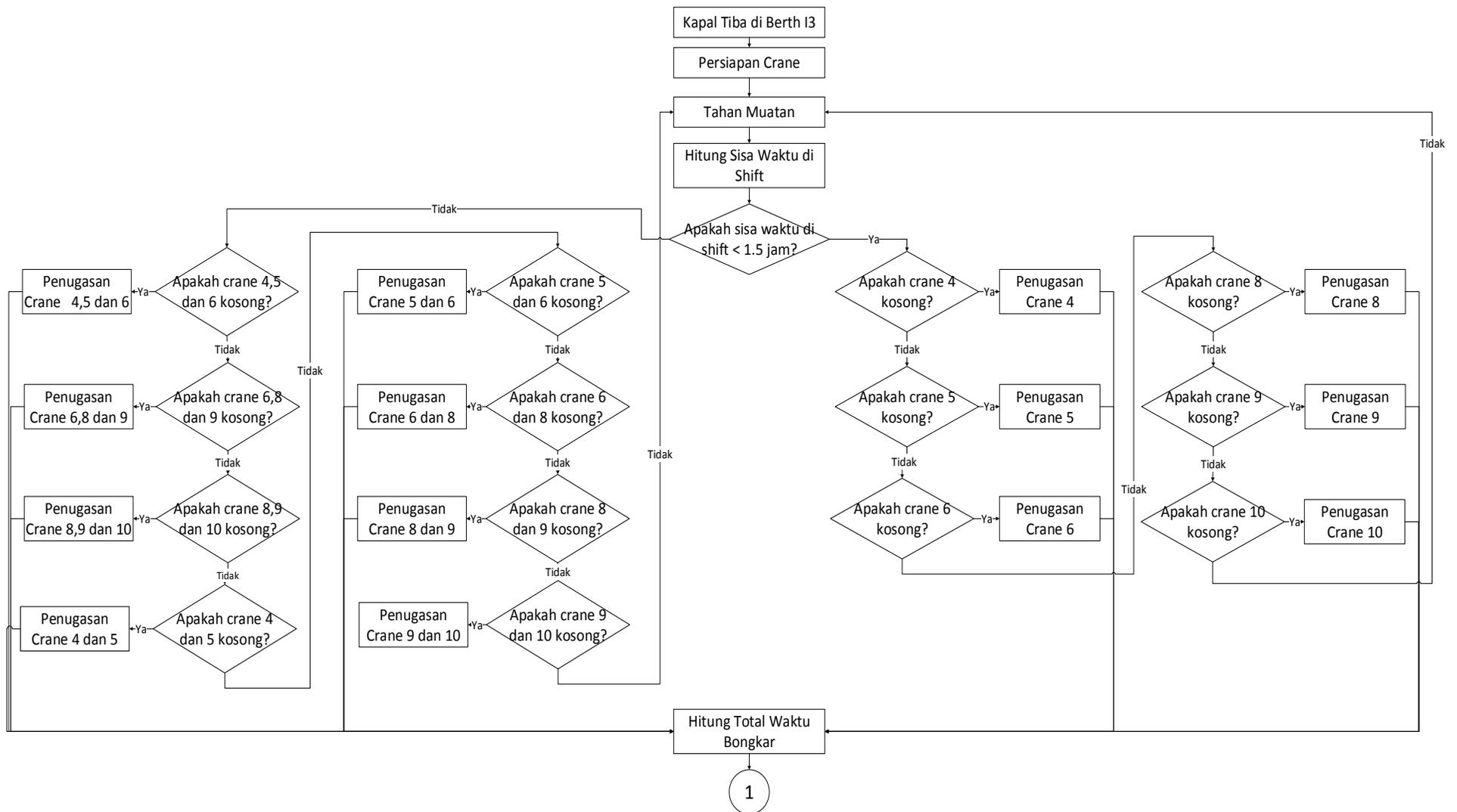
Apabila salah satu dari *crane* 4, 5 dan 6 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi 2 buah *crane* yaitu *crane* 2 dan 3. Apabila *crane* 2 dan 3 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 2 dan 3 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 3 dan 4. Apabila *crane* 3 dan 4 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 3 dan 4 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 4 dan 5. Apabila *crane* 4 dan 5 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 4 dan 5 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 5 dan 6. Apabila *crane* 5 dan 6 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut.

Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Setelah memasuki *shift* berikutnya, muatan ditahan untuk dilakukan pengecekan *crane* kosong. Apabila *crane* 2, 3, 4, 5 atau 6 sibuk, maka muatan akan ditahan. Kemudian dilakukan perhitungan sisa muatan. Apabila sisa muatan

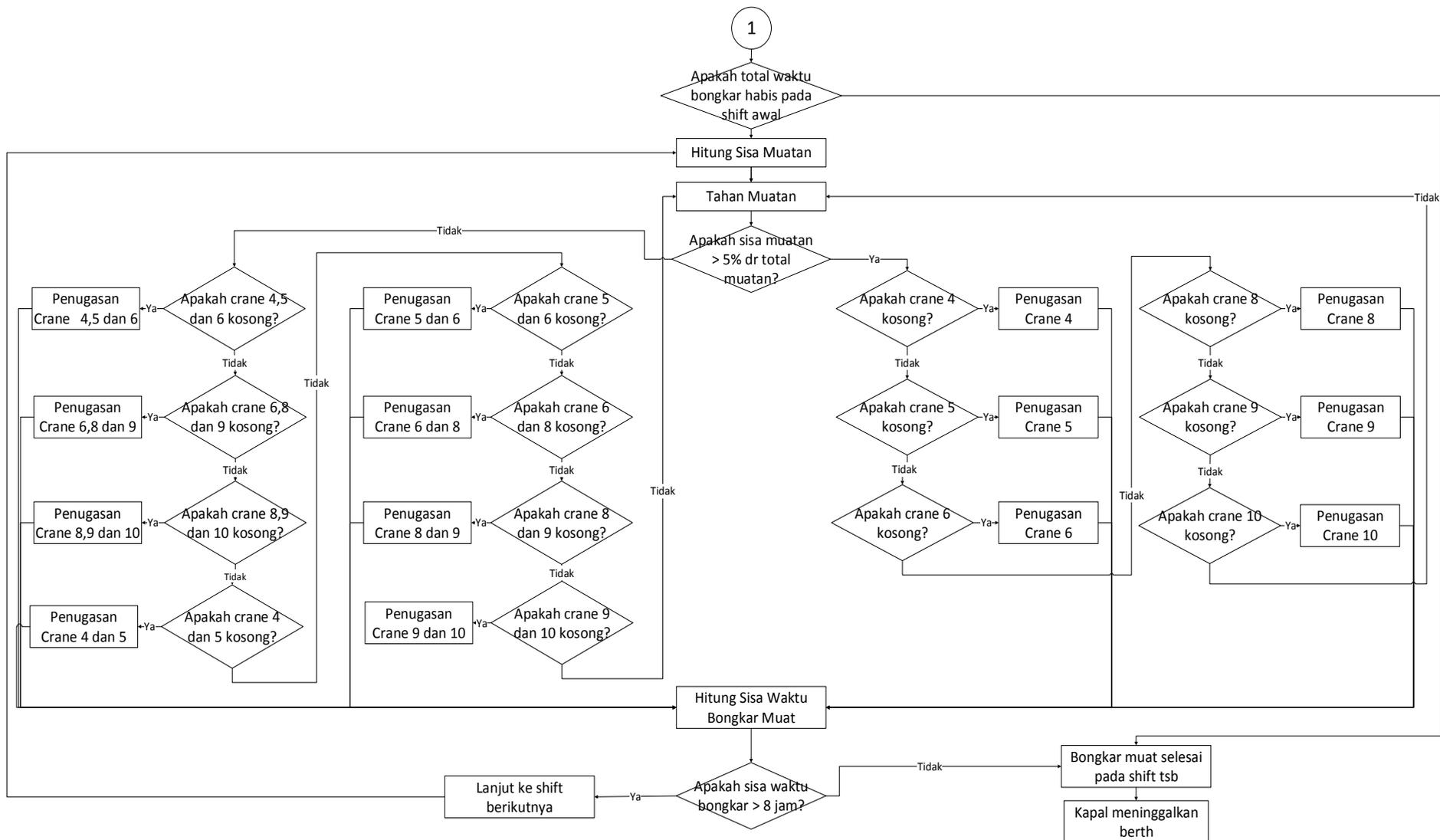
kurang dari 5% dari total muatan, maka kapal tersebut akan dilayani 1 *crane*. Apabila sisa muatan lebih dari 5% dari total muatan, kapal tersebut dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *shift* berikutnya, pemilihan *crane* sama dengan *shift* awal. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.2.3.3 *Penugasan Crane pada Berth Internasional 3*

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Internasional 3 (I3)



Gambar 4. 8 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 3



Gambar 4. 8 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 3 (lanjutan)

Pada *berth* I3, kapal akan dilayani oleh kombinasi dari *crane* 4, 5, 6, 8 9 atau 10. Apabila 6 *crane* tersebut sibuk, maka muatan akan ditahan. Pada saat kapal bersandar, dilakukan perhitungan sisa waktu di *shift* untuk mengetahui waktu kerja *crane* pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu pada *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maka kapal akan dilayani oleh 1 buah *crane*. Pemilihan penugasan 1 *crane* dimulai dari *crane* 4. Apabila *crane* 4 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 4. Apabila *crane* 4 sibuk, maka akan dilanjutkan pengecekan *crane* 5. Apabila *crane* 5 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 5 dan seterusnya hingga *crane* 10.

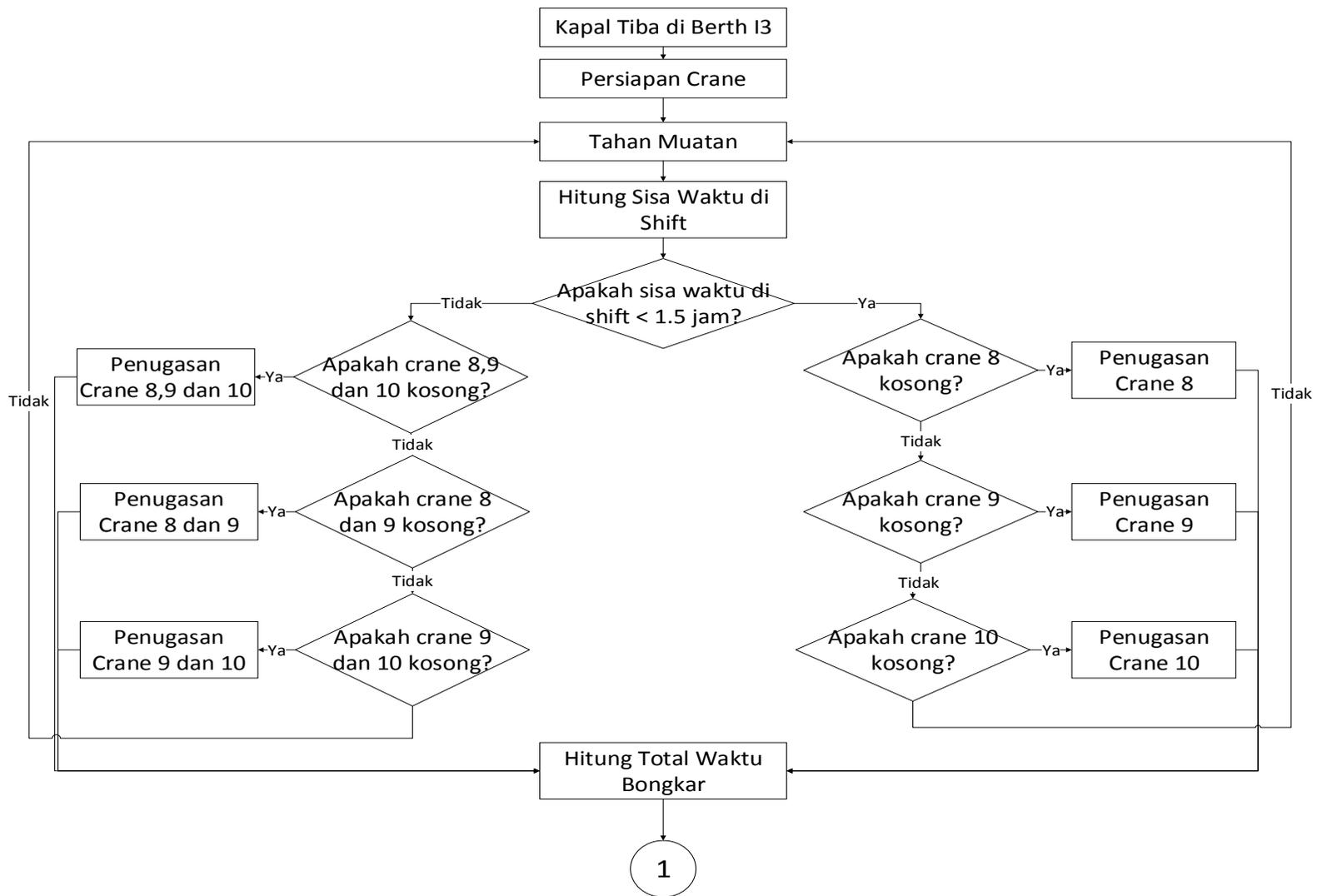
Apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam, kapal dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *berth* I3 penugasan *crane* dimulai dari kombinasi 3 buah *crane*, yaitu *crane* 4, 5 dan 6. Apabila *crane* 4, 5 dan 6 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 4, 5 dan 6 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 5, 6, dan 8. Apabila *crane* 5, 6, dan 8 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 5, 6, dan 8 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 6, 8, dan 9. Apabila *crane* 6, 8, dan 9 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 6, 8, dan 9 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 8, 9 dan 10. Apabila *crane* 8, 9 dan 10 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut.

Apabila salah satu dari *crane* 8, 9 dan 10 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi 2 buah *crane* yaitu *crane* 4 dan 5. Apabila *crane* 4 dan 5 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 4 dan 5 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 5 dan 6. Apabila *crane* 5 dan 6 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 5 dan 6 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 6 dan 8. Apabila *crane* 6 dan 8 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 6 dan 8 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 8 dan 9. Apabila *crane* 8 dan 9 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 8 dan 9 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 9 dan 10. Apabila *crane* 9 dan 10 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut.

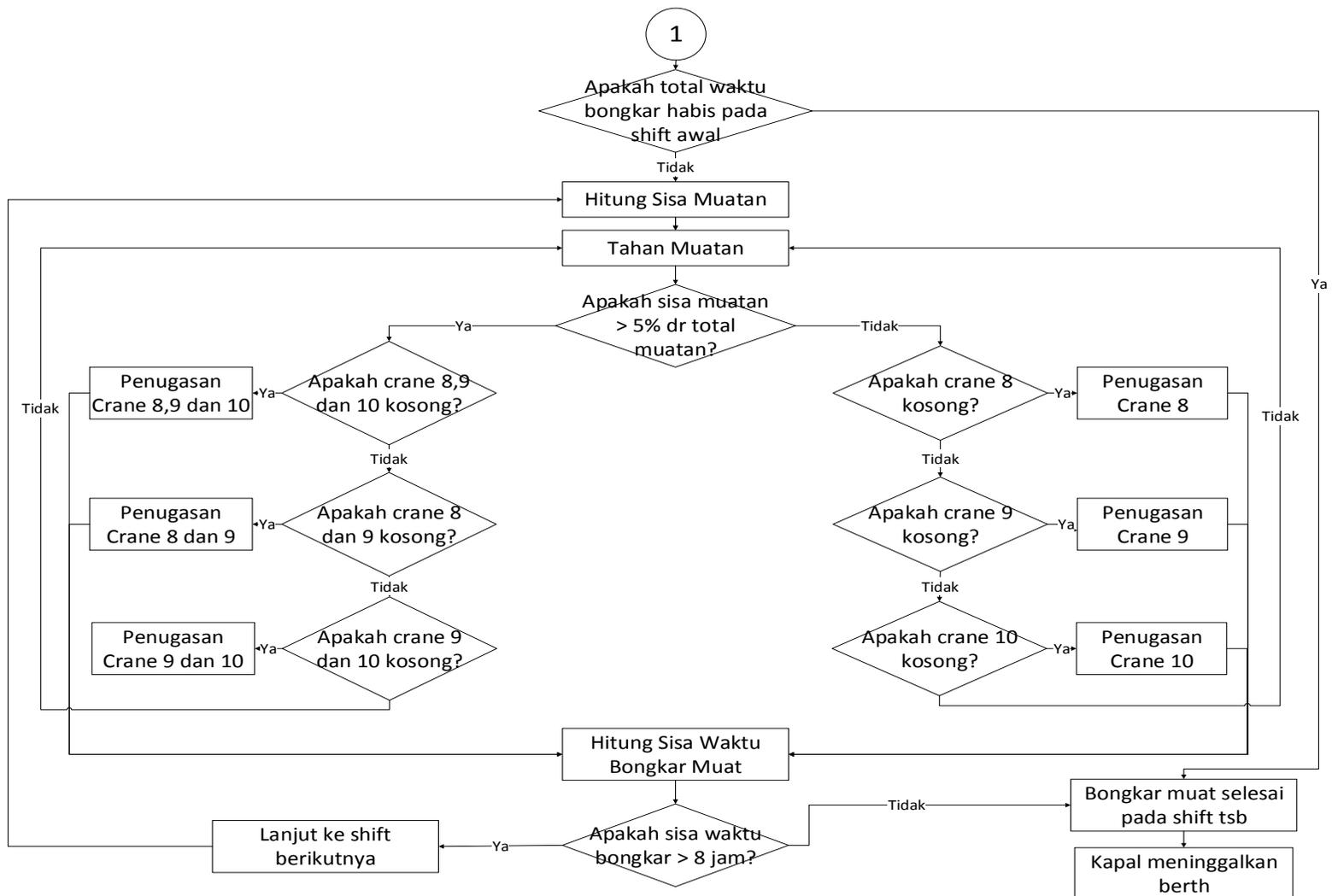
Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Setelah memasuki *shift* berikutnya, dilakukan pengecekan *crane* kosong. Apabila *crane* 4, 5, 6, 8, 9 atau 10 sibuk, maka muatan akan ditahan. Kemudian dilakukan perhitungan sisa muatan. Apabila sisa muatan kurang dari 5% dari total muatan, maka kapal tersebut akan dilayani 1 *crane*. Apabila sisa muatan lebih dari 5% dari total muatan, kapal tersebut dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *shift* berikutnya, pemilihan *crane* sama dengan *shift* awal. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.2.3.4 Penugasan Crane pada Berth Internasional 4

Berikut merupakan alur penugasan *crane* pada *berth* Internasional 4 (I4)



Gambar 4. 9 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 4



Gambar 4. 9 Alur Penugasan Crane pada Berth Internasional 4 (lanjutan)

Pada *berth* I4, kapal akan dilayani oleh kombinasi dari *crane* 8 9 atau 10. Apabila 3 *crane* tersebut sibuk, maka muatan akan ditahan. Pada saat kapal bersandar, dilakukan perhitungan sisa waktu di *shift* untuk mengetahui waktu kerja *crane* pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu pada *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maka kapal akan dilayani oleh 1 buah *crane*. Pemilihan penugasan 1 *crane* dimulai dari *crane* 8. Apabila *crane* 8 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 8. Apabila *crane* 8 sibuk, maka akan dilanjutkan pengecekan *crane* 9. Apabila *crane* 9 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 9. Apabila *crane* 9 sibuk, maka akan dilanjutkan pengecekan *crane* 10. Apabila *crane* 10 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh *crane* 10.

Apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam, kapal dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *berth* I4 penugasan *crane* dimulai dari kombinasi 3 buah *crane*, yaitu *crane* 8, 9 dan 10. Apabila *crane* 8, 9 dan 10 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh ketiga *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 8, 9 dan 10 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi 2 buah *crane* yaitu *crane* 8 dan 9. Apabila *crane* 8 dan 9 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut. Apabila salah satu dari *crane* 8 dan 9 sibuk, dilanjutkan ke kombinasi *crane* 9 dan 10. Apabila *crane* 9 dan 10 kosong, maka kapal tersebut akan dilayani oleh kedua *crane* tersebut.

Kemudian dilakukan perhitungan total waktu bongkar untuk mengetahui waktu bongkar pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih kecil dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut. Apabila total waktu bongkar lebih besar dari sisa waktu di *shift* saat kapal datang, maka dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Setelah memasuki *shift* berikutnya, dilakukan pengecekan *crane* kosong. Apabila *crane* 8, 9 atau 10 sibuk, maka muatan akan ditahan. Kemudian dilakukan perhitungan sisa muatan. Apabila sisa muatan kurang dari 5% dari total muatan, maka kapal tersebut akan dilayani 1 *crane*. Apabila sisa muatan lebih dari 5% dari total muatan, kapal tersebut dapat dilayani oleh 2 atau 3 buah *crane*. Pada *shift* berikutnya, pemilihan *crane* sama dengan *shift* awal. Kemudian dilakukan perhitungan sisa waktu bongkar muat pada *shift* tersebut. Apabila sisa waktu bongkar lebih besar dari 8 jam, maka bongkar muat akan dilanjutkan pada *shift* berikutnya. Apabila sisa waktu bongkar lebih kecil

dari 8 jam, maka seluruh muatan telah selesai dilayani pada *shift* tersebut dan kapal dapat meninggalkan *berth*.

4.3 Simulasi Kondisi Eksisting

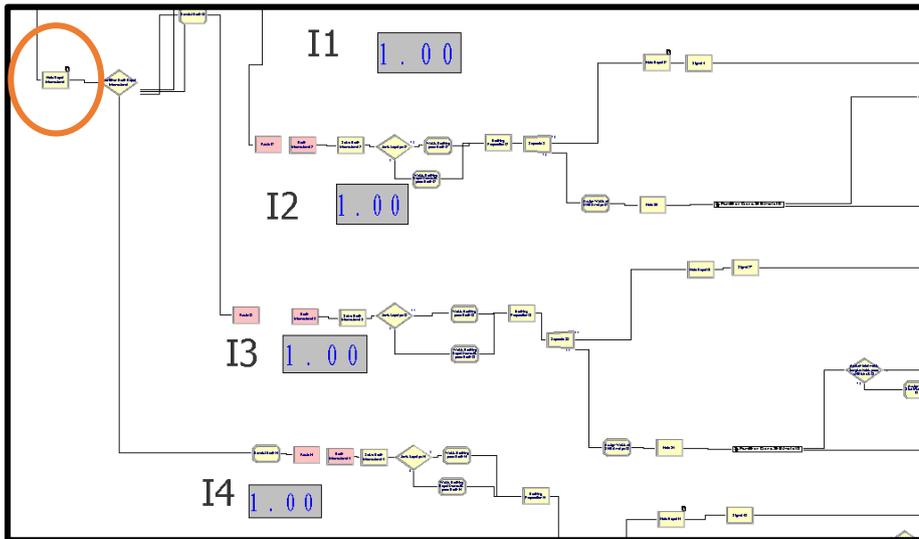
Model simulasi dibuat dengan *software* ARENA berdasarkan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Model simulasi meliputi proses kedatangan kapal, proses alokasi *berth* dan proses penugasan *crane* pada tiap kapal. Data-data yang dibutuhkan untuk membuat model simulasi eksisting pada penelitian ini diantaranya adalah waktu antar kedatangan kapal, jumlah muatan kapal internasional, jumlah muatan kapal domestik, waktu *routing* untuk *berth* internasional, waktu *routing* untuk *berth* domestik, waktu persiapan *crane* untuk *berth* internasional dan waktu persiapan *crane* untuk *berth* domestik. Tiap data tersebut kemudian dilakukan *fitting* distribusi untuk mengetahui distribusi yang dibentuk oleh pola data yang telah diperoleh. Berikut merupakan hasil *fitting* distribusi pada tiap data.

Tabel 4. 1 Distribusi dari Tiap Jenis Data

No	Jenis Data	Distribusi
1	Waktu Antar Kedatangan	EXPO(5.84)
2	Jumlah Muatan Kapal Internasional	NORM(994, 462)
3	Jumlah Muatan Kapal Domestik	NORM(333, 179)
4	Waktu <i>Routing</i> untuk <i>Berth</i> Internasional	-0.001 + EXPO(3.34)
5	Waktu <i>Routing</i> untuk <i>Berth</i> Domestik	-0.001 + EXPO(2.59)
6	Waktu Persiapan <i>Crane</i> untuk <i>Berth</i> Internasional	NORM(0.869, 0.459)
7	Waktu Persiapan <i>Crane</i> untuk <i>Berth</i> Domestik	EXPO(2.93)

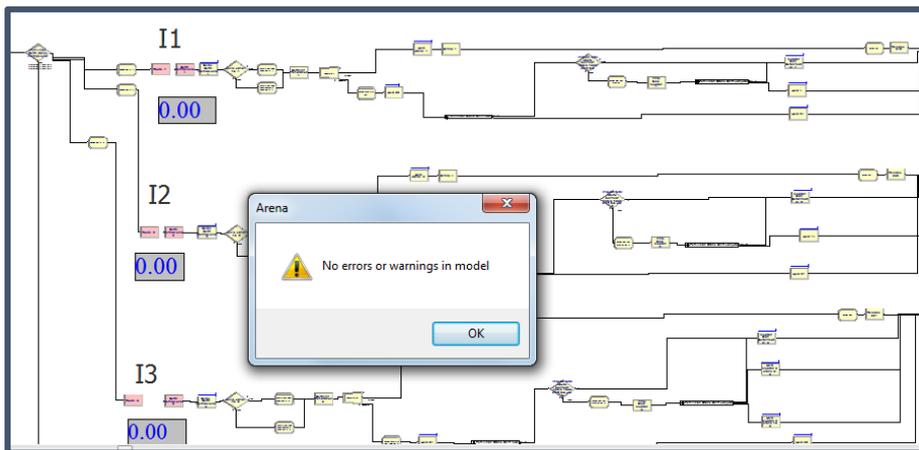
4.4 Verifikasi Model

Verifikasi dilakukan untuk menguji apakah model simulasi yang telah dibangun sesuai dengan model konseptual. Verifikasi dapat dilakukan dengan membandingkan logika antara model konseptual dengan model simulasi.



Gambar 4. 10 Verifikasi Logika Model Simulasi

Pada Gambar 4.10 dapat diketahui status kesibukan pada tiap *berth*. Pada model konseptual, apabila *berth* dalam status sibuk (status *berth* sibuk = 1), kapal akan ditahan terlebih dahulu hingga status *berth* berubah (status *berth* kosong = 0). Verifikasi model juga dapat dilihat dari tidak ada notasi *error* dengan melakukan *debug* pada model simulasi. Gambar 4.11 menunjukkan tidak ada notasi *error* pada model simulasi eksisting yang telah dibuat.



Gambar 4. 11 Verifikasi *Debug* pada Model Simulasi

4.5 Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan *output* sistem yang sebenarnya dengan hasil simulasi Arena. Pada model simulasi penugasan *crane* ini, *output* yang dihasilkan yaitu berupa rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap *berth*. Berikut merupakan data yang digunakan pada uji validasi, yaitu rata-rata waktu kerja *crane* pada data eksisting dan hasil simulasi Arena.

Tabel 4. 2 Data Eksisting Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Tiap *Berth*

Data Eksisting Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)						
Bulan ke	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	47.4	19.4	17.4	17.2	18.1	18.3
2	20.0	50.5	17.3	20.7	19.4	21.0
3	27.9	17.4	18.6	19.3	21.7	17.6
Rata2	31.8	29.1	17.7	19.0	19.7	19.0
St dev (s1)	14.12	18.58	0.76	1.73	1.82	1.83

Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Tiap *Berth*

Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)						
Bulan ke	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	18.6	9.3	16.6	18.6	17.6	19.8
2	15.8	8.4	17.3	20.9	19.6	22.0
3	14.5	8.1	14.0	17.3	16.0	19.3
Rata2	16.3	8.6	16.0	18.9	17.7	20.4
St dev (s2)	2.14	0.61	1.76	1.85	1.84	1.44

Validasi dilakukan dengan menggunakan metode uji hipotesis dua parameter populasi *independent samples*. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan untuk uji validasi.

Ho: tidak ada perbedaan rata-rata waktu kerja *crane* antara data eksisting dan hasil simulasi ($\mu_1 = \mu_2$)

Ha: ada perbedaan antara rata-rata waktu kerja *crane* data eksisting dan hasil simulasi ($\mu_1 \neq \mu_2$)

Berikut merupakan contoh perhitungan uji hipotesis pada tiap *berth*, dimana:

n_1 = jumlah sampel untuk data eksisting

n_2 = jumlah sampel untuk hasil simulasi eksisting

s_1 = standar deviasi untuk data eksisting

s_2 = standar deviasi untuk hasil simulasi eksisting

\bar{x}_1 = rata-rata sampel data eksisting

\bar{x}_2 = rata-rata sampel hasil simulasi eksisting

μ_1 = rata-rata populasi kondisi eksisting

μ_2 = rata-rata populasi hasil simulasi eksisting

s_p = *pooled standard deviation*

Uji Hipotesis Untuk *Berth* Domestik 2

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(3 - 1)14.12^2 + (3 - 1)2.14^2}{3 + 3 - 2}}$$

$$s_p = 10.10$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{(31.8 - 16.3) - 0}{10.10 \times \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}}$$

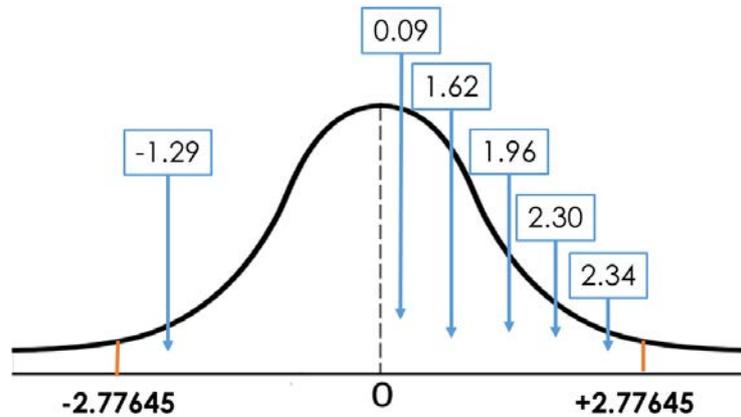
$$t = 2.30$$

Berikut merupakan hasil perhitungan uji hipotesis pada tiap *berth*

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Uji Hipotesis Pada Tiap *Berth*

	<i>Berth</i>					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
n	3	3	3	3	3	3
sp	10.10	13.14	1.35	1.79	1.83	1.64
t	2.30	2.34	1.96	0.09	1.62	-1.29

Dengan $\alpha = 0.05$ dan $d.f = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4$, didapatkan *critical value* $t_{\alpha/2,4} = \pm 2.77645$.



Gambar 4. 12 Hasil Uji Hipotesis

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa seluruh nilai t hitung lebih kecil dari $t_{\alpha/2,4}$ dan berada di daerah terima H_0 , sehingga H_0 diterima. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata waktu kerja *crane* antara data eksisting dan hasil simulasi. Hasil uji hipotesis tersebut menuatakan model simulasi tersebut valid.

4.6 Perhitungan Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan proses pengulangan agar sistem tersebut merepresentasikan kondisi sistem yang sebenarnya. Perhitungan jumlah replikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah replikasi yang dibutuhkan. Pada penelitian ini replikasi awal yang digunakan adalah 3 kali replikasi dengan waktu simulasi 92 hari per replikasi. Berikut merupakan hasil simulasi rata-rata waktu kerja *crane* tiap *berth* pada kondisi eksisting.

Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Tiap *Berth*

Hasil Simulasi Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)						
Replikasi	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	18.6	9.3	16.6	18.6	17.6	19.8
2	15.8	8.4	17.3	20.9	19.6	22.0
3	14.5	8.1	14.0	17.3	16.0	19.3
Rata2	16.3	8.6	16.0	18.9	17.7	20.4
Std dev	2.14	0.61	1.76	1.85	1.84	1.44

Salah satu pendekatan untuk perhitungan jumlah replikasi adalah dengan mencoba replikasi awal dan menghitung interval nilai rata-rata populasi (*half width*) berdasarkan sampel replikasi (Kelton, et al., 2003). Berikut merupakan rumus perhitungan *half width*

$$Hw_o = \frac{t_{(n-1, \alpha/2)} \times s}{\sqrt{n}}$$

Dimana,

Hw_o = *half width* awal

s = standar deviasi sampel

n = jumlah sampel (replikasi awal)

Perhitungan replikasi dilakukan dengan rumus berikut

$$n' = \left[\frac{Z_{\alpha/2} \times s}{e} \right]^2$$

Dimana,

n' = jumlah replikasi yang dibutuhkan

s = standar deviasi sampel

$e = hw'$ = *half width* yang diinginkan, yaitu 5% dari *output* hasil simulasi.

Berikut merupakan hasil perhitungan jumlah replikasi pada tiap *berth*.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi Pada Tiap *Berth*

	<i>Berth</i>					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
Hw_o	5.30	1.52	4.36	4.61	4.57	3.58
e	0.814	0.429	0.799	0.947	0.887	1.019
n'	27	8	19	15	17	8

Hasil perhitungan jumlah replikasi menunjukkan bahwa $n' > n$, sehingga replikasi yang digunakan adalah n' terbesar, yaitu sejumlah 27 kali replikasi.

4.7 **Running Model Simulasi Eksisting**

Running model simulasi eksisting dilakukan sebanyak 27 kali replikasi dengan waktu simulasi 92 hari per replikasi. *Output* yang dihasilkan dari hasil *running* simulasi adalah rata-rata waktu kerja *crane*, utilitas tiap *berth* dan utilitas

crane pada kondisi eksisting. Tabel 4.7 menunjukkan utilitas *berth* dan rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap *berth*. Tabel 4.8 menunjukkan utilitas tiap *crane*.

Tabel 4. 7 Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Dan Utilitas Tiap *Berth*

<i>Berth</i>	Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> (Jam)	Utilitas <i>Berth</i>	Rata-Rata Waktu Kerja <i>Crane</i> (Jam)
D2	16.4	38.4%	12.7
D3	9.0	39.4%	
I1	16.1	55.3%	17.4
I2	16.6	48.2%	
I3	17.4	41.3%	
I4	19.3	35.4%	

Tabel 4. 8 Utilitas *Crane* Hasil Simulasi Kondisi Eksisting

Nomor <i>crane</i>	Utilitas <i>Crane</i>	Nomor <i>crane</i>	Utilitas <i>Crane</i>
1	51.1%	8	30.0%
2	63.6%	9	40.8%
3	59.9%	10	40.1%
4	48.8%	11	44.0%
5	46.5%	12	10.9%
6	44.8%	20	39.2%

4.8 Skenario Perbaikan

Pada model yang telah terverifikasi dan tervalidasi dirancang skenario perbaikan dengan mengubah variabel tertentu dalam sistem untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pada penelitian ini, skenario perbaikan yang digunakan adalah mengubah maksimal jumlah *crane* yang digunakan pada tiap *berth* dan distribusi waktu antar kedatangan kapal.

Pada kondisi eksisting, apabila sisa waktu di *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 1 buah *crane* sedangkan apabila sisa waktu di *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 3 buah *crane* untuk *berth* internasional dan 2 untuk *berth* domestik. Pada penelitian ini dilakukan perubahan jumlah maksimal *crane* yang dialokasikan pada tiap *berth*. Perubahan tersebut diharapkan akan menurunkan waktu kerja *crane* pada tiap *berth* sehingga waktu

pelayanan pada tiap kapal semakin singkat. Tabel 4.9 merupakan desain skenario dengan mengubah jumlah maksimal *crane* yang digunakan pada tiap *berth*.

Tabel 4. 9 Desain Skenario

Maksimal Jumlah <i>Crane</i> Yang Dapat Digunakan (Unit)												
Skenario	Sisa Waktu Di Shift Awal < 1.5						Sisa Waktu Di Shift Awal > 1.5					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4	D2	D3	I1	I2	I3	I4
Eksisting	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3
1	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	3	4
2									3	3	4	4
3									3	4	4	4
4									4	4	4	3
5									4	4	4	4

Pada skenario 1, apabila sisa waktu di *shift* awal kurang dari 1.5 jam, dilakukan perubahan maksimal alokasi *crane* yang digunakan menjadi 2 buah *crane* untuk *berth* internasional. Pada skenario 1 perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya. Perubahan dilakukan dengan mengubah 3 unit *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk *berth* I4.

Perbedaan skenario 2 dengan skenario 1 adalah *berth* yang mengalami perubahan pada maksimal jumlah alokasi *crane*. Pada skenario 2, perubahan dilakukan dengan mengubah 3 buah *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk *berth* I3 dan I4. Pada skenario 3, perubahan dilakukan dengan mengubah 3 buah *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk *berth* I2, I3 dan I4. Pada skenario 4, perubahan dilakukan dengan mengubah 3 buah *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk *berth* I1, I2 dan I3. Pada skenario 5, perubahan dilakukan dengan mengubah 3 buah *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk semua *berth*. Berikut merupakan hasil simulasi rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap *berth* dengan kondisi eksisting dan skenario perbaikan.

Tabel 4. 10 Hasil Simulasi Skenario Perbaikan

	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
Eksisting	16.38	8.99	16.09	16.58	17.41	19.34
Skenario 1	16.14	8.94	17.02	16.58	17.74	18.22
Skenario 2	16.47	8.99	16.61	15.93	15.81	17.89
Skenario 3	16.73	9.10	16.12	14.14	16.44	18.07
Skenario 4	16.40	8.91	14.15	14.94	17.14	22.01
Skenario 5	16.48	9.02	13.80	15.42	17.84	20.69

Berikut merupakan hasil simulasi rata-rata waktu kerja *crane* pada *berth* internasional dan *berth* domestik dengan kondisi eksisting dan skenario perbaikan.

Tabel 4. 11 Rata-rata Hasil Simulasi Pada *Berth* Domestik dan Internasional

	Rata-rata Waktu Kerja Crane (Jam)	
	Domestik	Internasional
Eksisting	12.7	17.4
Skenario 1	12.5	17.4
Skenario 2	12.7	16.6
Skenario 3	12.9	16.2
Skenario 4	12.7	17.1
Skenario 5	12.8	16.9

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis kondisi eksisting dan skenario perbaikan berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, serta dilakukan analisis sensitivitas pada skenario terpilih yaitu dengan mengubah kecepatan *crane*, waktu tunggu truk dan distribusi waktu antar kedatangan.

5.1 Analisis *Running* Simulasi Kondisi Eksisting

Output yang dihasilkan dari hasil *running* simulasi adalah rata-rata waktu kerja *crane*, utilitas tiap *berth* dan utilitas *crane* pada kondisi eksisting. Pada Tabel 4.7 dapat diketahui rata-rata waktu kerja *crane* dan utilitas tiap *berth* dan Tabel 4.8 menunjukkan utilitas tiap *crane* pada simulasi kondisi eksisting. Waktu kerja *crane* dimulai ketika *crane* mengangkat kontainer pertama hingga kapal meninggalkan *berth* dan proses bongkar muat selesai. Berdasarkan hasil *running* simulasi kondisi eksisting dapat diketahui bahwa rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap kapal di *berth* domestik sebesar 12.7 jam dan di *berth* internasional sebesar 17.4 jam.

Pada *berth* internasional, rata-rata waktu kerja *crane* paling rendah berada di *berth* I1, yaitu sebesar 16.1 jam dan paling tinggi berada di *berth* I4 yaitu sebesar 19.34 jam. Pada simulasi kondisi eksisting, kapal yang datang akan memilih *berth* dengan nomor paling kecil terlebih dahulu. Pemilihan *crane* pada tiap *berth* dilakukan berdasarkan *crane* yang kosong, dimana *crane* dengan nomor awal juga dipilih terlebih dahulu.

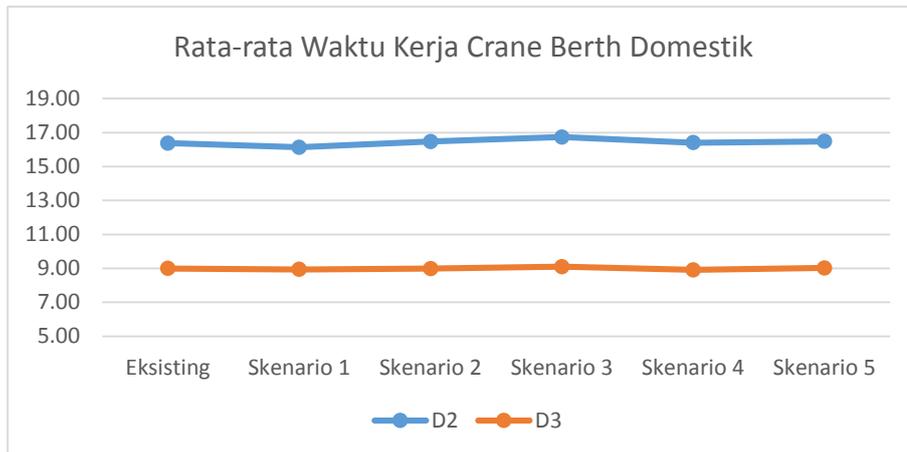
Kapal yang pertama datang akan langsung dilayani di *berth* I1 dan *crane* nomor 1, 2 dan 3, yang menyebabkan waktu bongkar muat akan lebih singkat karena kapal tersebut dilayani oleh 3 unit *crane*. Hal tersebut akan berpengaruh pada *berth* selanjutnya, yaitu *berth* I2 yang tidak dapat memilih *crane* nomor 2 dan 3 karena telah digunakan oleh *berth* I1. Sehingga pada *berth* I4, seringkali kapal hanya dapat dilayani oleh 2 unit *crane* (*crane* nomor 9 dan 10) yang menyebabkan waktu bongkar menjadi lebih lama dibandingkan dengan waktu bongkar dengan 3

unit *crane*. Pada hasil simulasi, hal tersebut ditunjukkan dengan tingginya utilitas *berth* I1 dan *crane* nomor 1, 2 dan 3.

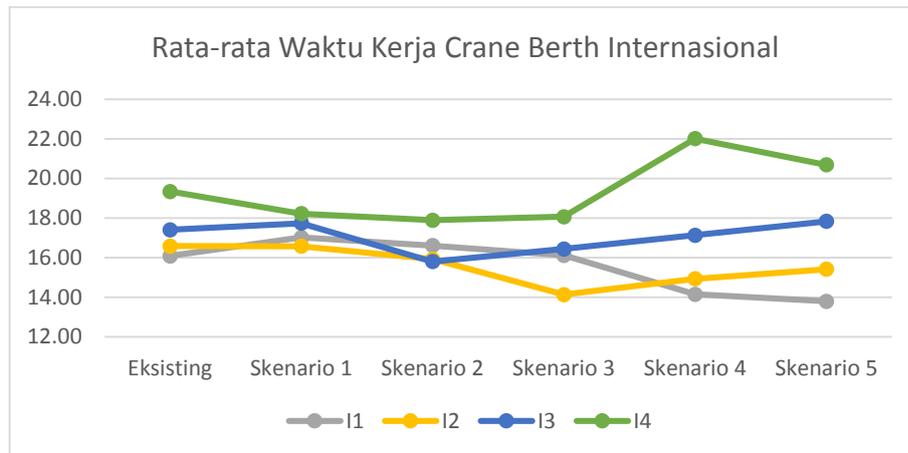
Pada *berth* domestik, rata-rata waktu kerja *crane* paling rendah berada di *berth* D3, yaitu sebesar 8.99 jam dan paling tinggi berada di *berth* D2 yaitu sebesar 16.38 jam. Hal tersebut dikarenakan kapal domestik yang datang terlebih dahulu akan memilih *berth* D3 dan dapat dilayani dengan 2 unit *crane*, yaitu *crane* 11 dan 20. Pada *berth* D2, kapal yang bersandar hanya dapat dilayani oleh 1 unit *crane*, yaitu *crane* nomor 11 atau 12. Hal tersebut dikarenakan *crane* 12 mempunyai keandalan yang rendah, sehingga digunakan bergantian dengan *crane* 11.

5.2 Analisis Skenario Perbaikan

Pada penelitian ini dilakukan perubahan jumlah maksimal *crane* yang dialokasikan pada tiap *berth*. Ukuran performansi yang digunakan adalah rata-rata waktu kerja pada tiap *berth*. Tabel 4.11 menunjukkan perbandingan rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap *berth*. Pada *berth* domestik, hasil simulasi cenderung stabil pada tiap skenario karena perubahan hanya dilakukan pada *berth* internasional. Pada *berth* internasional, tiap skenario menghasilkan *output* yang berbeda.



(a)



(b)

Gambar 5. 1 Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* (A) Domestik (B) Internasional

Gambar 5. 1 menunjukkan pergerakan dari perubahan rata-rata waktu kerja *crane* pada setiap skenario. Pada skenario 1 dilakukan perubahan maksimal alokasi *crane* pada *berth* I4 menjadi 4 unit *crane*. Perubahan tersebut menyebabkan rata-rata waktu kerja *crane* pada *berth* I4 mengalami penurunan dan *berth* I3 mengalami peningkatan, sedangkan untuk *berth* I1 dan I2 mengalami sedikit peningkatan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Hal tersebut dikarenakan pada *berth* I4, kapal dapat dilayani oleh 4 unit *crane*, yaitu *crane* 6, 8, 9, 10 apabila keempat *crane* tersebut sedang tidak sibuk pada suatu waktu.

Pada skenario 2 dilakukan perubahan maksimal alokasi *crane* pada *berth* I3 dan I4 menjadi 4 unit *crane*. Perubahan tersebut menyebabkan rata-rata waktu kerja *crane* pada semua *berth* lebih rendah dibandingkan dengan kondisi eksisting, kecuali pada *berth* I1. Hal tersebut dikarenakan pada *berth* I3, kapal dapat dilayani oleh 4 unit *crane*, yaitu *crane* 4, 5, 6, 8 atau 6, 8, 9, 10 apabila keempat *crane* tersebut sedang tidak sibuk pada suatu waktu. Hal tersebut berlaku juga pada *berth* I4 yang dapat dilayani oleh 4 unit *crane*, yaitu *crane* 6, 8, 9, 10 yang menyebabkan waktu bongkar muat lebih cepat.

Pada skenario 3 dilakukan perubahan pada maksimal jumlah alokasi *crane* di *berth* I2, I3 dan I4 menjadi 4 unit *crane*. Perubahan tersebut menyebabkan rata-rata waktu kerja *crane* pada semua *berth* lebih rendah dibandingkan dengan kondisi eksisting, kecuali pada *berth* I1. Pada skenario 3, *berth* I1 mengalami

sedikit peningkatan daripada kondisi eksisting, namun peningkatan tersebut tidak sebesar pada skenario 2. Pada *berth* I2, kapal dapat dilayani oleh 4 unit *crane*, yaitu *crane* 2, 3, 4, 5 atau 3, 4, 5, 6, apabila keempat *crane* tersebut sedang tidak sibuk pada suatu waktu. Penurunan pada *berth* I3 tidak sebesar penurunan pada skenario 2. Hal tersebut dikarenakan *crane* yang dapat digunakan oleh *berth* I3 juga dapat digunakan oleh *berth* I2 dan I4.

Pada skenario 4 dilakukan perubahan pada maksimal jumlah alokasi *crane* di *berth* I1, I2, dan I3. Perubahan tersebut menyebabkan rata-rata waktu kerja *crane* pada semua *berth* lebih rendah dibandingkan dengan kondisi eksisting, kecuali pada *berth* I4. Hal tersebut dikarenakan apabila seluruh *berth* menggunakan 4 *crane*, maka *berth* I4 tidak mendapat alokasi *crane*, sehingga kapal akan menunggu hingga ada *crane* yang kosong.

Pada skenario 5 dilakukan perubahan pada maksimal jumlah alokasi *crane* di seluruh *berth*. Perubahan tersebut menyebabkan rata-rata waktu kerja *crane* pada semua *berth* lebih rendah dibandingkan dengan kondisi eksisting, kecuali pada *berth* I4. Sama seperti skenario 4, apabila seluruh *berth* menggunakan 4 unit *crane*, maka *berth* I4 tidak mendapat alokasi *crane*, sehingga kapal akan menunggu hingga ada *crane* yang kosong. Akan tetapi, pada saat *berth* I4 mendapat alokasi 4 unit *crane*, waktu kerja *crane* akan lebih cepat dari skenario 4.

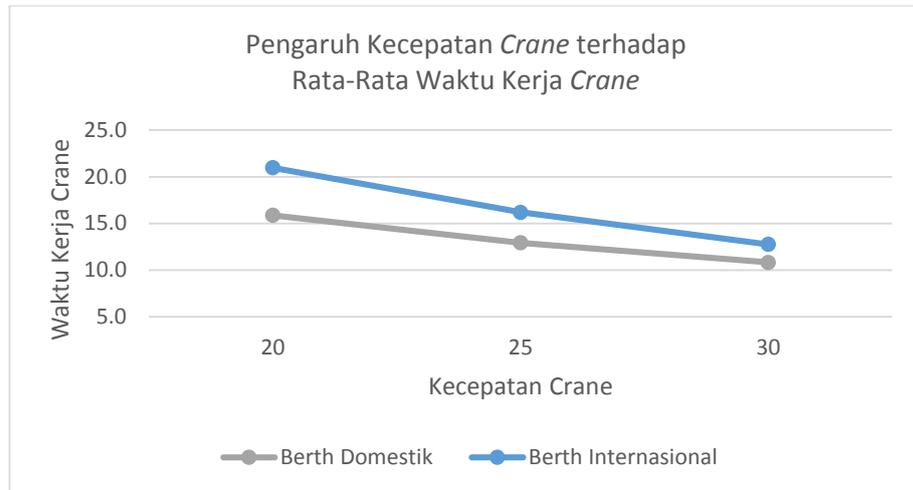
Tabel 4.11 menunjukkan rata-rata hasil simulasi berdasarkan jenis *berth*, yaitu *berth* domestik dan *berth* internasional. Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa untuk rata-rata waktu kerja *crane* paling rendah pada *berth* internasional dihasilkan oleh skenario 3. Pada skenario 3, terjadi peningkatan rata-rata waktu kerja *crane* pada *berth* domestik sebesar 0.02 jam namun masih dapat ditoleransi (kurang dari 5%), sehingga skenario terpilih adalah skenario 3.

5.3 Pengaruh Kecepatan Crane dan Waktu Tunggu Truk

Pada subbab sebelumnya, diketahui bahwa skenario terpilih adalah skenario 3. Berikutnya dilakukan analisis sensitivitas dengan mengganti variabel kecepatan *crane* dan waktu tunggu truk pada skenario terpilih.

1. Pengaruh Kecepatan *Crane* Terhadap Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Di Tiap *Berth*

Pada kondisi eksisting dan skenario terpilih, kecepatan *crane* yang digunakan adalah 25 *box/jam*. Berikut merupakan pengaruh kecepatan *crane* terhadap rata-rata waktu kerja *crane* di tiap *berth*.

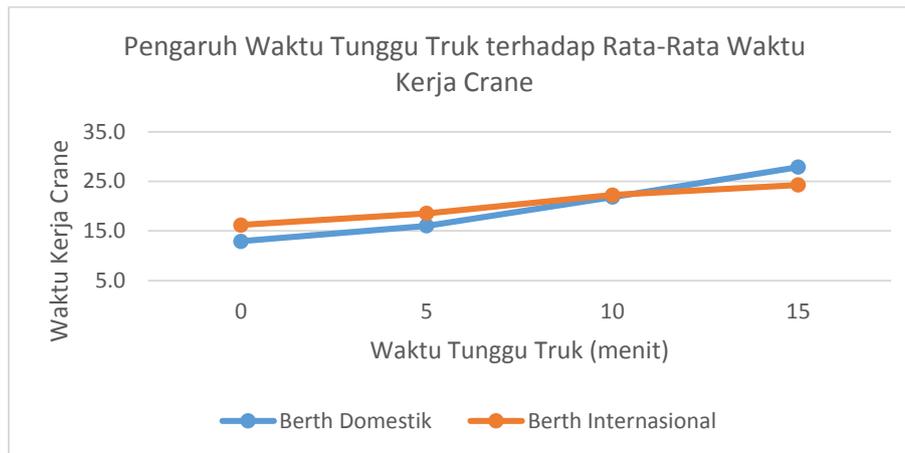


Gambar 5. 2 Pengaruh Kecepatan Crane terhadap Rata-Rata Waktu Kerja Crane

Pada Gambar 5.2 diketahui bahwa kecepatan *crane* memberikan dampak terhadap rata-rata waktu kerja *crane* di *berth* internasional dan *berth* domestik. Semakin besar kecepatan *crane* mengakibatkan rata-rata waktu kerja *crane* semakin singkat. Apabila kecepatan *crane* dimaksimalkan menjadi 30 *box/jam*, maka rata-rata waktu kerja crane dapat dipersingkat menjadi 10.8 jam pada *berth* domestik dan 12.7 jam pada *berth* internasional.

2. Pengaruh Waktu Tunggu Truk Terhadap Rata-Rata Waktu Kerja *Crane* Di Tiap *Berth*

Pada kondisi eksisting dan skenario terpilih, waktu tunggu truk dianggap 0 atau tidak ada. Berikut merupakan pengaruh waktu tunggu truk terhadap rata-rata waktu kerja *crane* di tiap *berth*.



Gambar 5. 3 Pengaruh Waktu Tunggu Truk Terhadap Rata-Rata Waktu Kerja *Crane*

Pada Gambar 5.3 diketahui bahwa waktu tunggu truk pada tiap shift memberikan dampak terhadap rata-rata waktu kerja *crane* di *berth* internasional dan *berth* domestik. Semakin besar waktu tunggu truk mengakibatkan rata-rata waktu kerja *crane* meningkat. Hal tersebut dikarenakan waktu tunggu truk masuk dalam perhitungan waktu bongkar muat di tiap shift.

5.4 Pengaruh Peningkatan Tingkat Kedatangan Kapal

Peningkatan tingkat kedatangan kapal dapat ditunjukkan dengan distribusi waktu antar kedatangan kapal yang semakin kecil. Distribusi waktu antar kedatangan kapal yang semakin kecil menunjukkan bahwa kapal semakin sering datang dan terminal semakin ramai. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana utilitas *berth* dan *crane* apabila distribusi waktu antar kedatangan diperkecil sebesar 25% dan 50% pada skenario terpilih. Pengaruh peningkatan tingkat kedatangan kapal ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5. 1 Pengaruh Peningkatan Tingkat Kedatangan Kapal Terhadap Utilitas Berth

Skenario	Waktu Antar Kedatangan Kapal	Utilitas Berth					
		D2	D3	I1	I2	I3	I4
3	EXPO(5.84)	38.7%	39.7%	53.9%	43.6%	37.1%	30.4%
3.1	EXPO(4.38)	64.5%	56.5%	70.9%	64.5%	66.0%	61.3%
3.2	EXPO(2.92)	81.5%	75.1%	81.9%	79.8%	83.1%	82.4%

Tabel 5.1 menunjukkan pengaruh peningkatan tingkat kedatangan kapal terhadap utilitas *berth*. Pada skenario 3.1, utilitas seluruh *berth* mengalami peningkatan hingga mencapai di atas 60%. Peningkatan utilitas *berth* tertinggi adalah *berth* I1 sebesar 70.9%. Pada skenario 3.2, utilitas pada seluruh *berth* mengalami kenaikan hingga di atas 75% ke atas. Peningkatan utilitas *berth* tertinggi adalah *berth* I3 sebesar 83.1%.

Tabel 5. 2 Pengaruh Peningkatan Tingkat Kedatangan Kapal Terhadap Utilitas *Crane*

Skenario	Waktu Antar Kedatangan Kapal	Utilitas Crane										
		1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	20
3	EXPO(5.84)	50%	61%	55%	46%	49%	44%	38%	38%	44%	10%	39%
3.1	EXPO(4.38)	68%	78%	70%	64%	68%	64%	68%	68%	60%	16%	56%
3.2	EXPO(2.92)	75%	87%	77%	75%	84%	79%	89%	89%	74%	21%	75%

Tabel 5.2 menunjukkan pengaruh peningkatan tingkat kedatangan kapal terhadap utilitas *crane*. Pada skenario 3.1 hampir seluruh utilitas *crane* mengalami peningkatan yang cukup besar, kecuali *crane* 8 (hanya meningkat 5%) dan *crane* 12 (hanya meningkat 6%). Peningkatan utilitas *crane* tertinggi adalah *crane* 2, yaitu sebesar 78%. Peningkatan utilitas *crane* tertinggi adalah *crane* 9 dan 10, yaitu sebesar 89%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila kondisi terminal PT TPS mengalami kepadatan kedatangan kapal hingga 50%, setiap *berth* dan *crane* dapat mencapai utilitas yang cukup tinggi dan perusahaan mampu melayani kapal dengan jumlah *berth* dan *crane* yang tersedia sekarang.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kapal Internasional

Tabel 1 Data Kapal Internasional

No	Nama Kapal	LOA	Kapal Datang	Pilot On Board	Berth	Berthing Time	Waktu Routing (Jam)	First Lift	Waktu Persiapan Crane	Total Volume (box)	Last Lift
1	UAHE082	165	30/09/2015 03:00	30/09/2015 23:10	I2	1/10/2015 2:30	3.33	1/10/2015 3:04	0.58	457	1/10/2015 10:55
2	ALTO019	184	30/09/2015 20:00	30/09/2015 22:50	I4	1/10/2015 1:30	2.67	1/10/2015 2:29	0.98	1466	2/10/2015 3:40
3	KPKG144	187	1/10/2015 22:00	1/10/2015 22:35	I2	2/10/2015 0:45	2.17	2/10/2015 1:47	1.05	803	2/10/2015 21:40
4	EWOL001	211	2/10/2015 9:00	2/10/2015 9:00	I3	2/10/2015 11:15	2.25	2/10/2015 13:30	2.25	860	3/10/2015 3:49
5	LOIS010	215	2/10/2015 2:00	2/10/2015 10:37	I1	2/10/2015 12:45	2.13	2/10/2015 13:30	0.75	736	3/10/2015 6:01
6	HINA008	188	2/10/2015 12:00	2/10/2015 12:00	I4	2/10/2015 14:20	2.33	2/10/2015 14:48	0.47	829	3/10/2015 12:40
7	W212044	175	2/10/2015 13:00	2/10/2015 11:15	I2	3/10/2015 1:28	14.22	3/10/2015 2:30	1.05	734	3/10/2015 20:46
8	HSO009	213	3/10/2015 8:00	3/10/2015 14:20	I4	3/10/2015 16:30	2.17	3/10/2015 17:34	1.08	464	4/10/2015 2:40
9	SBIT020	162	2/10/2015 13:00	3/10/2015 7:30	I1	3/10/2015 9:45	2.25	3/10/2015 10:20	0.6	1490	4/10/2015 10:50
10	IBUM168	171	3/10/2015 15:00	3/10/2015 19:00	I2	3/10/2015 22:30	3.5	3/10/2015 23:13	0.73	708	4/10/2015 12:35
11	MNOS011	163.9	2/10/2015 22:00	3/10/2015 6:00	I3	3/10/2015 8:15	2.25	3/10/2015 9:34	1.32	1844	4/10/2015 22:33
12	HOCE006	213	3/10/2015 16:00	4/10/2015 12:20	I1	4/10/2015 14:40	2.33	4/10/2015 16:20	1.68	757	5/10/2015 7:41
13	MAJU010	223	2/10/2015 15:00	4/10/2015 4:30	I4	4/10/2015 6:40	2.17	4/10/2015 7:23	0.72	1779	5/10/2015 8:35
14	UPAC034	182	4/10/2015 15:00	4/10/2015 15:30	I2	4/10/2015 18:00	2.5	4/10/2015 18:49	0.83	725	5/10/2015 12:30
15	CGAR147	186	5/10/2015 10:00	5/10/2015 10:15	I2	5/10/2015 14:00	3.75	5/10/2015 14:34	0.57	535	6/10/2015 1:40
16	KRAN164	146	5/10/2015 7:00	5/10/2015 10:20	I1	5/10/2015 12:30	2.17	5/10/2015 13:15	0.77	1016	6/10/2015 4:07
17	FNUR023	189	1/10/2015 14:01	5/10/2015 12:00	I3	5/10/2015 14:05	2.08	5/10/2015 14:31	0.43	413	6/10/2015 4:50
18	UNAN018	165	6/10/2015 22:00	7/10/2015 6:10	I3	7/10/2015 8:20	2.17	7/10/2015 8:43	0.38	518	7/10/2015 19:51

No	Nama Kapal	LOA	Kapal Datang	Pilot On Board	Berth	Berthing Time	Waktu Routing (Jam)	First Lift	Waktu Persiapan Crane	Total Volume (box)	Last Lift
19	WACI047	181	7/10/2015 6:00	7/10/2015 6:15	11	7/10/2015 8:30	2.25	7/10/2015 9:09	0.67	1235	7/10/2015 22:45
20	ALTO020	184	7/10/2015 20:00	7/10/2015 23:15	14	8/10/2015 1:30	2.25	8/10/2015 1:53	0.38	1418	8/10/2015 21:35
21	KSHA140	187	8/10/2015 17:00	8/10/2015 17:20	12	8/10/2015 19:25	2.08	8/10/2015 20:02	0.63	658	9/10/2015 10:43
22	MILA001	187	9/10/2015 9:00	9/10/2015 9:30	14	9/10/2015 11:30	2	9/10/2015 13:15	1.77	964	10/10/2015 7:33
23	CALE009	216	9/10/2015 11:00	9/10/2015 11:00	11	9/10/2015 13:10	2.17	9/10/2015 13:57	0.78	736	10/10/2015 8:11
24	W281016	183	9/10/2015 12:00	9/10/2015 12:30	13	9/10/2015 15:30	3	9/10/2015 16:40	1.17	700	10/10/2015 10:00
25	RUTE010	223	10/10/2015 7:00	10/10/2015 12:20	13	10/10/2015 14:25	2.08	10/10/2015 14:56	0.52	392	10/10/2015 22:52
26	NOVA004	222	10/10/2015 3:00	10/10/2015 8:20	14	10/10/2015 10:35	2.25	10/10/2015 11:30	0.93	799	11/10/2015 2:15
27	HAGA003	196	9/10/2015 17:00	9/10/2015 17:30	12	9/10/2015 19:30	2	9/10/2015 20:30	1.02	1470	11/10/2015 5:45
28	SBIT021	162	10/10/2015 5:00	10/10/2015 10:20	11	10/10/2015 13:10	2.83	10/10/2015 14:47	1.63	1449	11/10/2015 9:52
29	NOVI002	196	9/10/2015 19:00	11/10/2015 7:10	12	11/10/2015 9:30	2.33	11/10/2015 10:28	0.98	604	12/10/2015 1:40
30	LOPE051	200	11/10/2015 12:00	11/10/2015 13:05	11	11/10/2015 15:50	2.75	11/10/2015 16:29	0.65	861	12/10/2015 9:04
31	BOVO032	230	11/10/2015 5:00	11/10/2015 10:00	14	11/10/2015 12:15	2.25	11/10/2015 12:38	0.38	972	12/10/2015 10:08
32	CHIL014	222	11/10/2015 3:00	11/10/2015 6:10	13	11/10/2015 8:20	2.17	11/10/2015 8:54	0.57	1740	12/10/2015 12:50
33	ASRO006	181	10/10/2015 9:00	6/10/2015 8:25	12	12/10/2015 6:30	142.08	12/10/2015 7:02	0.53	875	12/10/2015 21:12
...											
...											
228	WACI059	181	30/12/2015 06:00	30/12/2015 06:15	11	30/12/2015 08:45	2.5	30/12/2015 09:07	0.38	1163	31/12/2015 00:50
229	UNAN024	165	29/12/2015 16:00	30/12/2015 06:05	12	30/12/2015 08:35	2.5	30/12/2015 08:57	0.38	573	31/12/2015 01:54
230	ALTO032	184	30/12/2015 13:00	30/12/2015 15:30	13	30/12/2015 18:20	2.83	30/12/2015 18:58	0.63	1351	31/12/2015 12:16
231	CSAO001	209	31/12/2015 05:00		14	31/12/2015 07:50	0	31/12/2015 08:33	0.72	444	31/12/2015 17:55

Lampiran 2. Data Kapal Domestik

Tabel 2 Data Kapal Domestik

No	Nama Kapal	LOA	Kapal Datang	Pilot On Board	Berth	Berthing Time	Waktu Routing (Jam)	First Lift	Waktu Persiapan Crane (Jam)	Total Volume (box)	Last Lift
1	KABA022	96	29/09/2015 05:00		D2	29/09/2015 10:40	0	29/09/2015 13:48	3.13	359	1/10/2015 7:15
2	KALM034	120	30/09/2015 06:00	30/09/2015 08:00	D3	30/09/2015 10:10	2.17	30/09/2015 12:29	2.32	504	1/10/2015 19:52
3	SPAS025	183	1/10/2015 3:00	1/10/2015 5:00	I3	1/10/2015 7:05	2.08	1/10/2015 8:29	1.4	458	1/10/2015 23:47
4	BATA041	97	2/10/2015 18:00	2/10/2015 22:05	D2	3/10/2015 0:05	2	3/10/2015 3:31	3.45	170	4/10/2015 1:17
5	VZON001	146	2/10/2015 18:00		D3	3/10/2015 21:00	0	3/10/2015 22:13	1.22	205	4/10/2015 10:53
6	PJAR014	114	3/10/2015 23:00	4/10/2015 15:15	D1	4/10/2015 17:15	2	4/10/2015 19:41	2.45	204	5/10/2015 5:00
7	SEMA082	164	4/10/2015 4:00	5/10/2015 10:00	I4	5/10/2015 12:05	2.08	5/10/2015 12:49	0.73	435	6/10/2015 1:19
8	TASE001	140	2/10/2015 12:00		D2	5/10/2015 5:05	0	5/10/2015 9:04	4	563	6/10/2015 17:35
9	RERO007	100	5/10/2015 7:00	6/10/2015 8:25	D2	6/10/2015 10:25	2	6/10/2015 11:25	1.02	180	6/10/2015 20:46
10	TEBU052	114	5/10/2015 9:00		D3	5/10/2015 22:20	0	6/10/2015 2:20	4	325	7/10/2015 6:40
11	RERO008	100	7/10/2015 3:19	6/10/2015 23:50	D2	7/10/2015 0:10	0.33	7/10/2015 4:49	4.65	107	7/10/2015 16:31
12	HIMA001	120	7/10/2015 20:00	7/10/2015 22:30	I2	7/10/2015 23:55	1.42	8/10/2015 0:58	1.05	315	8/10/2015 7:48
13	BASA008	97	5/10/2015 23:00	8/10/2015 2:00	I1	8/10/2015 5:00	3	8/10/2015 8:13	3.23	237	8/10/2015 17:30
14	BAKU023	97	6/10/2015 9:00	7/10/2015 7:55	D3	7/10/2015 9:55	2	7/10/2015 11:48	1.88	342	8/10/2015 20:00
15	ARSI009	121	7/10/2015 4:00	7/10/2015 14:45	D1	7/10/2015 16:45	2	7/10/2015 20:33	3.82	222	8/10/2015 17:30
16	MEPU003	120	7/10/2015 4:30	7/10/2015 21:20	D2	7/10/2015 23:20	2	8/10/2015 1:01	1.68	457	9/10/2015 2:35
17	JMAS026	120	3/10/2015 14:00	5/10/2015 21:00	D2	5/10/2015 23:00	2	6/10/2015 1:08	2.13	638	9/10/2015 22:00
18	SAMA070	97	8/10/2015 4:00		D3	9/10/2015 8:40	0	9/10/2015 13:17	4.62	300	10/10/2015 6:25
19	SEBA009	118	9/10/2015 2:00		D1	9/10/2015 13:40	0	9/10/2015 16:26	2.77	446	11/10/2015 3:10

No	Nama Kapal	LOA	Kapal Datang	Pilot On Board	Berth	Berthing Time	Waktu Routing (Jam)	First Lift	Waktu Persiapan Crane (Jam)	Total Volume (box)	Last Lift
20	MEBA001	98	10/10/2015 22:00	11/10/2015 1:00	D3	11/10/2015 3:15	2.25	11/10/2015 5:28	2.22	63	11/10/2015 10:26
21	ARNA004	121	11/10/2015 12:00		D2	11/10/2015 13:00	0	11/10/2015 14:41	1.68	374	12/10/2015 17:32
22	RERO009	100	11/10/2015 6:00		D3	11/10/2015 16:10	0	11/10/2015 16:45	0.6	237	12/10/2015 17:23
23	STIT064	164	11/10/2015 8:45	12/10/2015 12:50	I4	12/10/2015 13:55	1.08	12/10/2015 14:28	0.57	273	13/10/2015 04:35
24	TEBI046	114	10/10/2015 17:00	12/10/2015 15:00	D1	12/10/2015 17:00	2	12/10/2015 18:25	1.42	276	13/10/2015 10:05
25	TEBU053	114	11/10/2015 12:00		D2	12/10/2015 20:34	0	12/10/2015 21:26	0.87	314	13/10/2015 03:15
26	KALM035	120	10/10/2015 12:00		D3	12/10/2015 22:00	0	13/10/2015 01:24	3.4	353	14/10/2015 04:25
27	SPAS026	183	12/10/2015 19:00	13/10/2015 08:00	I1	13/10/2015 10:15	2.25	13/10/2015 11:34	1.33	639	14/10/2015 07:08
28	KABA023	96	13/10/2015 06:00	13/10/2015 08:30	D1	13/10/2015 10:30	2	13/10/2015 14:16	3.77	217	14/10/2015 03:43
29	FORT015	96	14/10/2015 09:00	14/10/2015 19:00	I1	14/10/2015 20:55	1.92	14/10/2015 21:55	1.02	219	15/10/2015 17:22
30	PJAR015	114	13/10/2015 06:00		D2	14/10/2015 04:30	0	14/10/2015 05:41	1.2	528	16/10/2015 07:30
31	BAKU024	97	14/10/2015 02:00	14/10/2015 14:45	D1	14/10/2015 16:45	2	14/10/2015 20:01	3.28	209	16/10/2015 07:30
32	TSA1005	126	12/10/2015 19:35	14/10/2015 19:00	D3	14/10/2015 21:07	2.12	15/10/2015 00:16	3.15	557	16/10/2015 07:45
33	HIMA002	120	12/10/2015 19:00	13/10/2015 18:40	D3	13/10/2015 20:40	2	13/10/2015 21:40	1.02	429	17/10/2015 20:30
34	ASDA005	150	13/10/2015 02:00		D2	16/10/2015 13:15	0	16/10/2015 16:42	3.45	507	18/10/2015 15:30
...											
...											
141	PJAR020	114	26/12/2015 02:00	26/12/2015 20:30	D3	26/12/2015 22:50	2.33	27/12/2015 00:38	1.8	235	27/12/2015 13:05
142	LAGU054	97	26/12/2015 23:00		D2	27/12/2015 15:45	0	27/12/2015 17:55	2.18	333	28/12/2015 15:21
143	KMAS067	120	27/12/2015 22:00	28/12/2015 17:00	I4	28/12/2015 19:15	2.25	28/12/2015 19:55	0.67	123	29/12/2015 01:59
144	ARTI013	115	28/12/2015 11:00	29/12/2015 12:27	I4	29/12/2015 14:27	2	29/12/2015 15:01	0.57	379	30/12/2015 12:52
145	BATA046	97	27/12/2015 02:00		D3	28/12/2015 18:25	0	28/12/2015 20:31	2.1	287	30/12/2015 13:23
146	JMAS029	120	28/12/2015 05:00	29/12/2015 10:00	D2	29/12/2015 12:02	2.03	29/12/2015 14:09	2.12	442	31/12/2015 11:57

Lampiran 3. Hasil *Running* Skenario

Tabel 3. Hasil *Running* Skenario 1

skenario 1	Rata-rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	15.44	8.35	17.06	15.41	16.08	16.07
2	16.65	9.14	17.15	16.78	18.25	19.25
3	17.00	9.84	16.49	15.66	15.89	14.74
4	16.84	9.15	17.70	15.96	17.15	18.01
5	15.06	8.43	17.08	16.79	16.85	17.38
6	16.59	9.50	16.41	14.32	15.84	16.55
7	16.77	8.64	17.59	16.54	19.50	19.46
8	15.01	8.73	16.31	14.54	15.83	17.36
9	18.50	10.70	15.92	15.68	18.10	18.34
10	16.84	9.56	16.10	16.81	17.47	17.22
11	14.54	7.46	16.58	14.97	16.15	16.74
12	16.26	8.98	17.68	16.97	19.20	19.31
13	15.93	8.33	17.55	16.84	19.73	17.25
14	17.99	10.13	16.61	15.82	15.96	16.11
15	14.26	9.18	17.05	18.19	16.68	18.37
16	16.18	9.31	16.13	15.90	16.03	18.14
17	14.75	8.88	18.05	17.59	19.60	21.67
18	14.82	8.41	18.47	16.40	18.70	20.48
19	16.32	8.49	15.79	19.10	18.29	22.33
20	16.19	9.24	16.28	17.30	19.69	19.02
21	15.09	8.91	18.77	19.08	18.45	17.48
22	17.52	8.21	17.87	16.81	18.97	18.87
23	16.32	8.10	17.22	16.47	17.24	16.84
24	15.63	8.41	15.99	16.38	17.39	20.62
25	14.64	8.77	18.53	18.35	19.21	17.78
26	18.33	9.36	18.55	18.53	21.12	21.11
27	16.24	9.10	14.73	14.33	15.54	15.44
Rata-rata	16.136	8.937	17.024	16.575	17.737	18.219

Tabel 4. Hasil *Running* Skenario 2

skenario 2	Rata-rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	15.39	8.43	16.54	15.38	16.60	18.92
2	17.60	9.49	15.88	16.31	17.91	20.85
3	17.87	9.59	14.89	15.08	16.37	19.56

skenario 2	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
4	15.99	8.89	16.88	16.15	16.45	16.45
5	15.92	8.95	17.30	15.67	16.65	19.85
6	15.45	8.66	15.91	15.25	14.55	16.26
7	15.50	9.47	16.07	15.04	14.49	17.28
8	17.72	8.78	17.65	17.32	16.83	18.34
9	16.83	8.53	15.55	15.51	15.17	17.21
10	19.24	9.35	17.26	16.97	15.05	17.62
11	14.09	7.82	17.72	15.45	14.78	17.77
12	16.61	9.76	18.33	16.29	15.05	18.69
13	16.83	8.86	16.72	15.61	15.07	17.75
14	18.89	10.11	15.16	15.67	15.25	16.34
15	16.75	8.81	16.05	15.58	14.66	15.19
16	17.05	9.48	15.82	14.99	14.14	15.51
17	16.29	9.14	19.62	16.79	17.46	18.42
18	16.11	8.43	18.13	17.05	18.00	21.61
19	17.55	9.41	14.00	14.30	14.86	14.95
20	15.86	9.30	15.87	15.74	16.14	19.43
21	15.61	8.12	17.32	16.26	15.13	17.74
22	14.39	7.85	17.26	15.82	17.21	19.70
23	15.43	8.77	16.93	16.03	15.29	17.05
24	18.77	10.21	15.67	16.31	16.08	18.71
25	15.23	8.44	16.57	16.16	15.88	16.92
26	14.45	8.55	16.74	16.96	16.63	20.19
27	17.44	9.56	16.74	16.40	15.08	14.74
Rata-rata	16.475	8.990	16.613	15.928	15.807	17.890

Tabel 5 Hasil *Running* Skenario 3

skenario 3	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	16.47	9.10	14.91	14.29	15.75	19.72
2	18.96	9.75	15.99	15.20	13.24	16.74
3	17.88	9.50	15.39	13.57	13.97	16.02
4	17.00	9.77	16.27	12.71	18.43	19.71
5	18.09	8.92	17.64	13.97	16.01	18.75
6	16.53	9.12	14.95	12.75	14.95	17.72
7	15.78	8.91	16.90	14.92	16.48	16.24
8	16.57	8.13	15.41	13.90	14.36	14.70
9	19.24	9.54	17.06	15.07	15.66	16.10
10	18.18	9.87	17.26	13.46	15.00	17.51

	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
skenario 3	D2	D3	I1	I2	I3	I4
11	16.92	9.37	15.74	13.45	18.17	19.64
12	18.07	9.77	17.23	12.85	16.57	17.83
13	15.47	8.40	15.38	14.45	18.22	19.90
14	16.55	9.99	15.74	13.84	16.08	17.04
15	14.91	8.43	15.87	15.43	15.90	17.47
16	15.87	8.84	17.14	14.33	16.21	16.54
17	17.77	9.72	16.93	15.23	17.09	19.26
18	15.53	9.15	17.06	14.69	23.50	26.44
19	17.25	8.94	15.98	14.76	17.13	16.94
20	15.81	8.99	16.66	13.81	16.84	18.92
21	16.84	8.71	14.93	14.88	15.52	16.75
22	16.00	8.48	15.90	13.53	16.37	18.10
23	14.85	7.82	16.05	14.50	15.81	17.63
24	17.62	9.49	14.24	12.94	14.25	19.17
25	15.29	9.20	15.60	13.92	15.76	17.11
26	15.70	8.47	15.96	14.23	17.33	18.74
27	16.68	9.30	16.95	15.03	19.36	17.16
Rata-rata	16.73	9.10	16.12	14.14	16.44	18.07

Tabel 6 Hasil *Running* Skenario 4

	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
Skenario 4	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	17.74	9.26	14.09	14.50	17.97	23.93
2	14.72	9.07	13.42	16.00	17.92	21.56
3	18.83	8.55	12.77	14.88	15.63	20.05
4	17.06	8.98	14.99	12.57	15.98	23.07
5	17.42	9.37	12.34	13.81	16.25	21.07
6	15.54	9.37	14.05	14.40	16.31	19.55
7	17.05	9.48	14.94	16.68	17.25	24.09
8	18.74	9.71	14.95	14.85	17.66	23.46
9	15.49	9.90	12.60	12.95	14.36	20.97
10	18.29	9.76	13.55	14.35	15.01	21.01
11	16.18	9.16	14.72	14.83	17.79	21.53
12	16.38	9.13	13.64	14.56	20.44	24.04
13	15.93	8.76	13.81	15.93	16.89	19.19
14	16.81	8.84	13.68	13.60	14.47	19.72
15	18.51	9.01	12.61	15.41	16.92	21.04
16	17.34	8.22	14.81	16.20	19.25	26.29
17	14.90	8.47	15.68	15.18	14.90	18.97

Skenario 4	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
18	15.13	8.56	13.48	15.46	16.06	22.15
19	13.92	8.59	14.65	15.55	17.05	23.14
20	15.63	8.47	14.99	14.98	18.77	20.88
21	16.43	8.09	12.91	14.51	16.89	24.96
22	16.15	8.15	13.52	15.10	16.86	21.14
23	14.93	8.43	14.66	14.79	18.60	24.14
24	17.29	9.57	15.20	16.07	18.51	21.06
25	13.70	8.28	14.85	16.06	16.98	22.07
26	16.05	8.25	15.68	15.47	18.06	22.68
27	16.78	9.13	15.44	14.63	19.90	22.58
Rata-rata	16.40	8.91	14.15	14.94	17.14	22.01

Tabel 7. Hasil *Running* Skenario 5

Skenario 5	Rata-rata Waktu Kerja Crane Tiap Berth (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
1	18.80	9.80	14.35	13.32	18.34	21.35
2	15.56	8.76	14.76	16.26	17.18	20.95
3	17.80	8.94	12.99	15.78	17.16	17.75
4	15.88	8.03	13.20	15.82	19.48	19.89
5	16.55	9.66	13.34	15.44	17.29	21.25
6	17.99	9.68	13.22	15.16	17.92	19.03
7	14.85	9.00	14.80	15.66	18.75	21.90
8	17.79	8.97	14.08	15.71	20.57	23.37
9	16.26	9.64	12.54	14.84	17.47	19.18
10	16.62	8.88	12.52	14.77	14.72	19.07
11	19.12	9.34	14.99	15.50	19.06	19.48
12	14.14	8.44	13.30	15.23	17.35	23.43
13	16.28	8.89	13.67	15.18	16.86	19.89
14	16.43	8.89	12.93	15.40	16.21	18.91
15	16.60	9.17	13.49	15.98	16.32	16.58
16	16.49	8.36	14.89	17.09	18.33	23.93
17	15.89	9.46	15.24	15.10	20.37	22.90
18	14.12	8.47	14.17	16.09	19.09	23.08
19	15.40	9.03	13.15	12.89	16.33	17.20
20	15.44	8.79	14.38	15.60	18.95	20.62
21	16.86	8.97	13.60	15.25	17.35	20.78
22	17.94	9.36	14.08	16.10	14.69	18.46
23	16.91	9.33	14.65	15.54	19.30	21.64
24	16.01	8.89	14.36	15.95	17.84	21.98

Skenario 5	Rata-rata Waktu Kerja <i>Crane</i> Tiap <i>Berth</i> (Jam)					
	D2	D3	I1	I2	I3	I4
25	15.97	8.73	13.73	15.84	18.14	22.41
26	17.18	9.43	13.20	15.43	19.06	20.24
27	16.09	8.69	12.87	15.37	17.52	23.33
Rata-rata	16.480	9.022	13.796	15.419	17.839	20.689

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki 4 *berth* untuk kapal internasional dan 2 *berth* untuk kapal domestik. PT TPS memiliki 9 *crane* untuk *berth* internasional dan 3 *crane* untuk *berth* domestik. Hasil simulasi kondisi eksisting menunjukkan kinerja *berth* dan *crane* pada tiap *berth*. Berdasarkan hasil *running* simulasi kondisi eksisting dapat diketahui bahwa rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap kapal di *berth* domestik sebesar 12.7 jam dan di *berth* internasional sebesar 17.4 jam.
2. Pada simulasi kondisi eksisting, kapal yang datang akan memilih *berth* dengan nomor paling kecil terlebih dahulu. Pemilihan *crane* pada tiap *berth* dilakukan berdasarkan *crane* yang kosong, dimana *crane* dengan nomor awal dipilih terlebih dahulu untuk melayani kapal tersebut. Apabila saat kapal datang sisa waktu di *shift* awal kurang dari 1.5 jam, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 1 buah *crane*. Apabila saat kapal datang sisa waktu di *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya, maksimal alokasi *crane* yang digunakan adalah 3 buah *crane* untuk *berth* internasional dan 2 untuk *berth* domestik.
3. Pada penelitian ini dilakukan perubahan jumlah maksimal *crane* yang dialokasikan pada tiap *berth*. Berikut merupakan skenario perbaikan yang diusulkan:
 - a. Pada skenario 1, apabila sisa waktu di *shift* awal kurang dari 1.5 jam, dilakukan perubahan maksimal alokasi *crane* yang digunakan menjadi 2 buah *crane* untuk *berth* internasional. Pada skenario 1 perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya. Perubahan dilakukan dengan mengubah 3 unit *crane* menjadi 4 buah *crane* untuk *berth* I4.

- b. Pada skenario 2, perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya dengan mengubah menjadi 4 unit *crane* untuk *berth* I3 dan I4.
- c. Pada skenario 3, perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya dengan mengubah menjadi 4 unit *crane* untuk *berth* I2, I3 dan I4.
- d. Pada skenario 4, perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya dengan mengubah menjadi 4 unit *crane* untuk *berth* I1, I2 dan I3.
- e. Pada skenario 5, perubahan jumlah maksimal alokasi *crane* dilakukan apabila sisa waktu pada *shift* awal lebih dari 1.5 jam dan pada *shift* selanjutnya dengan mengubah menjadi 4 unit *crane* untuk *berth* internasional.

Kemudian dilakukan *running* simulasi pada 5 skenario. Ukuran performansi yang digunakan adalah rata-rata waktu kerja *crane* pada tiap kapal di tiap *berth*. rata-rata waktu kerja *crane* paling rendah pada *berth* internasional dihasilkan oleh skenario 3. Pada skenario 3, terjadi peningkatan rata-rata waktu kerja *crane* pada *berth* domestik sebesar 0.02 jam namun masih dapat ditoleransi (kurang dari 5%), sehingga skenario terpilih adalah skenario 3.

4. Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengganti variabel kecepatan *crane*, waktu tunggu truk dan tingkat kedatangan kapal pada skenario terpilih. Perubahan kecepatan *crane* berpengaruh terhadap rata-rata waktu kerja *crane* di *berth* internasional dan *berth* domestik. Semakin besar kecepatan *crane* mengakibatkan rata-rata waktu kerja *crane* semakin singkat. Perubahan waktu tunggu truk pada tiap shift berpengaruh terhadap meningkatnya rata-rata waktu kerja *crane* di *berth* internasional dan *berth* domestik.

Peningkatan tingkat kedatangan kapal dapat ditunjukkan dengan distribusi waktu antar kedatangan kapal yang semakin kecil. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa apabila kondisi terminal PT TPS mengalami kepadatan

kedatangan kapal hingga 50%, setiap *berth* dan *crane* dapat mencapai utilitas yang cukup tinggi dan perusahaan mampu melayani kapal dengan jumlah *berth* dan *crane* yang tersedia sekarang.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran untuk penelitian selanjutnya adalah memperhatikan faktor-faktor lain yang berpengaruh pada kinerja *crane*, seperti keandalan *crane*.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Anon., 1980. *Oxford American Dictionary*. New York: Oxford University Press.
- Ernst, A., Jiang, H., K. & Sier, D., 2003. Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *A.T. Ernst et al. / European Journal of Operational Research*, Volume 153, p. 3–27.
- Francesco, M. D., Fancello, G., Serra, P. & Zuddas, P., 2014. Optimal management of human resources in transshipment container ports. *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*.
- Giallombardo, G., Moccia, L., Salani, M. & Vacca, I., 2008. THE TACTICAL BERTH ALLOCATION PROBLEM WITH QUAY CRANE ASSIGNMENT AND TRANSSHIPMENT-RELATED QUADRATIC YARD COSTS. *AET*.
- He, J., 2016. Berth allocation and quay crane assignment in a container terminal for the trade-off between time-saving and energy-saving. *Advanced Engineering Informatics*, Volume 30, pp. 390-405.
- Imai, A., Chen, H. C., Nishimura, E. & Papadimitriou, S., 2008. The simultaneous berth and quay crane allocation problem. *Transportation Research Part E*, Volume 44, p. 900–920.
- Kelton, D., Sadowski, R. & Sturrock, D., 2003. *Simulation with Arena*. s.l.:McGraw-Hill Higher Education.
- Legato, P. & Monaco, F., 2004. Human Resources Management at a Marine Container Terminal. *European Journal of Operational Research* 156, p. 769–781.
- Meisel, F., 2011. The quay crane scheduling problem with time windows. *Naval Research Logistics (NRL)*, 5(7), pp. 619-636.
- PT Pelabuhan Indonesia III, 2014. *Annual Report 2014*. Surabaya: PT Pelabuhan Indonesia III.
- PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA, n.d. *PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA*. [Online]
Available at: <http://www.tps.co.id/>
[Accessed 13 Maret 2016].
- Republik Indonesia, 2008. *Undang Undang No 17*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia: Jakarta.
- R. I., 2001. *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 69 TAHUN 2001 TENTANG KEPELABUHANAN*. s.l.:REPUBLIK INDONESIA.

- S., 2013. Analisa Kinerja Terminal Petikemas di Tanjung Perak Surabaya (Study Kasus: PT. Terminal Petikemas Surabaya). *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 19(1), pp. 89-97.
- Steenken, D., Voss, S. & Stahlbock, R., 2004. Container terminal operation and operations research - a classification and literature review. *OR Spectrum*, Volume 26, pp. 3-49.
- Triatmodjo, B., 2009. *PERENCANAAN PELABUHAN*. Yogyakarta: Beta Offset.
- UNCTAD, 1985. *Port Development: A Handbook For Planners in Developing Countri*. 2 ed. Geneva: UNITED NATIONS.
- UNCTAD, 1987. *Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity*. Geneva: United Nations.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 1985. *Port Development: A Handbook For Planners in Developing Countri*. 2 ed. Geneva: UNITED NATIONS.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 2015. *Review of Maritime Transport*, New York and Geneva: United Nations.
- Zeng, J. & Hsu, W.-J., 2008. Conflict-free container routing in mesh yard layouts. *Robotics and Autonomous Systems*, 56(5), p. 451–460.

BIOGRAFI PENULIS



Edwina Sevieria Ciptadewi lahir di Surabaya pada tanggal 25 September 199. Penulis telah mengambil pendidikan formal di SDN Kertajaya XII Surabaya (2000-2006), SMP Negeri 12 Surabaya (2006-2009) dan SMA Negeri 15 Surabaya (2009-2012). Penulis memulai status mahasiswa pada tahun 2012 di jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama perkuliahan, penulis aktif mengikuti kepanitiaan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS diantaranya adalah menjadi Liaison Officer INCHALL 2015, tim *fundraising* dan sie konsumsi INCHALL 2014, sie kestarti SISTEM 2013 dan sie humas *Business Training* (BRAIN 2014).

Penulis tertarik menekuni bidang *Supply Chain*. Penulis pernah menjalani kerja praktek di PT Vale Indonesia, Tbk pada Departemen *Supply Chain Management*, Divisi *Shipping and Traffic*. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut edwinasevieria@gmail.com.