

## **SIMULASI KEGIATAN BONGKAR MUAT UNTUK OPTIMASI COMBINE TRACTOR TERMINAL (CTT) PADA TERMINAL PETIKEMAS DI SURABAYA**

Aris Setya Yuwana<sup>1\*</sup> Nurhadi Siswanto<sup>2\*</sup>  
<sup>1,2</sup> Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
E-mail: <sup>1</sup> [aris.yuwana.pp3@gmail.com](mailto:aris.yuwana.pp3@gmail.com), <sup>2</sup> [siswanto@ie.its.ac.id](mailto:siswanto@ie.its.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penggunaan petikemas sebagai sarana pengiriman barang melalui jalur laut dari tahun ketahun semakin meningkat. Terminal petikemas merupakan tempat untuk kegiatan bongkar muat petikemas. Terminal petikemas mempunyai mempunyai peralatan diantaranya *Container Crane (STS)*, *Combine Tractor Terminal (CTT)*, *Automatic Stacking Crane (ASC)* untuk mendukung kegiatan bongkar muat. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah menggunakan simulasi. Metode simulasi merupakan metode yang paling tepat dikarenakan jenis data dalam penelitian ini bersifat stokastik.

Hasil dari penelitian ini adalah jumlah CTT yang paling efektif adalah menggunakan 5 unit CTT untuk melayani 1 unit STS baik dermaga domestik maupun internasional. Parameter yang dijadikan acuan antara lain utilitas STS dan CTT, berthing time, operating time, BCH dan BSH

*Kata Kunci:* Terminal Petikemas, Petikemas, Simulasi, *Combine Tractor Terminal (CTT)*

## **SIMULATION UNLOADING ACTIVITY TO OPTIMIZE COMBINE TRACTOR TERMINAL (CTT) ON CONTINENTAL TERMINAL IN SURABAYA**

### **ABSTRACT**

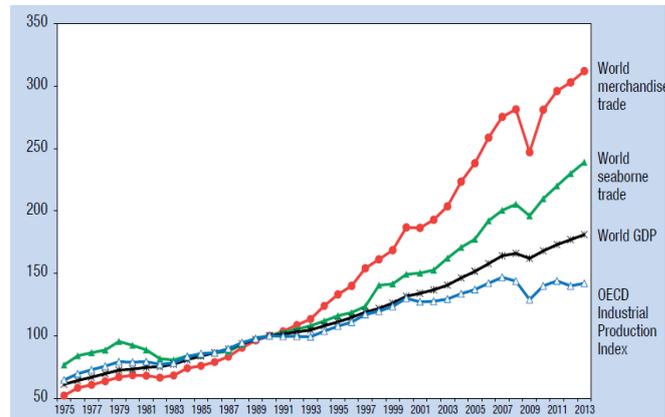
The use of container (containerized) for delivery of goods is increasing. Container terminal is a place for loading and unloading containers. Container terminal has equipment for loading unloading container such as Container Crane (STS), Combine Tractor Terminal (CTT), Automatic Stacking Crane (ASC) to support loading and unloading activities. In this study will analyze the activities of transfer container from the docks to the container yard. This study aims to determine the amount of CTT from scenarios. The method in this study is simulation. The simulation because the type in process is stochastic. Result from this study is the number of CTT most effective if use 5 units of CTT for international and domestic. The parameter are used as reference such as utility of STS and CTT, berthing time, operating time, BCH and BSH.

*Keywords:* Container Terminal, Container, Simulation, Combine Tractor Terminal (CTT)

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan ekonomi dunia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Transportasi melalui transfer jalur laut (*seaborne trade*) memegang sekitar 80% perdagangan dunia dan mendorong timbulnya globalisasi. Menurut data dari UNCTAD (*United Nations Conference on Trade and Development*) dalam *Review of Maritime Transport 2014* menyebutkan bahwa pada tahun 2013, perdagangan dunia melalui laut mencapai 9,6 milyar ton atau meningkat sekitar 3,8% dari tahun sebelumnya (Gambar 1).

Gambar 1. Perkembangan Arus Barang Dunia

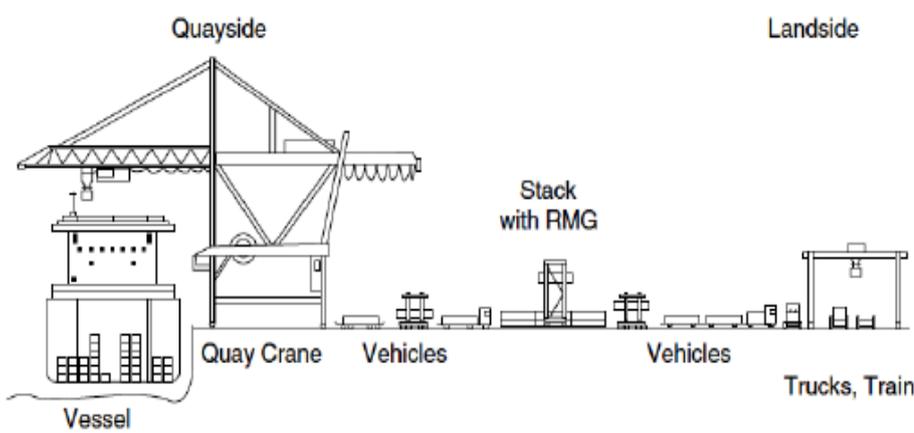


Peningkatan arus barang juga terjadi pada pengiriman barang menggunakan petikemas mencapai 650 trilyun TEUS pada tahun 2013 atau meningkat dari sebesar 7,2% dari tahun sebelumnya. Jumlah komoditi yang diangkut menggunakan petikemas dari tahun 1980 sampai 2013 mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Pada tahun 1980 hanya 102 juta ton sedangkan pada tahun 2013 sudah mencapai 1.524 juta ton.

Bongkar muat petikemas dari kapal dilakukan oleh *Ship to Shore (STS)*. Proses selanjutnya adalah petikemas akan diangkut menggunakan Combine Tractor Truck (CTT) menuju lapangan penumpukkan (CY). Dalam kondisi eksisting, satu buah STS dilayani oleh 7 buah CTT. Kondisi operasional saat ini terjadi antrian ketika CTT akan menunggu proses bongkar dan muat dari STS. Adanya antrian tersebut menandakan bahwa belum optimalnya jumlah STS untuk saat ini. Waktu tunggu CTT diharapkan dapat dipersingkat tetapi tetap memperhatikan utilitas dari STS. Waktu tunggu CTT pada dermaga rata-rata adalah lebih dari 4 menit. Utilitas STS pada kondisi eksisting bernilai sekitar 45%, (Sumber : Data Internal Pelindo III). Jumlah CTT akan dirubah sesuai dengan skenario yang disiapkan untuk mencari kombinasi utilitas alat serta waktu tunggu CTT yang paling rendah pada satu siklus operasi bongkar muat petikemas di PT Terminal Teluk Lamong.

## KAJIAN PUSTAKA

Penggunaan petikemas yang semakin meningkat tentunya memerlukan suatu tempat untuk melakukan kegiatan bongkar-muat petikemas. Terminal petikemas berfungsi sebagai *transfer interface* antara kapal-kapal pengangkut petikemas dengan moda transportasi darat. Terminal petikemas juga dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan petikemas sebelum pemilik



petikemas mengambilnya. Secara umum, layout dari terminal petikemas seperti tergambar pada

Gambar 2 Ilustrasi Terminal Petikemas (Steenken et al., 2004)

### Peralatan Bongkar Muat

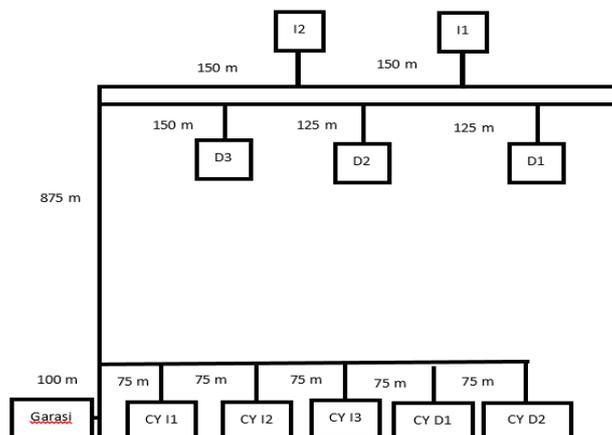
Terminal petikemas memiliki beberapa alat khusus yang berkaitan dengan kegiatan di terminal yang memang spesifik. Beberapa alat yang digunakan secara umum di terminal petikemas adalah Ship to Shore (STS), Combine Terminal Tractor (CTT), Docking Station (DS) dan Automatic Stacking Crane (ASC).

Petikemas dari kapal dibongkar menggunakan STS kemudian diangkut menuju lapangan penumpukkan menggunakan CTT. CTT membawa petikemas ke lapangan penumpukkan sesuai dengan role yang telah ditentukan. CTT akan meletakkan petikemas di DS yang selanjutnya ditumpuk di lapangan penumpukkan oleh ASC.

### Layout Terminal Petikemas

Terminal petikemas yang akan digunakan sebagai bahan penelitian merupakan salah satu terminal/dermaga di Surabaya. Terminal petikemas mempunyai 5 blok CY, 3 CY Internasional serta 2 CY Domestik. *Container Yard (CY)* tersebut digunakan untuk melayani 5 buah STS. STS tersebut terdiri dari 2 unit STS Internasional serta 3 unit STS Domestik. Penghubung dibutuhkan untuk menghubungkan STS dengan Penghubung yang digunakan adalah menggunakan *Combine Tractor Terminal (CTT)*. CTT akan memindahkan petikemas dari dermaga ke CY maupun sebaliknya. Penggambaran lebih jelas mengenai layout posisi STS dan CY tergambar pada Gambar 3 dibawah ini.

Gambar 3. Layout Terminal Petikemas



Dalam penelitian ini akan dilihat nilai performansi dari kedua jenis dermaga yaitu domestik dan internasional. Kedua dermaga tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik untuk alat-alatnya juga berbeda. STS di dermaga internasional memiliki kemampuan maksimal untuk membongkar petikemas per menit adalah 35 box/menit, sedangkan STS di dermaga domestik kemampuannya adalah 30 box/menit.

### Sistem

Khoshnevis (1994) berpendapat bahwa sistem adalah sekumpulan unsur/elemen yang

saling berkaitan dan saling mempengaruhi dalam melakukan kegiatan bersama untuk mencapai suatu tujuan. Sistem adalah setiap kesatuan secara konseptual atau fisik yang terdiri dari bagian-bagian dalam keadaan saling tergantung satu sama lainnya

Secara umum, sistem dapat diklasifikasikan sebagai sistem statis dan sistem dinamis. Sistem statis adalah sistem yang *statenya* tidak berubah setiap saat. Khoshnevis (1994) berpendapat bahwa sistem dinamis adalah sistem yang *statenya* berubah setiap satuan waktu. Sistem dapat diklasifikasikan menurut perubahan variable-variabel yang dipilih untuk mewakili *state* dari sistem. Apabila variable-variabel sistem berubah secara terus-menerus setiap saat, sistem seperti ini disebut sistem kontinyu. Jika variable-variabel sistem berubah secara diskontinyu setiap saat, sistem tersebut diklasifikasikan sebagai sistem diskrit. Jika beberapa variable berubah secara continue dan yang lainnya diskontinyu, maka sistem tersebut dapat diklasifikasikan sebagai sistem kombinasi

Fitur sistem diskrit dapat dikatakan sebagai berikut; *entities* membawa *attributes* dan melakukan beberapa *activities*. *Activities* dilakukan sesuai aturan dalam sistem dan menggunakan beberapa *resources* dalam sistem sehingga menciptakan *events* yang merubah *state* sistem dengan tetap menjaga *relations* yang logis. Berikut ini definisi singkat dari fitur-fitur yang ada pada sistem diskrit menurut Khoshnevis (1994) :

- *System* adalah bagian dari realitas yang terbentuk dari beberapa komponen yang saling berinteraksi sehingga membentuk suatu fungsi yang tidak dapat berfungsi jika komponen-komponen tersebut bekerja sendiri-sendiri.
- *Parameter* adalah *independent measures* yang mengkonfigurasi kondisi input-input dan struktur sistem. Parameter dalam sistem buatan dapat langsung dikendalikan.
- *Variabels* adalah *dependent measures* yang bergantung pada parameter dan variabel-variabel lainnya dan dapat berubah setiap saat pada sistem dinamis.
- *Events* adalah kejadian atau peristiwa yang signifikan terjadi karena perubahan *state* sistem diskrit.
- *Entities* adalah objek dalam sistem dinamis yang bergerak dalam sistem yang dapat menghasilkan *events*.
- *Attributes* adalah karakteristik dan property yang dapat menjelaskan suatu *entity*.
- *Activities* adalah tindakan yang menghabiskan waktu (tidak termasuk waktu tunggu) dimana permulaan dan berakhirnya tindakan tersebut beretepatan dengan munculnya *event*.
- *Resources* adalah komoditas (yang terbatas) yang digunakan, dikonsumsi, atau diisi oleh *entity*.
- *Control* adalah mekanisme yang mengatur dan mengontrol agar suatu sistem dinamis tetap dalam sasaran pencapaian tujuan.

## Simulasi

Anu Maria (1997) berpendapat bahwa keterbatasan metode analisis matematis juga alasan mengapa simulasi perlu dilakukan karena begitu kompleksnya suatu sistem dan terdapat kesulitan dalam melakukan validasi terhadap model matematis yang menjelaskan perilaku sistem. Kelton, Sadowski, & Zupick (2015) berpendapat bahwa simulasi merupakan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru kebiasaan sistem yang nyata, biasanya menggunakan sistem komputer yang sesuai

Kelton, et al. (2006) berpendapat bahwa untuk mempelajari suatu sistem nyata dan menganalisis performansi sistem tersebut dengan menggunakan metode simulasi, maka harus melewati beberapa tahap simulasi yang disebut proses simulasi. Langkah-langkah dalam simulasi identifikasi sistem nyata, mendefinisikan suatu model yang merepresentasikan sistem nyata, konstruksi model simulasi di computer, verifikasi model, validasi model, simulasi model, analisis hasil simulasi dengan menggunakan metode statistik.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Terminal Teluk Lamong (TTL) yang beralamat di Jl. Raya Tambak Osowilangun Km. 12, Kelurahan Tambak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya, Jawa Timur 60191 yang merupakan anak perusahaan dari PT Pelabuhan Indonesia III (Persero). Beberapa data yang digunakan berupa data kapal sandar, banyaknya petikemas yang dibongkar dan dimuat, kecepatan alat bongkar muat, spesifikasi alat bongkar muat, layout dermaga dari TTL dan beberapa data lapangan yang terkait operasional. Data yang digunakan adalah data operasional selama 3 bulan yaitu bulan Juli 2016 sampai September 2016.

### Konstruksi Model

Setelah dilakukan identifikasi sistem nyata dilapangan dan data lapangan telah diperoleh maka langkah selanjutnya adalah membuat konstruksi model yang merepresntasikan keadaan nyata terkait kegiatan bongkar muat khususnya pada bagain transfer petikemas dari kapal menuju lapangan penumpukkan ataupun sebaliknya. Output dari tahapan ini adalah suatu model komputerisasi yang akan dibaca oleh *software* simulasi sistem diskret. Langkah-langkah konstruksi suatu model kedalam sistem adalah sebagai berikut:

- a. Menterjemahkan proses bongkar muat kedalam suatu diagram alir yang akan menunjukkan aktifitas dan fungsi tiap komponen dalam sistem tersebut.
- b. Membuat *activity cycle diagram*, yaitu diagram yang memodelkan interaksi dari aktivitas dan sangat berguna khusu untuk sistem yang mempunyai banyak struktur antrian.

### Simulasi Sistem Diskret

Sistem yang akan menjadi perhatian dalam penelitian ini mempunyai karakteristik sebagai sistem yang diskret. Data-data yang diperlukan dari parameter yang mempengaruhi semua proses. Beberapa data yang diperlukan diantaranya jadwal kedatangan kapal, banyaknya petikemas yang dibongkar dan dimuat termasuk ukuran petikemas, lamanya waktu operasional bongkar muat per kapal dan *history* data-data yang lain. Semua data tersebut dilakukan diolah untuk memperoleh distribusi yang paling mendekati sistem nyatanya.

Alasan menggunakan simulasi karena adanya beberapa ketidakpastian dalam aktivitas bongkar muat di terminal petikemas dan adanya beberapa antrain yang akan sangat sulit untuk didefinisikan apabila menggunakan perhitungan matematis atau metode heuristic. Dengan menggunakan simulasi sistem diskrit, hasilnya akan lebih merepresentasikan sistem nyata yang terjadi di Terminal Teluk Lamong.

Ketika simulasi berjalan, seluruh entity akan saling berinteraksi dan melakukan perubahan state dari sistem. Beberapa terminology berikut ini akan kita perlukan untuk menjelaskan operasi dari entity selama simulasi dan juga menerangkan aliran waktu dalam simulasi:

- *Event* adalah waktu sesaat yang secara signifikan menyebabkan terjadinya perubahan state dari sistem. Seperti ketika entity masuk atau meninggalkan suatu set, atau pada saat operasi dimulai. Perlu diketahui disini bahwa pendefinisian *event* pada suatu model simulasi adalah bergantung pada tujuan simulasi. *Event* adalah sesuatu yang penting dalam simulasi *discret*, seperti telah kita lihat pada bab sebelumnya bahwa event-lah yang menyebabkan berjalan simulasi.
- Aktifitas; suatu entiti bergerak dari set satu ke set lainnya karena operasi yang meraka alami. Operasi dan prosedur yang mengawali suatu pada tiap event disebut aktivitas.
- Proses adalah kumpulan event yang berurutan atau diurutkan secara kronologis.

- Jam simulasi (*simulation clock*) adalah yang mengendalikan jalannya simulasi. Jam inilah yang akan dijalankan untuk menentukan kapan suatu event terjadi.

### Eksperimen dan Running Simulasi

Apabila model simulasi telah dibuat pada tahap pengembangan model, maka tahap selanjutnya adalah dilakukan eksperimen dan running simulasi untuk mengetahui fenomena yang terjadi sesuai dengan skenario-skenario yang dikembangkan. Eksperimen yang dilakukan adalah pada penelitian ini adalah menentukan jumlah CTT yang didedikasikan untuk 1 buah STS. Jumlah CTT yang akan disimulasikan yaitu 7 (kondisi existing), 8, 6, 5, 4 dan 3 buah CTT. Variasi yang dilakukan untuk mengetahui jumlah CTT yang paling optimal berdasarkan kapasitas existing yang dilayani oleh Terminal Teluk Lamong

### Verifikasi

Verifikasi merupakan suatu tahapan yang bertujuan untuk meyakinkan model yang telah dibuat dan ditransformasikan kedalam computer adalah suatu model yang benar. Proses verifikasi suatu sistem dilakukan lewat 2 cara, manual verifikasi dan melalui test komputerisasi.

### Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat mampu mewakili perilaku dan karakteristik sistem nyata yang diteliti dan dibahas. Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan performansi model dengan performansi sistem nyata dengan menggunakan uji statistik. Validasi model juga bertujuan untuk memperkuat batasan dan asumsi yang digunakan serta menambah keyakinan terhadap model yang telah dibangun.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil dari observasi lapangan di lingkungan PT Terminal Teluk Lamong. Beberapa data yang digunakan dalam penelitian diantaranya data kedatangan kapal internasional dan domestik, ukuran kapal (*Length Over All* atau LOA), kapasitas kapal (Gross Tonage atau GT), jumlah petikemas yang dibongkar dan dimuat, ukuran petikemas, jarak lintasan, kecepatan CTT. Darsi semua data tersebut, dicari suatu distribusi yang mendekati data lapangan.

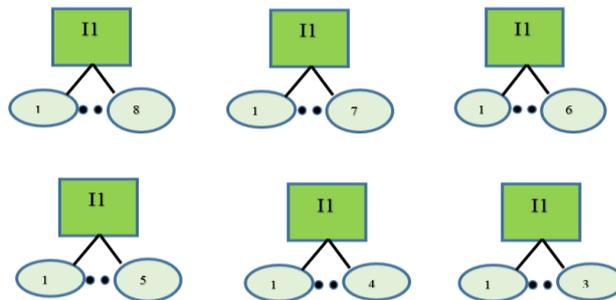
Tabel 1. Distribusi Parameter Proses Bongkar Muat

Internasional			
Parameter	Probabilitas	Distribusi	Satuan
GT	71,43%	$2.35e+003 + \text{ERLA}(3.94e+003, 1)$	Ton
	28,57%	$\text{NORM}(2.98e+004, 5.9e+003)$	Ton
LOA	100%	$\text{NORM}(89.9937, 2.09355) + \text{GT} * \text{NORM}(0.004304333, 0.000119157)$	Meter
Kedangan Kapal	100%	$1 + \text{GAMM}(28.9, 1.31)$	Jam
Waktu Persiapan	100%	$31 + 433 * \text{BETA}(1.38, 3.5)$	Menit
Waktu Operasi	100%	$1 + \text{GAMM}(5.53, 1.17)$	Menit
Muatan Kapal	100%	$\text{NORM}(-6.18, 53.469) + \text{Ukuran Kapal} * \text{NORM}(0.033266, 0.003043)$	Box
Domestik			
Parameter		Distribusi	Satuan
GT	100%	$782 + 2.47e+004 * \text{BETA}(0.372, 2.09)$	Ton
LOA	100%	$\text{NORM}(73.07148, 1.977702) + \text{GT} * \text{NORM}(0.006123278, 0.000310183)$	Meter
Kedangan Kapal	100%	$6 + \text{GAMM}(18.6, 1.26)$	Jam
Waktu Persiapan	100%	$14 + \text{ERLA}(141, 1)$	Menit
Waktu Operasi	100%	$2 + \text{ERLA}(1.17, 2)$	Menit
Muatan Kapal	100%	$\text{NORM}(125.4289, 31.85996761) + \text{Ukuran Kapal} * \text{NORM}(0.026581778, 0.00497355)$	Box

### Strategi Dispatching CTT

Dispatching strategi pada penelitian ini menggunakan tipe dedicated per STS. Alasan menggunakan strategi ini adalah strategi ini yang digunakan pada kondisi eksisting. Sistem ini juga akan mengurangi kemungkinan terjadinya kekacauan lalu lintas CTT di dermaga.

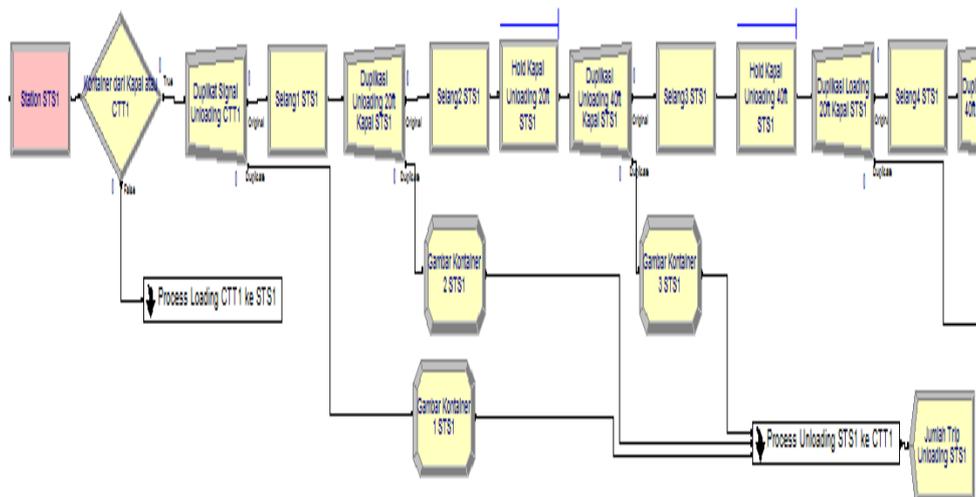
Gambar 4. Dispatching Strategi



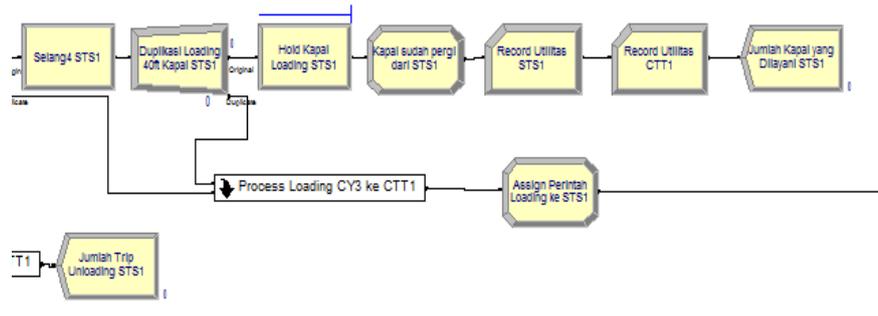
### Logika Pemodelan

Logika pemodelan digunakan untuk merepresentasikan kegiatan di lapangan menjadi blok-blok untuk kepentingan simulasi. Proses yang dilakukan di terminal petikemas adalah bongkar dan muat petikemas. Petikemas dari kapal akan dibongkar sampai semua petikemas yang akan dibongkar habis, selanjutnya baru dilanjutkan dengan proses muat petikemas yang akan dikirim. Detail dari proses bongkar dan muat di petikemas yang tergambar melalui logika pemodelan pada Gambar 5 dan Gambar. 6.

Gambar 5. Logika Pemodelan Bongkar Muat STS Bagian 1

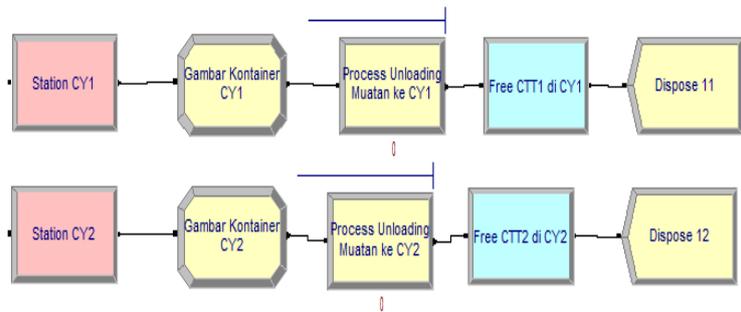


Gambar 6. Logika Pemodelan Bongkar Muat STS Bagian 2

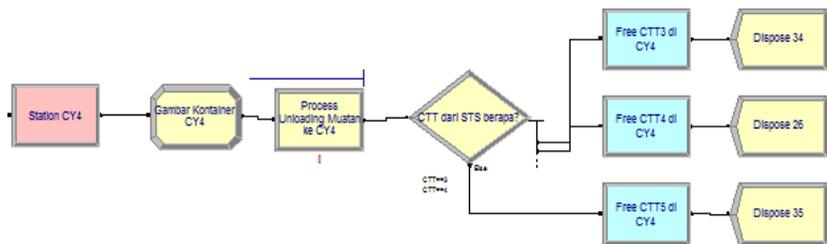


Setelah proses diatas selesai, tahap selanjutnya adalah proses pengiriman petikemas ke lapangan penumpukkan (CY) menggunakan CTT. Logika pemodelan disini CY tergambar pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Gambar 7. Logika Pemodelan Petikemas di CY Internasional



Gambar 8. Logika Pemodelan Petikemas di CY Domestik



Distribusi dari parameter-parameter inputan akan dimasukkan kedalam logika pemodelan dari sistem bongkar dan muat. Logika pemodelan harus merepresentasikan sistem nyata dilapangan. Pemodelan di CY internasional dan domestik berbeda, hal ini dikarenakan jumlah dari CY yang berbeda serta aturan di masing-masing CY juga berbeda.

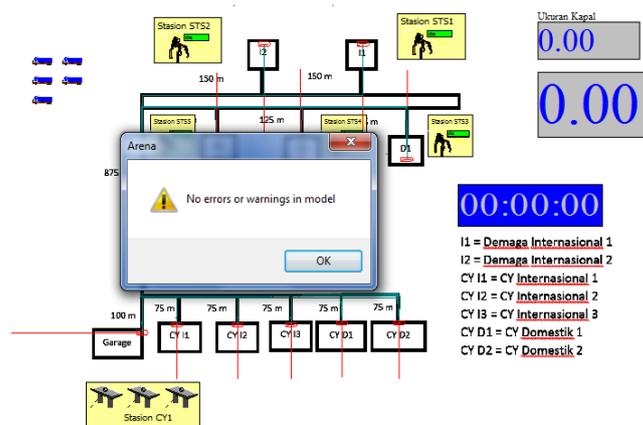
**Penentuan Jumlah CTT**

Penentuan jumlah CTT yang optimal ditentukan oleh beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan. Setelah melihat data hasil simulasi per parameter, selanjutnya adalah menentukan skenario jumlah CTT yang akan dipilih berdasarkan hasil-hasil tersebut. Dari semua parameter yang telah didapat, tidak semua parameter menjadi penentuan jumlah CTT. Parameter yang paling utama penentuan jumlah CTT adalah utilitas dari alat baik itu CTT maupun STS. Utilitas CTT dan STS haruslah proporsional dalam arti jangan sampai adanya ketimpangan antara satu dengan yang lain, tetepi juga harus melihat faktor pengoperasionalkan di lapangan.

### Verifikasi

Verifikasi digunakan untuk memastikan bahwa model simulasi merepresentasikan konseptual model. Dalam model simulasi, verifikasi dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap model dan dipastikan tidak ada kesalahan (No Error). Pada penelitian ini, dilakukan dengan “check model” untuk melihat apakah ada kesalahan dalam pembuatan model. Dari gambar 4.21 terlihat bahwa pesan dari software simulasi adalah “No Error or Warning in Model”. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa model yang dibuat telah terverifikasi dan tidak ada kesalahan pada model

Gambar 9. Verifikasi Model



### Validasi

Uji T adalah uji yang mengukur perbedaan dua atau beberapa mean antar kelompok. Pada uji-t ini dibandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel.

- $H_0 : \beta_1 = 0$ ,
- $H_1 : \beta_1 \neq 0$
- Tolak  $H_0$  jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$

Pengujian ini akan melakukan uji-t untuk membandingkan nilai t-hitung yang akan dibandingkan dengan nilai t-tabel. Model dikatakan valid dengan syarat nilai dari t-hitung < t-tabel. Parameter yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah LOA, GT, jumlah box yang dibongkar, berthing time, operating time, BSH dan BCH. Perhitungan *degrees of freedom* (df) mengikuti persamaan berikut:

$$df = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\left(\frac{s_1^2/n_1}{n_1 - 1} + \frac{s_2^2/n_2}{n_2 - 1}\right)} \dots \dots \dots 1)$$

Data t-tabel dicari menggunakan excel dengan persamaan =T.INV.2T(probability;deg\_freedom), sedangkan nilai t-hitung, dicari menggunakan simulasi.

Tabel 2. Uji-T Dermaga Internasional

INTERNASIONAL				
	T-Hitung	T-Tabel	Degree of Freedom (DF)	KETERANGAN
LOA	0,57	1,983495259	102	GAGAL TOLAK H0
GT	0,6	1,983495259	102	GAGAL TOLAK H0
JUMLAH BOX	0,56	1,982815274	105	GAGAL TOLAK H0
BERTHING TIME	0,08	1,984467455	98	GAGAL TOLAK H0
OPERATING TIME	0,15	1,984467455	98	GAGAL TOLAK H0
BSH	0,04	1,985251004	95	GAGAL TOLAK H0
BCH	-0,64	1,983037526	104	GAGAL TOLAK H0

Tabel 3. Uji-T Dermaga Domestik

DOMESTIK				
	T-Hitung	T-Tabel	Degree of Freedom (DF)	KETERANGAN
LOA	0,37	1,977692277	135	GAGAL TOLAK H0
GT	0,33	1,977177724	139	GAGAL TOLAK H0
JUMLAH BOX	0,27	1,983971519	100	GAGAL TOLAK H0
BERTHING TIME	0,97	1,981566757	111	GAGAL TOLAK H0
OPERATING TIME	0,87	1,979599878	122	GAGAL TOLAK H0
BSH	0,55	1,976931489	141	GAGAL TOLAK H0
BCH	0,92	1,980992298	114	GAGAL TOLAK H0

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, semua parameter memiliki nilai t-hitung < t-tabel. Dengan demikian berdasarkan hasil tersebut, kesimpulannya adalah Gagal Tolak H0.

Tabel 4. Nilai p-value Dermaga Internasional

INTERNASIONAL		
	p-Value	KETERANGAN
LOA	0,567	GAGAL TOLAK H0
GT	0,548	GAGAL TOLAK H0
JUMLAH BOX	0,576	GAGAL TOLAK H0
BERTHING TIME	0,935	GAGAL TOLAK H0
OPERATING TIME	0,879	GAGAL TOLAK H0
BSH	0,972	GAGAL TOLAK H0
BCH	0,622	GAGAL TOLAK H0

Tabel 5. Nilai p-value Dermaga Domestik

DOMESTIK		
	p-Value	KETERANGAN
LOA	0,714	GAGAL TOLAK H0
GT	0,738	GAGAL TOLAK H0
JUMLAH BOX	0,789	GAGAL TOLAK H0
BERTHING TIME	0,335	GAGAL TOLAK H0
OPERATING TIME	0,388	GAGAL TOLAK H0
BSH	0,586	GAGAL TOLAK H0
BCH	0,361	GAGAL TOLAK H0

Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan simulasi minitab, diketahui bahwa semua parameter baik internasional maupun domestik memiliki nilai p-value  $> \alpha$  atau gagal tolak H0. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara data dari lapangan dengan hasil simulasi atau dapat dikatakan model yang dibuat telah tervalidasi.

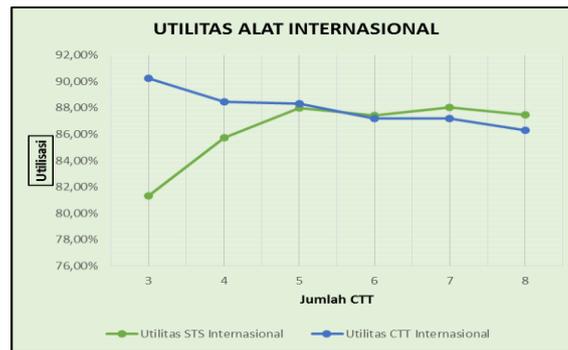
### Jumlah CTT Internasional

Hasil dari simulasi untuk dermaga internasional secara detail tergambar pada Tabel 2. Dari segi utilitas, kombinasi utilitas STS dan utilitas CTT internasional yang paling optimal adalah saat menggunakan 5 unit CTT. Hasil yang paling optimal untuk utilitas adalah ketika kurva utilitas STS dan CTT berpotongan. Ketika berpotongan berarti STS dan CTT saat bekerja efektif artinya STS tidak menunggu datangnya CTT sebaliknya CTT tidak mengantri terlalu lama saat bongkar dan muat petikemas.

Tabel 6. Rekap Hasil Dermaga Internasional

Dermaga Internasional							
Jumlah CTT		3	4	5	6	7	8
Utilitas	STS	81,33%	85,74%	88,01%	87,44%	88,02%	87,49%
	CTT	90,24%	88,44%	88,34%	87,20%	87,20%	86,30%
Antrian Unloading (menit)		1,24	2,11	3,06	3,84	4,80	5,60
Antrian Loading (menit)		0,51	1,09	1,76	2,58	3,38	4,13
Berthing Time (jam)		26,53	26,19	28,98	24,53	25,60	26,36
Operating Time (jam)		21,41	21,03	23,82	19,26	20,69	20,97
BCH		18,71	18,24	19,03	18,10	18,80	<b>19,43</b>
BSH		26,95	24,00	27,94	25,27	27,72	28,84

Gambar 10 Grafik Utilitas Alat Internasional



Apabila jumlah CTT diperkecil (misal 3 unit per STS), maka kurva utilisasi CTT akan diatas kurva STS yang berarti ada kemungkinan STS menunggu datangnya CTT saat bongkar dan muat. Hal ini tidak diinginkan oleh manajemen. Sebaliknya, saat jumlah CTT diperbesar (misal 8 unit) maka kurva utilisasi untuk STS akan diatas utilisasi CTT. Hal ini berarti antrian CTT akan semakin lama saat menunggu petikemas dari STS. Dari hasil simulasi ketika menggunakan 8 unit CTT total antriannya rata-rata CTT adalah 9,73 menit.

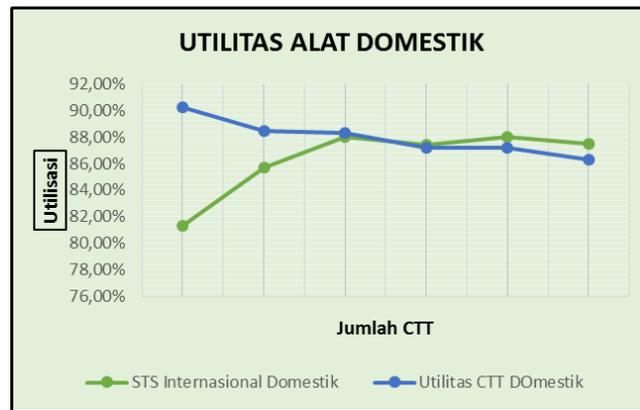
### Jumlah CTT Domestik

Untuk dermaga domestik hasilnya hampir sama dengan dermaga internasional. Titik perpotongan utilitas STS dan utilitas CTT terjadi saat menggunakan 5 dan 6 unit. Dari hasil tersebut skenario yang lebih optimal adalah dengan menggunakan 5 unit CTT. Dari segi investasi ketika menggunakan jumlah CTT yang lebih sedikit juga akan lebih menguntungkan

Tabel 7. Rekap Hasil Dermaga Domestik

Dermaga Domestik							
Jumlah CTT		3	4	5	6	7	8
Utilitas	STS	81,12%	84,38%	84,84%	84,99%	84,33%	83,98%
	CTT	85,42%	85,19%	85,02%	84,84%	83,95%	83,16%
Antrian Unloading (menit)		1,28	2,22	3,09	4,04	4,81	5,58
Antrian Loading (menit)		0,33	0,92	1,61	2,39	3,09	3,75
Berthing Time (jam)		20,63	21,81	19,57	20,81	21,24	20,11
Operating Time (jam)		16,09	16,83	14,36	14,96	15,75	14,93
BCH		16,47	16,26	17,40	16,43	16,79	<b>16,13</b>
BSH		17,84	17,33	19,13	16,80	17,82	16,13

Gambar 11. Grafik Utilitas Alat Domestik



Apabila jumlah CTT diperkecil (misal 3 unit per STS), maka kurva utilisasi CTT akan diatas kurva STS yang berarti ada kemungkinan STS menunggu datangnya CTT saat bongkar dan muat. Hal ini tidak diinginkan oleh manajemen. Sebaliknya, saat jumlah CTT diperbesar (misal 8 unit) maka kurva utilisasi untuk STS akan diatas utilisasi CTT. Hal ini berarti antrian CTT akan semakin lama saat menunggu petikemas dari STS. Dari hasil simulasi ketika menggunakan 8 unit CTT total antriannya rata-rata CTT adalah 9,33 menit.

Dari skenario diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah CTT yang paling optimal adalah saat menggunakan 5 unit CTT per STS. Untuk dermaga internasional saat menggunakan 5 unit CTT per STS nilai utilisasi STS sebesar 88,01%, utilisasi CTT sebesar 88,34%. Total antrian CTT unloading sekitar 3,06 menit dan antrian loading selama 1,76 menit. Nilai BCH adalah 19,03 box per crane per box sedangkan nilai BSH yang didapat adalah 27,94 box per ship per hour yang berarti bahwa kecepatan bongkar muat satu kapal rata-rata adalah 27,94 box per jam. Nilai BSH dengan menggunakan 5 unit CTT termasuk yang paling tinggi diantara semua skenario. BSH ini dapat dijadikan sebagai parameter yang dapat ditawarkan kepada konsumen.

Untuk dermaga internasional saat menggunakan 5 unit CTT per STS maka nilai utilisasi STS sebesar 84,99%, utilisasi CTT sebesar 85,02%. Total antrian CTT unloading sekitar 3,09 menit dan antrian loading selama 1,61 menit. Nilai BCH adalah 17,04 box per crane per box sedangkan nilai BSH yang didapat adalah 19,13 box per ship per hour yang berarti bahwa kecepatan bongkar muat satu kapal rata-rata adalah 19,13 box per jam.

## KESIMPULAN

Dari keseluruhan penelitian yang dilakukan penulis, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model simulasi sistem bongkar muat petikemas di terminal petikemas yang paling efektif adalah menggunakan 5 unit jumlah CTT untuk melayani 1 unit STS baik untuk dermaga internasional maupun dermaga domestik.
2. Hasil simulasi untuk dermaga internasional saat menggunakan 5 unit CTT per STS nilai utilisasi STS sebesar 88,01%, utilisasi CTT sebesar 88,34%. Total antrian CTT unloading sekitar 3,06 menit dan antrian loading selama 1,76 menit. Nilai BCH adalah 19,03 box per crane per box sedangkan nilai BSH yang didapat adalah 27,94 box per ship per hour yang berarti bahwa kecepatan bongkar muat satu kapal rata-rata adalah 27,94 box per jam.
3. Untuk dermaga internasional saat menggunakan 5 unit CTT per STS maka nilai utilisasi STS sebesar 84,99%, utilisasi CTT sebesar 85,02%. Total antrian CTT unloading sekitar 3,09 menit dan antrian loading selama 1,61 menit. Nilai BCH adalah 17,04 box per crane per box sedangkan nilai BSH yang didapat adalah 19,13 box per ship per hour yang berarti bahwa kecepatan bongkar muat satu kapal rata-rata adalah 19,13 box per jam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adam, Ivana Irene [2015], Simulation of AGV Dispatching in Teluk Lamong Container Terminal. Tugas Akhir, Magister Manajemen Teknologi.
- Direksi PT Pelabuhan Indonesia I, II, III dan IV (Persero), 2009. Manajemen Kepelabuhanan. Jakarta, Indonesia.
- Groebner, David F., Patrick W. Shannon, Philip C. Fry, 2014. Business Statistics A Decision-Making Approach, Ninth Edition, Pearson, USA.
- Kelton, W. D., R.P Sadowski, D. P. Sadowski [1998], Simulation with Arena, WCB McGraw-Hill, Inc., USA.
- Kelton, W. D., R.P Sadowski, D. P. N. B. Zupick [2015], Simulation with Arena, WCB McGraw-Hill, Inc. 6<sup>th</sup> edition, USA.
- Khoshnevis, Behrook [1994], Discrete System Simulation, McGraw-Hill, Inc., USA.
- Maria, Anu [1997], Introduction to Modeling and Simulation, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, ed. S. Andradottir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson
- PT Pelindo III, 2015. Laporan Evaluasi RJPP 2015, Surabaya, Indonesia
- Uktolseya, Hanny [2004], Simulasi Sistem Bongkar Muat Petikemas di Jakarta International Container Terminal. Tugas Akhir. Tugas Akhir, Magister Manajemen Teknologi.
- UNCTAD 2014. Review of Maritime Transport 2014. Geneva, Switzerland.