

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

# **OPTIMASI PERALATAN BONGKAR MUAT SEMIAUTOMATIC CONTAINER DI TERMINAL TELUK LAMONG (TTL) BERDASARKAN RENCANA PENGEMBANGAN PELABUHAN BARU**

**I Gede Widya Mahardika, R.O. Saut Gurning, A. A. B. Dinariyana. D. P.**

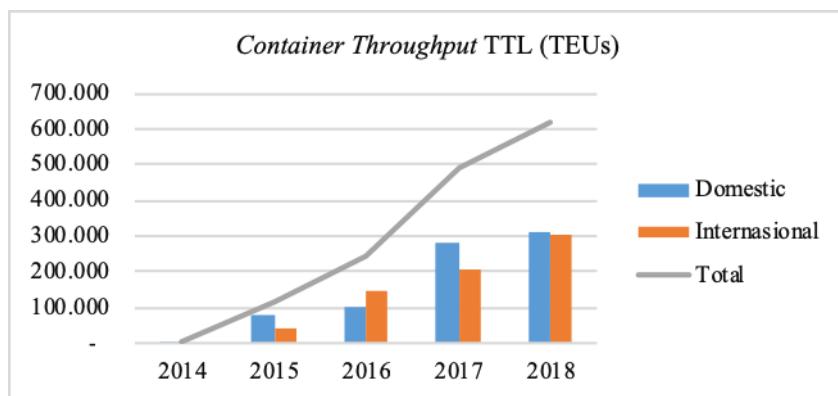
Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya  
Email: widyaklk@hotmail.com

**Abstrak:** Pertumbuhan ekonomi Indonesia yang cukup stabil selama beberapa tahun di titik 5% memberi dampak pada seluruh komponen sektor perdagangan, khususnya pelabuhan. Terminal Teluk Lamong (TTL) sebagai salah satu pelabuhan di Jawa Timur mengalami dampak signifikan, khususnya pada tahun 2017 mengalami kenaikan nilai *container throughput* sebesar 103,31 %. Sejalan dengan peningkatan jumlah *container*, TTL sedang melakukan pengembangan pelabuhan dalam 4 tahap berupa pengembangan infrastruktur dan peralatan bongkar muat. Agar dapat melayani *container* yang jumlahnya meningkat tiap tahun dengan optimal, maka perlu dilakukan optimasi dalam pengembangan pelabuhan. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan optimasi peralatan bongkar muat khusus *container* pada tahap akhir pengembangan menggunakan metode simulasi. Simulasi dilakukan menggunakan *software* ARENA. Tahap awal penelitian adalah membuat model simulasi pada saat ini (*existing*) berdasarkan proses bongkar muat TTL. *Input* dari model simulasi adalah waktu jeda (*delay*) kedatangan kapal, kedatangan *container*, dan waktu proses tiap peralatan bongkar muat. Model simulasi kemudian divalidasi agar dapat mewakili proses bongkar muat di TTL. Peralatan bongkar muat yang akan dioptimasi adalah STS (*Ship-to-shore crane*) dan CTT (*Combined Terminal Trailer*). Penelitian ini akan mengkomparasi STS dengan performa B/C/H (*box/crane/hour*) yang berbeda untuk mengetahui kebutuhan minimum penambahan STS agar dapat melayani hingga 5.500.000 TEUs tiap tahunnya. Selanjutnya adalah menentukan jumlah penambahan CTT yang optimal untuk sesuai dengan penambahan blok CY pada pengembangan tahap akhir. Berdasarkan penelitian ini, didapat hasil jumlah penambahan CTT perlu ditambah sebanyak 70 buah dengan sistem operasional *dedicated* ke tiap blok CY. STS ditambah sebanyak 23 jika dioperasikan pada performansi 24 B/C/H dengan batas kinerja pelabuhan 60% dan sebanyak 28 pada performansi 22 B/C/H dengan batas kinerja pelabuhan 50%.

**Kata kunci:** Peralatan, Bongkar Muat, *Container*, Proses

## **PENDAHULUAN**

Pada tahun 2018, Indonesia dinobatkan sebagai negara dengan ekonomi terbesar ke-16 di dunia berdasarkan total *Gross Domestic Product* (World Bank, 2018). Hal ini juga diakibatkan pertumbuhan ekonomi indonesia yang cukup konstan pada kuartal pertama 2017 sebesar 5,01% dan pada 2018 sebesar 5,06% (BPS, 2018). Hal ini berdampak seluruh komponen sektor perdagangan di Indonesia khususnya adalah pelabuhan. Salah satu pelabuhan yang mengalami peningkatan *throughput* yang cukup tinggi adalah Terminal Teluk Lamong (TTL). Terminal Teluk Lamong (TTL) juga mengalami dampak signifikan khususnya pada tahun 2017 mengalami kenaikan nilai *container throughput* sebesar 103,31%.

**Gambar 1.** Data Container Throughput TTL

TTL direncanakan menjadi pelabuhan kelas dunia, salah satu yang terbesar dari 16 pelabuhan yang ada dan yang direncanakan di wilayah Surabaya Raya (*The Greater Surabaya*) (Ravitharan *et al.*, 2017). Saat ini, TTL sedang dalam proses pembangunan yang direncanakan dalam lima fase selama 20 tahun yang termasuk dalam perencanaan jangka panjang (Hidayat, 2009). Hal ini juga dilakukan guna mengantisipasi kebutuhan bongkar muat kapal domestik dan internasional. Sejalan dengan pengembangan ini, maka dilakukan penelitian untuk menentukan bagaimana penambahan peralatan bongkar muat pada pengembangan pelabuhan tahap akhir. Penelitian ini fokus untuk menentukan peralatan bongkar muat pada proses stevedoring yaitu STS (*ship to shore crane*) dan CTT (*combined terminal trailer*). Hal ini menyangkut jumlah STS yang perlu ditambah pada tiap dermaga dan jumlah CTT agar dapat menangani *container* sesuai target sebanyak 5.500.000 TEUs (Gurning, 2017).

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi. Istilah "simulasi" mengacu pada kumpulan teknik untuk meniru perilaku tertentu dari sistem nyata, untuk menjawab pertanyaan yang dibuat untuk struktur yang diteliti ketika eksperimen nyata (*real*) terlalu mahal dan/atau tidak mungkin dilakukan (Junior, 2018).

Simulasi pada penelitian ini menggunakan software ARENA. Software ini dipilih karena dapat melakukan animasi setiap kali simulasi dijalankan, sehingga perilaku sistem dapat ditampilkan secara numerik dan visual pada hasil simulasi.

Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan identifikasi sistem, dalam hal ini adalah sistem bongkar muat yang meliputi proses maupun lokasi tiap proses terjadi. Berikut disajikan fasilitas bongkar muat pada kondisi saat ini dan pengembangan tahap akhir berdasarkan perencanaan TTL.

**Tabel 1.** Perbandingan kondisi fasilitas TTL saat ini dan tahap akhir pengembangan

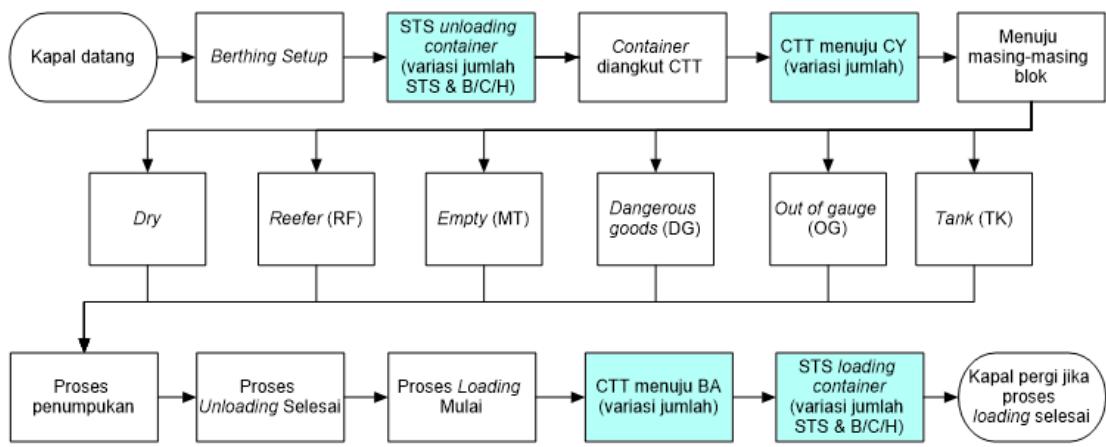
No	Deskripsi	Saat Ini	Tahap Akhir Pengembangan
1	Panjang BA internasional	500 m	1080 m
2	Panjang BA domestik	365 m	2386 m
3	Jumlah Blok	10	33
4	Jumlah CTT	50	121
5	Jumlah STS	9	27

Tahap selanjutnya adalah membuat model konseptual berupa diagram alur proses bongkar muat di TTL. Model konseptual dijadikan acuan dalam pembuatan model simulasi

untuk selanjutnya disimulasikan menggunakan software ARENA. Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam membuat simulasi ini adalah sebagai berikut.

1. Setiap diagram blok dalam model konseptual dapat mewakili masing-masing blok simulasi.
2. Setiap blok simulasi memiliki urutan sesuai dengan aliran proses pada model konseptual.
3. *Input* dan *output* data pada model simulasi harus ditempatkan pada blok simulasi yang benar, sesuai dengan aliran data maupun *container* dalam model konseptual.

Pada gambar 2 disajikan proses bongkar muat *container* secara keseluruhan. Modul berwarna biru merupakan peralatan yang akan dilakukan optimasi yaitu STS dan CTT. Pada diagram ini ditekankan mengenai perlakuan berbeda tiap jenis *container*. Hal ini dikarenakan letak blok CY tiap *container* berbeda tergantung jenisnya.



**Gambar 2.** Model konseptual proses bongkar muat TTL

Model konseptual pada gambar 2 menjadi acuan dalam pembuatan model simulasi, adapun elemen -elemen sistem yang perlu diperhatikan dalam pembuatan model simulasi adalah sebagai berikut.

- a. **Entitas**  
Entitas pada penelitian ini dibagi adalah *container* yang akan menjadi fokus pengukuran model berupa nilai *throughput* sebagai *output* simulasi.
- b. **Aktivitas**  
Aktivitas –aktivitas berikut ini merupakan aktivitas yang dilakukan untuk memproses entitas:
  1. Pemindahan *container* dari kapal menuju CTT dengan menggunakan STS.
  2. Pemindahan *container* dari BA (*berth area*) menuju CY dengan menggunakan CTT.
  3. Pemindahan *container* dari CTT menuju CY dengan menggunakan ASC.
  4. Pemindahan *container* untuk ditumpuk menggunakan ASC.
  5. Pemindahan *container* dari CY menuju CTT menggunakan ASC.
  6. Pemindahan *container* dari CY menuju BA menggunakan CTT.
  7. Pemindahan *container* dari CTT menuju kapal menggunakan STS.
  8. *Setup* kapal setelah melakukan proses bongkar dan muat.
- c. **Resource**  
*Resource* adalah peralatan bongkar muat *container*. *Resource* yang digunakan antara lain:
  1. STS crane sebagai alat untuk memindahkan *container* dari dan menuju kapal.
  2. ASC sebagai alat untuk memindahkan *container* dari dan menuju CY.

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

### d. Transporter

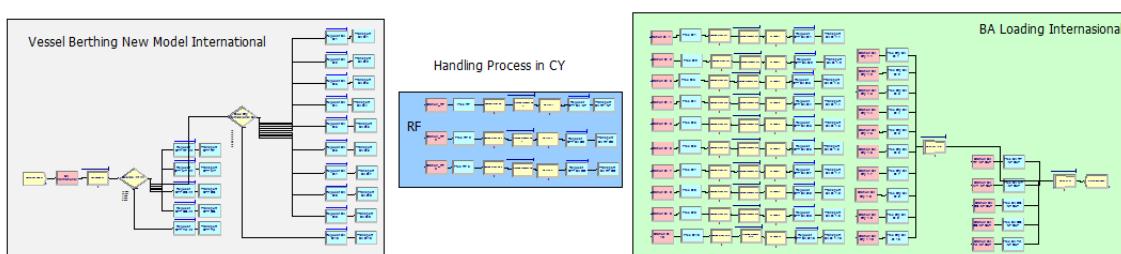
1. CTT sebagai alat transportasi untuk mengangkut *container* dari BA ke CY dan sebaliknya.

### e. Control

Control yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aturan FIFO (*First In First Out*) sebagai aturan dalam antrian yang terjadi pada BA, STS, dan ASC.
2. Jam operasional pada Terminal Teluk Lamong, 24 jam dalam satu hari selama 360 hari.

Seluruh pertimbangan ini menjadi penentu modul yang akan digunakan pada ARENA. Pada gambar 3 disajikan model simulasi untuk dermaga internasional. Model simulasi dibagi menjadi 3 bagian yaitu: proses bongkar di dermaga, proses penumpukan di CY, dan proses muat pada dermaga yang sama.



**Gambar 3.** Model simulasi BA Internasional

### Verifikasi

Verifikasi adalah proses untuk memastikan model tersebut dapat dijalankan untuk melakukan optimasi pada peralatan bongkar muat. Kondisi nyata dapat digambarkan dengan membuat model konseptual pada perangkat lunak simulasi. Verifikasi ini memiliki tujuan untuk meyakinkan bahwa model yang didesain telah ditransformasikan ke perangkat lunak simulasi komputer dengan benar.

### Validasi

Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan performansi model dengan performansi sistem nyata yang diteliti dengan menggunakan uji statistik. Suatu model dapat dikatakan valid jika hasil dari perbandingan antara model simulasi dengan model nyata masih dalam batas perbedaan yang telah ditentukan.

Salah satu cara untuk melakukan validasi adalah dengan menggunakan uji *t-test*. Uji ini dilakukan untuk membandingkan apakah ada perbedaan antara model simulasi dengan *real system* dalam konteks outputnya (*point estimate* rata-rata).

Uji ini digunakan untuk membuktikan apakah terdapat perbedaan rata-rata antara 2 (dua) sampel yang saling independen. Tes ini merupakan teknik statistik parametrik dimana terdapat asumsi yang harus terpenuhi terlebih dahulu, yaitu distribusi masing-masing kelompok data yang kemudian akan dibandingkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki tujuan menentukan jumlah CTT dan STS. Untuk itu perlu dibuat skenario konfigurasi CTT yang mengacu pada perencanaan TTL. Saat ini TTL merencanakan jumlah TTL pada tahap akhir pengembangan sebanyak 121 CTT. Penelitian ini mencoba mensimulasikan dengan jumlah 110, 120, dan 130 dengan sistem operasional *dedicated*. Sistem

ini membuat tiap blok memiliki CTTnya masing-masing. Untuk itu ditentukan konfigurasi CTT untuk masing-masing blok sebagai berikut.

**Tabel 2.** Konfigurasi CTT tiap blok CY

CTT	Non-dry					Internasional	Dry	
	Empty	Tank	Dangerous Goods	Reefer	Out of Gauge		Domestik 1	Domestik 2
110	1	1	1	1	1	33	45	32
120	1	1	1	1	1	35	50	35
130	1	1	1	1	1	38	55	37

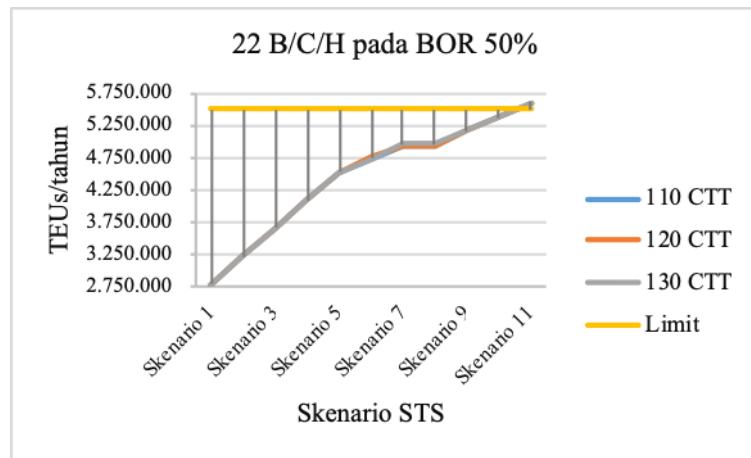
STS yang direncanakan oleh TTL saat ini memiliki konfigurasi 8 STS dermaga internasional, 8 dermaga domestik 1, dan 9 untuk dermaga domestik 2. Perencanaan ini tidak menjadi acuan untuk menentukan konfigurasi STS. Hal ini karena dermaga domestik 1 lebih panjang dari dermaga domestik 2. Sehingga dermaga domestik 1 direncanakan memiliki STS yang lebih banyak, dan dibuat menjadi 11 skenario sebagai berikut.

**Tabel 3.** Skenario jumlah STS tiap dermaga

Skenario	Jumlah STS		
	Dermaga Internasional	Dermaga Domestik 1	Dermaga Domestik 2
Skenario 1	6	9	6
Skenario 2	7	10	7
Skenario 3	8	10	8
Skenario 4	9	11	9
Skenario 5	10	12	10
Skenario 6	11	12	10
Skenario 7	11	12	11
Skenario 8	11	13	11
Skenario 9	12	13	11
Skenario 10	12	14	12
Skenario 11	13	14	12

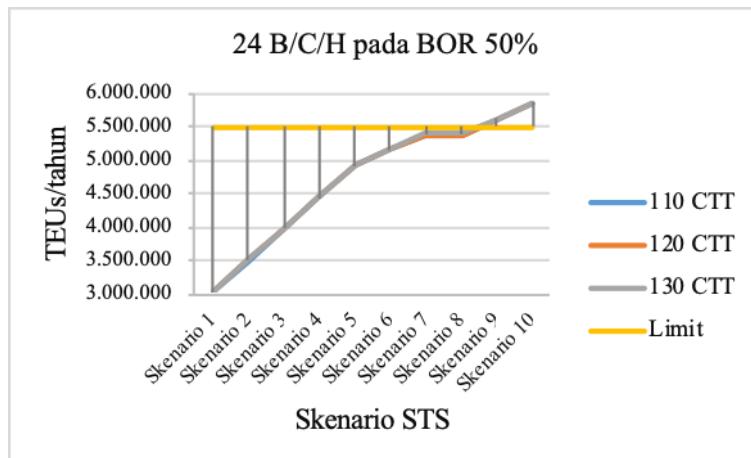
Model simulasi yang ditampilkan pada gambar 3 selanjutnya disimulasi dengan replikasi sebanyak 10 replikasi dan didapat hasil sebagai berikut.

1. Kondisi BOR 50% dengan performa STS 22 B/C/H  
Gambar 4 menunjukkan pada kondisi 22 B/C/H dengan BOR 50% skenario minimum yang dapat memenuhi target *throughput* adalah skenario 11 (13 STS internasional, 14 STS domestik 1, 12 STS domestik 2) dengan *output throughput* per tahun sebanyak 5.597.880 TEUs, 5.600.400 TEUs, dan 5.597.400 TEUs untuk konfigurasi CTT sebanyak 110, 120, dan 130.



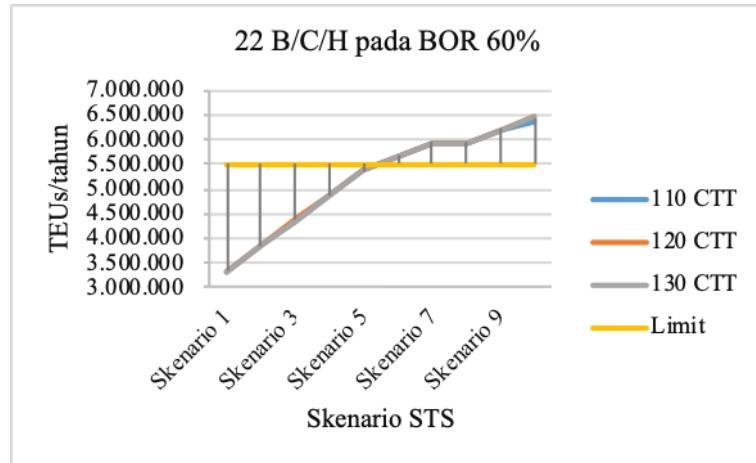
**Gambar 4.** *Output throughput* tiap skenario pada kondisi 22 B/C/H dengan BOR 50%

2. Kondisi BOR 50% dengan performa STS 24 B/C/H  
Gambar 5 menunjukkan pada kondisi 24 B/C/H dengan BOR 50% skenario minimum yang dapat memenuhi target *throughput* adalah skenario 9 (12 STS internasional, 13 STS domestik 1, 11 STS domestik 2) dengan *output throughput* per tahun sebanyak 5.622.240 TEUs, 5.620.800 TEUs, dan 5.618.000 TEUs untuk konfigurasi CTT sebanyak 110, 120, dan 130.



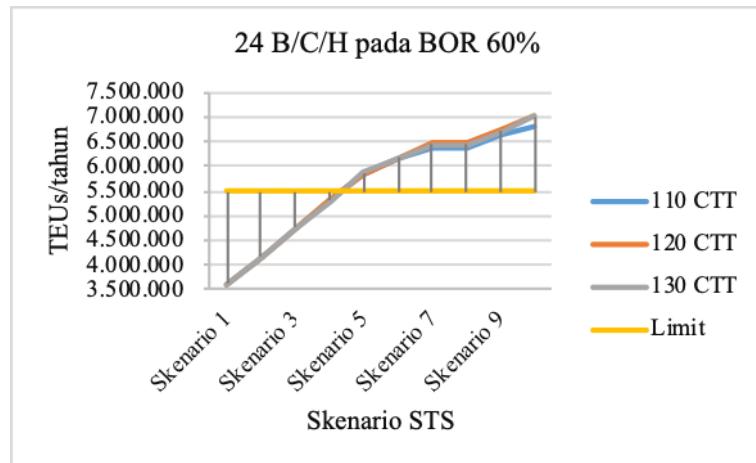
**Gambar 5.** *Output throughput* tiap skenario pada kondisi 24 B/C/H dengan BOR 50%

3. Kondisi BOR 60% dengan performa STS 22 B/C/H  
Gambar 6 menunjukkan pada kondisi 22 B/C/H dengan BOR 60% skenario minimum yang dapat memenuhi target *throughput* adalah skenario 6 (11 STS internasional, 12 STS domestik 1, 10 STS domestik 2) dengan *output throughput* per tahun sebanyak 5.664.720 TEUs, 5.654.280 TEUs, dan 5.659.080 TEUs untuk konfigurasi CTT sebanyak 110, 120, dan 130.



**Gambar 6.** *Output throughput* tiap skenario pada kondisi 22 B/C/H dengan BOR 60%

4. Kondisi BOR 60% dengan performa STS 24 B/C/H  
 Gambar 7 menunjukkan pada kondisi 24 B/C/H dengan BOR 50% skenario minimum yang dapat memenuhi target *throughput* adalah skenario 5 (10 STS internasional, 12 STS domestik 1, 10 STS domestik 2) dengan *output throughput* per tahun sebanyak 5.849.400 TEUs, 5.855.520 TEUs, dan 5.863.800 TEUs untuk konfigurasi CTT sebanyak 110, 120, dan 130.

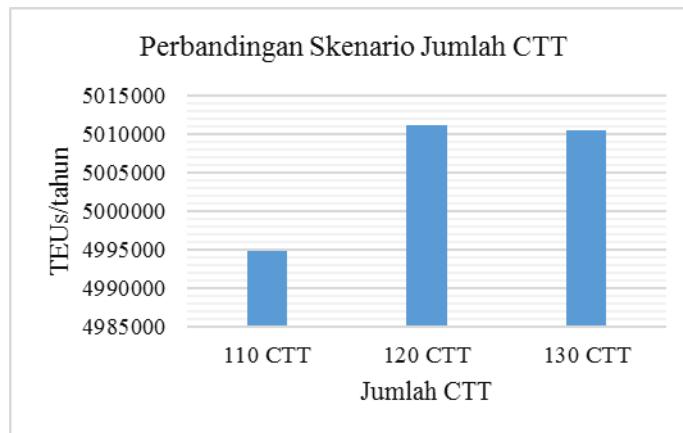


**Gambar 7.** *Output throughput* tiap skenario pada kondisi 24 B/C/H dengan BOR 60%

5. Perbandingan jumlah CTT  
 Untuk menentukan jumlah CTT, hasil dari seluruh skenario dan berbagai kondisi BOR pada tiap jumlah CTT di rata-ratakan dan dibandingkan. Hasil yang didapat ditampilkan pada gambar 8 menunjukkan bahwa nilai tertinggi dihasilkan pada jumlah CTT 120.

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



Gambar 8. *Output throughput* tiap jumlah CTT

## KESIMPULAN

- Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.
1. Jumlah STS yang perlu ditambah jika pelabuhan menetapkan batas BOR sebesar 50% pada performansi 22 B/C/H adalah sebanyak 28 STS (9 STS di dermaga internasional, 14 STS di dermaga domestik 1, 7 STS di dermaga domestik 2) dan sebanyak 27 STS (8 STS di dermaga internasional, 13 STS di dermaga domestik 1, 6 STS di dermaga domestik 2) jika dioperasikan pada performansi 24 B/C/H.
  2. Jumlah STS yang perlu ditambah jika pelabuhan menetapkan batas BOR sebesar 60% pada performansi 22 B/C/H adalah sebanyak 24 STS (7 STS di dermaga internasional, 12 STS di dermaga domestik 1, 5 STS di dermaga domestik 2) dan sebanyak 23 STS (6 STS di dermaga internasional, 12 STS di dermaga domestik 1, 5 STS di dermaga domestik 2) jika dioperasikan pada performansi 24 B/C/H.
  3. Jumlah CTT yang perlu ditambah adalah sebanyak 70 dengan sistem penugasan *dedicated* untuk tiap blok. Untuk blok *non-dry* masing-masing 1 CTT, blok *dry* internasional 35 CTT, blok *dry* domestik 1 50 CTT, dan blok *dry* domestik 2 sebanyak 35 CTT.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS (2018) 'STATISTIK Pertumbuhan Ekonomi', (40), pp. 1–12.  
Gurning, S. (2017) *EVALUASI TERMINAL TELUK LAMONG ( TTL )*.  
Hidayat, E. (2009) 'Manajemen Kepelabuhanan', 02(04), pp. 202–213.  
Hidayat, E. (2010) *Perencanaan, Perancangan dan Pembangunan Pelabuhan*. II. Jakarta: PT Pelabuhan Indonesia (Persero).  
Junior, W. (2018) 'Discrete Simulation-based Optimization Methods for Industrial Engineering Problems: A Systematic Literature Review', *Computers & Industrial Engineering*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.cie.2018.12.073.  
R.O. Saut Gurning, E. H. B. (2007) *Manajemen Bisnis Pelabuhan*. Edited by 1. APE Publishing.  
Ravitharan, R. et al. (2017) 'Rail Infrastructure in Port City – Surabaya , Indonesia', *Procedia Engineering*. The Author(s), 188, pp. 486–492. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.512.  
UNCTAD (1985) *Port development*.  
World Bank (2018) *Gross Domestic Product 2017*.