



**SKRIPSI-ME184834**

**ANALISA EFISIENSI TERMINAL KONTAINER MENGGUNAKAN  
METODE *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* DI TERMINAL  
PETIKEMAS SURABAYA, TERMINAL TPK KOJA, DAN TERMINAL  
PETIKEMAS SEMARANG**

Almer Abhinaya  
NRP. 0421154000084

Dosen Pembimbing:  
Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**SKRIPSI-ME184834**

**ANALISA EFISIENSI TERMINAL KONTAINER MENGGUNAKAN  
METODE DATA *ENVELOPMENT ANALYSIS* DI TERMINAL  
PETIKEMAS SURABAYA, TERMINAL TPK KOJA, DAN TERMINAL  
PETIKEMAS SEMARANG**

Almer Abhinaya  
NRP. 0421154000084

**Dosen Pembimbing:**

Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**BACHELOR THESIS-ME184834**

**EFFICIENCY ANALYSIS OF SURABAYA CONTAINER TERMINAL,  
KOJA CONTAINER TERMINAL, AND SEMARANG CONTAINER  
TERMINAL USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD**

Almer Abhinaya  
NRP. 0421154000084

**Supervisors:**

Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA EFISIENSI TERMINAL KONTAINER MENGGUNAKAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS DI TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA, TERMINAL TPK KOJA, DAN TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik pada  
Bidang Studi Reliability, Availability, Management, dan Safety

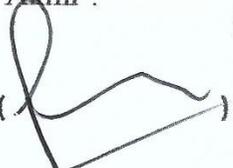
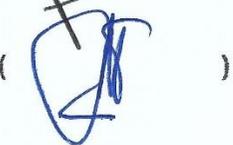
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**Almer Abhinaya**  
NRP: 04211540000084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 197107201995121001

Dr. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc.  
NIP. 198705272014041001

(  )  
(  )

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA EFISIENSI TERMINAL KONTAINER MENGGUNAKAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS DI TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA, TERMINAL TPK KOJA, DAN TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik pada  
Bidang Studi Reliability, Availability, Management, dan Safety

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**Almer Abhinaya**  
NRP: 0421154000084

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



**Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman., ST., MT.**  
NRP: 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **ANALISA EFISIENSI TERMINAL KONTAINER MENGGUNAKAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS DI TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA, TERMINAL JICT, TERMINAL TPK KOJA, DAN TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG**

**Nama Mahasiswa** : Almer Abhinaya  
**NRP** : 0421154000084  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Ketidakseimbangan antara sumber daya dan output di terminal kontainer masih ditunjukkan di terminal besar di Indonesia dengan salah satu contohnya adalah terminal kontainer Koja, Semarang dan Surabaya. Ketidakseimbangan ini menyebabkan peralatan dan fasilitas menjadi kurang dimanfaatkan dan menyebabkan biaya dan waktu terbuang. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis pola ketidakseimbangan dalam terminal peti kemas dalam hal sumber daya dan outputnya secara teknis dan operasional menggunakan prinsip benchmarking, sehingga terminal dapat memperbaiki dirinya sendiri dengan meniru terminal yang jauh lebih baik. Model DEA digunakan karena dapat memproses input dan output lebih dari satu dan secara bersamaan yang sesuai dengan fungsi produksi pelabuhan. Metode DEA digunakan untuk membantu menemukan ketidakseimbangan atau ketidakefisienan di terminal peti kemas, dan analisis yang lebih dalam dilakukan untuk menyesuaikan nilai efisiensi DEA dalam kondisi nyata. Aspek teknis dan operasional yang dipelajari adalah peralatan dan fasilitas terminal kontainer sebagai input dan produksi kontainer sebagai output. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dari aspek teknis dan operasional, terminal peti kemas Semarang adalah yang paling efisien. Untuk meningkatkan efisiensi dalam hal teknis dibandingkan dengan terminal lain, terminal peti kemas harus fokus pada peralatan penanganan muatannya seperti kinerja quay crane, dermaga dan kesesuaian dengan sumber daya lain, alokasi peti kemas di lapangan penumpukan peti kemas dan strategi penugasan yard crane.

**Kata Kunci:** Efisiensi , benchmark , terminal petikemas , DEA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **EFFICIENCY ANALYSIS OF SURABAYA CONTAINER TERMINAL, KOJA CONTAINER TERMINAL, AND SEMARANG CONTAINER TERMINAL USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD**

**Nama Mahasiswa** : Almer Abhinaya  
**NRP** : 0421154000084  
**Departemen** : Marine Engineering  
**Dosen Pembimbing** : Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

## **ABSTRACT**

The imbalance between resources and output at container terminals is still indicated in large terminals in Indonesia with one example being the Koja, Semarang and Surabaya container terminals. This imbalance causes the equipment and facilities to be underutilized and causes further cost and time . Therefore, this study analyzes patterns of imbalance in container terminals in terms of resources and their outputs technically and operationally using the benchmarking principle, so the terminal can improve itself from imitating a much better terminal. A DEA model is used because it can process input and output more than one and simultaneously which is in accordance with the container production function. The DEA method is used to help find imbalances or inefficiencies in container terminals, and a deeper analysis is carried out to adjust the DEA efficiency value in real conditions. The technical and operational aspects studied are container terminal equipment and facilities as inputs and container production as outputs. The results obtained show that from the technical and operational aspects ,Semarang's container terminal is the most efficient. To improve efficiency in technical terms compared to other terminals, container terminals must focus on its cargo handling equipment such as quay cranes performance and compability with other resources , allocation of containers in container yards and its yard crane deployment strategies.

**Kata Kunci:** container terminal , Data Envelopment Analysis , Efficiency

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan skripsi berjudul “**Analisa Efisiensi Terminal Kontainer Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis Di Terminal Petikemas Surabaya, Terminal Jict, Terminal Tpk Koja, Dan Terminal Petikemas Semarang**” dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, di antaranya:

1. Keluarga penulis Syarifudin dan Yudishesan yang senantiasa memberikan dukungan lebih dari yang bisa penulis harapkan.
2. Prof.Dr.Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc. sebagai dosen wali yang telah membimbing saya baik akademis maupun non akademis sampai hari ini.
3. Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dan meberikan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Teman-teman satu bimbingan Widya , Radifan , Ezra , Elfrinsen dan Geraldly yang saling mendukung dan membantu satu sama lain dalam menyelesaikan skripsi masing-masing.
5. Teman-teman anggota Laboratorium RAMS yang selalu membantu dan bekerja sama dalam penyelesaian masa studi pendidikan di DTSP.
6. Teman- teman Mercusuar'14, Salvage'15, Voyage' 16 yang turut serta memberikan dukungan moral dan keilmuan untuk penyelesaian skripsi ini.
7. Serta untuk semua pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak namun belum bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Sehingga saran dan kritik yang membangun begitu diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan dalam penulisan berikutnya. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta dapat membantu bagi pengembangan kemajuan penelitian kedepannya. Sekali lagi penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian. Amin.

Surabaya, Juli 2019

Penulis  
Almer Abhinaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Pelabuhan .....	5
2.2 Terminal .....	5
2.2.1 Terminal Petikemas Surabaya.....	5
2.2.2 Terminal Petikemas Semarang.....	6
2.2.3 Terminal Petikemas Koja.....	6
2.3 Peralatan Bongkat Muat Pelabuhan .....	6
2.3.1 <i>Quay Crane</i> .....	7
2.3.2 <i>Yard Crane</i> .....	7
2.3.3 <i>Handling Units for modal transfer</i> .....	8
2.4 Data Envelopment Analysis (DEA).....	8
2.4.1 DEA-CCR .....	8
2.4.2 Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....	9
2.4.3 Data .....	10
2.5 Model Supply Chain .....	10
2.5.1 Spesifikasi Model.....	12
2.5.2 Parameter Model .....	12

2.6	Korelasi Pearson .....	13
2.7	Produktivitas Terminal Kontainer .....	13
2.8	Motion Study.....	14
2.9	Strategi Peningkatan Efisiensi Terminal .....	15
BAB III TAHAPAN PENELITIAN .....		17
3.1	Definisi Umum.....	17
3.2	Perumusan masalah.....	18
3.3	Studi Literatur .....	18
3.4	Pengumpulan Data .....	18
3.5	Penentuan Variabel Input dan Output.....	19
3.6	Analisa DEA Teknis .....	19
3.7	Rekomendasi .....	19
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		21
4.1	Deskripsi Umum.....	21
4.2	Deskripsi Data Terminal Petikemas .....	21
4.2.1	Terminal Petikemas Koja.....	22
4.2.2	Terminal Petikemas Semarang.....	22
4.2.3	Terminal Petikemas Surabaya.....	22
4.3	Uji Korelasi dan penentuan variabel .....	23
4.4	Perhitungan Motion Study .....	26
4.5	Hasil Perhitungan DEA-Teknis.....	28
4.6	Analisa DEA Teknis .....	31
4.6.1	Terminal Petikemas Koja.....	32
4.6.2	Terminal Petikemas Semarang.....	33
4.6.3	Terminal Petikemas Surabaya.....	34
4.6.4	Faktor Teknis pada <i>Quay</i> .....	34
4.6.5	Faktor Teknis pada <i>Yard</i> .....	38
4.7	Strategi Perbaikan Terminal Petikemas.....	39
4.7.1	Terminal Petikemas Koja.....	40
4.7.2	Terminal Petikemas Semarang.....	41
4.7.3	Terminal Petikemas Surabaya.....	41
BAB V KESIMPULAN .....		41
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Rekomendasi .....	43

REFERENSI.....	45
LAMPIRAN .....	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Supply Chain</i> DEA Model.....	11
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	17
Gambar 4. 1 Grafik <i>Ship Call</i> dibanding BOR.....	35
Gambar 4. 2 <i>Berthing Time</i> vs BCH vs <i>Crane Density</i> (CD).....	36

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Framework Perumusan Solusi.....	15
Tabel 4. 1 Hasil Uji Korelasi <i>Variabel Quay</i> .....	23
Tabel 4. 2 Penentuan Variabel <i>Input/Output Quay</i> .....	24
Tabel 4. 3 Hasil Uji Korelasi <i>yard</i> .....	25
Tabel 4. 4 Penentuan Variabel <i>input/output Yard</i> .....	26
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan <i>Motion Study</i> .....	27
Tabel 4. 6 Perhitungan Efisiensi DEA-Teknis .....	30
Tabel 4. 7 Target Optimasi sisi <i>Quay</i> dan <i>Yard</i> .....	31
Tabel 4. 8 Perhitungan Efisiensi DEA-TERMINAL .....	32
Tabel 4. 9 Rekomendasi Perbaikan .....	39

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG.....	49
Lampiran 2 : LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA .....	50
Lampiran 3 : LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS KOJA.....	51
Lampiran 4 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA .....	52
Lampiran 5: FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG.....	53
Lampiran 6 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS KOJA .....	54
Lampiran 7 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS JICT .....	55
Lampiran 8 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS TPK KOJA.....	56
Lampiran 9 : PRODUKTIVITAS TPK KOJA.....	57
Lampiran 10 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG\.....	58
Lampiran 11 : PRODUKTIVITAS TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG .....	59
Lampiran 12 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA.....	60
Lampiran 13 : PRODUKTIVITAS TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA .....	61
Lampiran 14 : MOTION STUDY TPK KOJA .....	62
Lampiran 15 : MOTION STUDY TPK SURABAYA.....	63
Lampiran 16 : MOTION STUDY TPK SEMARANG .....	64
Lampiran 17 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING KOJA QUAY .....	65
Lampiran 18 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPKS QUAY .....	67
Lampiran 19 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPS QUAY.....	69
Lampiran 20 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING KOJA YARD .....	71
Lampiran 21 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPKS YARD .....	73
Lampiran 22 FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPS YARD .....	75
Lampiran 23 : DUTY CYCLE QUAY CRANE .....	77
Lampiran 24 : DUTY CYCLE RUBBER TYRED GANTRY .....	77

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pelabuhan merupakan sebuah daratan dikelilingi oleh perairan dengan batasan tertentu yang memiliki fungsi sebagai tempat kapal bersandar dan berlabuh, naik dan turun penumpang, serta tempat perpindahan intra dan moda transportasi (Gurning & Budiyanto, 2007). Dikarenakan salah satu fungsi dari pelabuhan adalah sebagai sebuah intra dan moda transportasi, maka pelabuhan memiliki peran penting dalam menjaga lancarnya pergerakan barang antara lokasi satu dengan lainnya.

Salah satu barang yang dikelola pelabuhan merupakan petikemas. Pertumbuhan arus petikemas di pelabuhan - pelabuhan milik PT.Pelindo III terus meningkat dari tahun 2015 hingga 2017 dengan total kenaikan 13%, dampak dari pertumbuhan arus petikemas ini tentunya menyebabkan peningkatan kegiatan bongkar muat di pelabuhan untuk memenuhi pekerjaan yang bertambah (Pelindo III, 2017). Selain itu peningkatan arus petikemas juga terjadi pada terminal-terminal kontainer besar lainnya seperti Pelindo II hingga mencapai 6,91 juta TEUs. Dengan meningkatnya arus petikemas harus diseimbangkan dengan kemampuan dari terminal petikemas untuk menanganinya. Keseimbangan antara peralatan, fasilitas dan volume kargo masih belum tercapai dalam beberapa terminal kontainer.

Fasilitas yang tidak seimbang dicontohkan sebagai *quay length* dari Terminal Petikemas Koja yaitu sepanjang 650 meter dan Terminal Petikemas Semarang yaitu sepanjang 495 meter. Terminal Petikemas Koja seharusnya memiliki panjang dermaga lebih pendek dibanding Terminal Petikemas Semarang hal ini dikarenakan *throughput* Terminal Petikemas Koja lebih kecil yaitu sebesar 883,868 TEUs dibanding 954,394 TEUs. Perbandingan lain yang dapat diperhatikan merupakan antara panjang dermaga Terminal Petikemas Surabaya yaitu sebesar 1000 m dan Terminal Petikemas Semarang sepanjang 495 meter. Terminal Petikemas Surabaya memiliki panjang dermaga 2 kali lipat namun Terminal Petikemas Semarang memiliki *throughput* yang hampir sama dengan Terminal Petikemas Surabaya yaitu sebesar 954,394 TEUs dibanding dengan 1,359,223 TEUs milik terminal petikemas Surabaya, hal ini menandakan bahwa beberapa fasilitas tidak sesuai dengan kapasitasnya.

Ketidakseimbangan lainnya ada juga pada jumlah peralatannya terminal petikemas seperti contohnya luas lapangan penumpukan dengan jumlah peralatan *rubber tyred gantry*. Hal ini dapat dibandingkan pada Terminal Petikemas Surabaya dengan Terminal Petikemas Semarang, dimana Terminal Petikemas Surabaya memiliki luas lapangan penumpukan sebesar 35 hektar dengan 30 *rubber tyred gantry* dan Terminal Petikemas Semarang yang mempunyai 24 hektar dengan 29 *rubber tyred gantry*.

Perbandingan diatas menunjukkan bahwa terjadi ketidakseimbangan kapasitas pada terminal petikemas di Indonesia. Maka dari itu perlu diseimbangkan antara fasilitas, peralatan dan kapasitas dari terminal petikemas agar terminal petikemas menjadi efisien.

Perbandingan yang dilakukan antara terminal petikemas dapat menunjukkan hasil yaitu berupa terminal petikemas yang bagus dan tidak, sehingga terminal yang inefisien

dapat memperbaiki dirinya sendiri dengan mengacu pada terminal terbaik. Peralatan dan fasilitas untuk dibandingkan penting karena berupa *input* utama dari berjalannya terminal dengan baik.

Untuk menentukan nilai optimal terhadap tiap terminal petikemas maka akan dilakukan *benchmarking* pada terminal petikemas lainnya. Dari hal tersebut, tentunya nilai optimal akan meningkatkan kinerja operasional petikemas sehingga akan meningkatkan pelayanan pada customer dan alhasil akan menyebabkan peningkatan pemasukan untuk terminal. Solusi dari permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan studi banding berbasis *benchmarking* untuk mencari terminal yang memiliki proporsi terbaik dalam pengelolaan sumber daya. Hal ini nantinya akan memberikan arahan untuk melaksanakan pengembangan pada masing- masing terminal petikemas yang belum efisien .

Prosedur *benchmarking* menggunakan perbandingan mengacu pada terminal kontainer yang efisien terhadap kelompok klasternya yang memiliki formasi peralatan dan kegiatan operasional yang serupa. Prosedur ini dilakukan karena apabila pelabuhan memiliki formasi berbeda maka sistem operasinya akan berbeda sehingga tidak bisa dijadikan acuan.

Penelitian akan dilakukan pada Terminal Petikemas Surabaya, Terminal Petikemas Koja dan Terminal Petikemas Semarang dikarenakan status mereka sebagai sebuah *Hub port*. Untuk memahami titik-titik dalam proses bongkar muat pada terminal untuk dibandingkan , maka diperlukannya terdahulu dibentuknya sebuah model dari terminal kontainer. Model akan berbentuk sebuah *Supply chain model* untuk diidentifikasinya proses sekaligus subproses pada terminal kontainer. Setelah sistem dibentuk dengan model maka dilanjutkan dengan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada berjalannya sebuah terminal secara efisien, dimana faktor-faktor atau indikator tersebut akan digunakan untuk menganalisa efisiensi dari masing-masing terminal.

Analisa efisiensi dari terminal akan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* dikarenakan metode ini memiliki karakteristik tertentu yang dapat menganalisa sejumlah *input* sekaligus *output* bersamaan (*multi-dimensional* ) maka dari itu metode ini sesuai dengan proses pelabuhan yang kompleks (Tongzon, 2001). Penelitian berfokus pada konfigurasi dan keunggulan peralatan bongkar muat untuk menilai dampaknya pada terminal kontainer dalam segi waktu. Faktor peralatan yang akan diteliti akan berfokus dalam aspek kinerja operasionalnya, kemampuan peralatan dan konfigurasi antar peralatan.

Hasil dari analisa DEA akan menghasilkan sebuah *efficiency rating* yaitu tingkat efisiensi dari terminal kontainer dibanding dengan terminal pembandingnya. Setelah menemukan *efficiency rating* dari masing-masing terminal maka akan diidentifikasi titik-titik dalam proses bongkar muat yang dapat dioptimasi dengan mengarah pada kinerja operasional peralatan. Optimasi yang dilakukan diharapkan dapat membentuk standar performa berbasis peralatan bongkar muat di pelabuhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi operator terminal/pelabuhan untuk optimasi peralatan dan pengembangannya kedepan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari pemaparan latar belakang diatas, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana meningkatkan kinerja operasional suatu terminal container di *quay* menggunakan parameter-parameter teknis dan operasional ?
2. Bagaimana meningkatkan kinerja operasional suatu terminal container di *yard* menggunakan parameter-parameter teknis dan operasional ?

## 1.3 Tujuan

Dari penjelasan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor-faktor teknis dan operasional berbasis benchmarking yang perlu dikembangkan sehingga terminal container dapat mencapai titik optimal dibanding cluster nya disisi Quay
2. Menentukan faktor-faktor teknis dan operasional berbasis benchmarking yang perlu dikembangkan sehingga terminal container dapat mencapai titik optimal dibanding cluster nya disisi Yard

## 1.4 Batasan Masalah

Didalam penelitian ini batasan yang dirumuskan adalah sebagai dibawah ini :

1. Analisa efisiensi hanya dilakukan pada kargo yang jenisnya sama (kontainer) dan konfigurasi peralatan yang sama.
2. Penentuan variabel input dan output berdasarkan variabel yang harus dimiliki semua terminal kontainer .
3. Analisa dilakukan pada terminal petikemas Surabaya , terminal petikemas semarang dan terminal petikemas Koja untuk sisi operasional.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian merupakan terbentuknya sebuah model efisiensi terminal terkait dengan faktor teknis peralatan bongkar muat, sehingga pihak pelabuhan dapat menggunakannya untuk melakukan studi kelayakan pengembangan peralatan bongkar muat pada masa mendatang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pelabuhan**

Pelabuhan merupakan sebuah daratan dikelilingi oleh perairan dengan batasan tertentu yang memiliki fungsi sebagai tempat kapal bersandar dan berlabuh, naik dan turun penumpang, serta tempat perpindahan intra dan moda transportasi (Gurning & Budiyanto, 2007). Didalam penelitian ini penelitian akan dilakukan di 3 lokasi pelabuhan yang berbeda yaitu Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Tanjung Emas dan Pelabuhan Tanjung Priok. Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan yang berlokasi di Surabaya yang dikelola oleh 3 perusahaan utama yaitu PT.Pelabuhan Indonesia III (Persero), PT.BJTI dan PT. Terminal Petikemas Surabaya. Pelabuhan Tanjung Emas merupakan pelabuhan yang berlokasi di Semarang namun , masih dikelola oleh PT.Pelabuhan Indonesia III (Persero). Untuk Pelabuhan Tanjung Priok merupakan pelabuhan yang berlokasi di Jakarta yang dikelola oleh PT.Pelindo II (Persero).

#### **2.2 Terminal**

Terminal merupakan suatu tempat untuk menampung kegiatan berhubungan dengan transportasi dan kegiatan didalam sebuah terminal adalah bongkar muat baik barang, penumpang atau petikemas yang selanjutnya akan dipindah ketempat tujuan dan memiliki trafik yang serupa (Gurning & Budiyanto, 2007). Sebuah terminal memiliki jenis-jenis yang berbeda, dari terminal umum hingga terminal yang sudah terspesialisasi .

##### **2.2.1 Terminal Petikemas Surabaya**

Terminal Petikemas Surabaya merupakan terminal kontainer yang dikelola dibawah PT. Pelindo III (Persero). Fasilitas dari Terminal Petikemas Surabaya yang dimiliki adalah:

- Dermaga: Terdapat 2 jenis dermaga di Terminal Petikemas Surabaya, yaitu dermaga domestik dan dermaga International. Dermaga internasional memiliki panjang 1000 m sedangkan dermaga domestik sepanjang 450 meter. Kedalaman untuk dermaga domestik sebesar –8 meter dan dermaga internasional sebesar -13 meter. Sebab dari kedalaman dermaga internasional lebih dalam, adalah karena ukuran kapal yang bongkar muat lebih besar sehingga sarat kapal lebih dalam.
- Lapangan Penumpukan: Terdapat 35 hektar luas lapangan penumpukan internasional dan 4,7 hektar luas lapangan penumpukan untuk domestik.

### 2.2.2 Terminal Petikemas Semarang

Terminal Petikemas Semarang merupakan terminal khusus petikemas yang tepatnya berada dalam Pelabuhan Tanjung Emas di Semarang dan dibawah pengelolaan PT.Pelindo III (Persero). Fasilitas dari Terminal Petikemas Semarang yang dimiliki adalah:

- Dermaga: Terdapat 2 jenis dermaga di Terminal Petikemas Semarang, yaitu dermaga domestik dan dermaga International. Dermaga internasional memiliki panjang 495 m sedangkan dermaga domestik sepanjang 105 meter. Kedalaman dermaga internasional sebesar -9 meter.
- Lapangan Penumpukan: Terdapat 24,6 hektar luas lapangan penumpukan internasional dengan total kapasitas 11,921 TEUs .

### 2.2.3 Terminal Petikemas Koja

Terminal Petikemas Koja merupakan terminal petikemas yang terletak di utara Jakarta lebih tepatnya Pelabuhan Tanjung Priok. TPK-Koja dibentuk oleh 2 perusahaan yaitu PT.Pelabuhan Indonesia II (Pelindo II) dan PT.Hutchison Ports Indonesia, dimana kedua perusahaan menjalani *Joint Operations* (JO) dalam mengelola TPK-Koja. Terminal Petikemas Koja merupakan terminal container yang dikhususkan untuk melayani *international shipment*, Fasilitas dari TPK-Koja yang dimiliki adalah sebagai dibawah berikut ini :

- Dermaga: memiliki panjang dermaga sepanjang 650 meter dengan kedalaman sepanjang -13 LWS. Tipe dermaga pada Terminal Petikemas Koja merupakan *marginal berth*, dimana *marginal berth* adalah dermaga yang terhubung langsung dengan lapangan penumpukan. *Marginal berth* memiliki konfigurasi yang efisien dikarenakan *headtruck* tidak perlu berjalan jauh untuk mengambil dan mengantar kontainer antara *quay* dan *yard*.
- Lapangan Penumpukan: Terdapat 21,8 hektar luas lapangan penumpukan internasional dengan total kapasitas 11,921 TEUs .

## 2.3 Peralatan Bongkar Muat Pelabuhan

Untuk menunjang pelayanan kapal dan barang di pelabuhan maka dibutuhkannya peralatan pelabuhan dan instalasi penunjang lainnya. Menurut buku Manajemen Kepelabuhan Pelindo III (2009) peralatan pelabuhan dapat dibagi menjadi 3 jenis menurut arus kegiatan kapal dan bongkar muat barang yaitu peralatan untuk melayani kapal untuk berlabuh atau bersandar seperti kapal pandu dan kapal tambat, peralatan untuk melayani bongkar muat barang dari/ke kapal, lapangan penumpukan, gudang dan masuk atau keluar dari area pelabuhan dan instalasi penunjang untuk kapal, barang dan penumpang. Peralatan bongkar muat di pelabuhan mengacu dari jenis barang yang akan dibongkar maupun dimuat dan dibagi menjadi 3 jenis (PT.Pelindo , 2009) yaitu :

- a) **Kontainer** : Untuk menangani barang yang tergolong kontainer , peralatan yang dapat dipakai adalah seperti ship to shore crane (STS), Rubber Tyred Gantry (RTG), Rail Mounted Gantry (RMG), Straddle Carrier, Chassis, Reach Stacker, Top Loader, Side Loader dan peralatan lainnya.
- b) **General Cargo atau multipurpose** : Untuk menangan barang yang tergolong general cargo, peralatan yang dapat dipakai adalah forklift, truck, mobile crane dan peralatan lainnya.
- c) **Curah ( kering atau cair )** : Untuk menangani barang curah cair, bongkar muat dapat berupa pemindahan kargo curah cair dari kapal kepada tempat penimbunan curah cair seperti tangki atau silo menggunakan pipa untuk dialirkan. Untuk penanganan bongkar muat curah kering maka peralatan yang dapat dipakai merupakan conveyor, hopper, grab dan peralatan lainnya.

Didalam penelitian ini aspek analisa efisiensi terminal akan berhubungan erat dengan peralatan bongkar muat kontainer , maka dari itu peralatan yang akan diteliti secara spesifik merupakan peralatan didaerah *quayside*, *yard side* dan *Horizontal transport* dari *quay* ke *yard*. Peralatan-peralatan pada terminal kontainer didaerah tersebut dibahas pada subbab 2.3.1, 2.3.2 dan 2.3.3 :

### 2.3.1 Quay Crane

*Quay crane* merupakan peralatan utama dalam bongkar muat kapal, *quay crane* tersebut dapat dipasang di kapal ataupun di *quay* (*STS-Crane*) dan performa dari sebuah *quay crane* ditentukan oleh jenis, ukuran dan teknologi (Bichou, 2012). Jenis-jenis konfigurasi dari *quay crane* dapat dilihat sebagai ditabel bawah berikut ini:

- Kemampuan Angkat: kemampuan angkat *quay crane* dalam jenis terminal dalam penelitian ini terdapat 2 jenis yaitu *single lift* dan *twin lift*. *Quay crane* dengan kemampuan *single lift* hanya dapat mengangkat 1 TEUs dan kemampuan *twin lift* dapat mengangkat hingga 2 TEUs atau 1 FEUs.
- Generasi *Quay Crane*: Terdapat 3 generasi *quay crane* yaitu generasi *panamax* , *post panamax* dan *super post panamax*. Perbedaan diantara kedua *quay crane* ada pada daya angkat sekaligus dimensinya. *Super Post Panamax* memiliki panjang atau biasa disebut *outrreach* terpanjang, dan diikuti oleh *post panamax* dan akhirnya *panamax*.

### 2.3.2 Yard Crane

*Yard Crane* merupakan *crane* yang berfungsi untuk melakukan kegiatan *stacking* dan *shuffling* kontainer di lapangan penumpukan atau *container yard*, dimana *yard crane* umumnya merupakan jenis *Rubber Mounted Gantry Crane* (RMGC/RMG) atau *Rubber Tyred Gantry Crane* (RTGC/RTG) (Linn, et al., 2003). *Yard Crane* bergerak diatas blok dibawah mereka dan bergerak sesuai panjangnya blok tersebut, gabungan blok dalam sebuah panjang tertentu disebut sebagai *zone* dan jenis gerakan *yard crane* sepanjang *zone* berupa 2 yaitu *cross gantry* dan *linear gantrying* (Petering, 2011).

### 2.3.3 Handling Units for modal transfer

*Handling Units for modal transfer* merupakan peralatan untuk melakukan *Horizontal Transport* pada pada kargo dari satu tempat ke tempat lain dan dari satu moda transportasi ke moda transportasi lainnya (Gattuso & Cassone, 2018). Menurut Gattuso(2018) *Handling Units* dibagi menjadi 2 yaitu *common* dan *automated* dimana kedua jenis kategori tersebut memiliki perbedaan dalam *lifting* pada sebuah kontainer yang dijelaskan dibawah ini :

- *Handling Unit Common* umumnya merupakan *Straddle Carrier (SC)*, *Forklift (FL)*, *Reachstacker(RS)*, *Transtainer(TT)* dan *Multitrailer Train (MT)*.
- Untuk Jenis *Handling Unit Automated* umumnya adalah *Automated Guided Vehicles (AGV)*, *Intelligent Autonomous Vehicle (IAV)*, *Loco-Tractor(LT)*, *Automated Straddle Carrier (ASC)* dan *Automated Transtrainer (ATT)*.

Dikarenakan didalam penelitian pada Terminal Petikemas Surabaya, Terminal Petikemas Koja, dan Terminal Petikemas Semarang belum memiliki *Handling Unit Automated* maka studi akan fokus pada peralatan *Handling Unit Common*.

## 2.4 Data Envelopment Analysis (DEA)

*Data Envelopment Analysis (DEA)* merupakan metode analisis non-parametrik yang dipakai untuk mengukur efisiensi dari sebuah *decision-making unit (DMU)* menggunakan beberapa *input* dan *output*, pengukuran ini didapatkan dengan dibentuknya sebuah *virtual output* dan *virtual input*, tanpa perlunya diketahui sebuah fungsi produksi (Cullinane & Wang, 2006). Beberapa model dari DEA sudah dikembangkan, namun didalam penelitian ini akan fokus dalam penerapan dari model DEA yaitu DEA-CCR(Charles, Cooper & Rhodes). Model tersebut memiliki perbedaan dalam perlakuan terhadap *production frontier*, dimana DEA-CCR memiliki sifat Constant Return To Scale (CRS) yang berarti *input* dengan *output* proporsional (Cullinane & Wang, 2006).

### 2.4.1 DEA-CCR

DEA-CCR merupakan model DEA pertama yang dikemukakan oleh Charles. Cooper & Rhodes(1978) dan memiliki sifat antara *input* dengan *output* sebagai CRS (*Constant Returns to Scale*) (Cooper & Rhodes, 1978). Hubungan *input* dan *output* CRS menyatakan bahwa hubungan variabel *input* dan variabel *output* akan selalu proporsional (Cullinane & Wang, 2006). DMU merupakan singkatan dari *Decision Making Units*, dimana DMU dalam penelitian ini merupakan terminal petikemas. Elaborasi untuk '*n*' DMUs jika '*m*' inputs  $x_{io}(i=1,2,3,\dots,m)>0$  digunakan untuk menghitung output  $y_{rj}(r=1,2,3,\dots,s)>0$  dari DMU ke-*j* ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) memiliki fungsi program linear dari DEA-CCR sebagai dibawah berikut (Zheng & Park, 2016) :

$$\text{Min } h_0 = \theta$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$s_i^-, s_r^+, \lambda_j \geq 0, \quad \forall i, r, j$$

Dimana,

$h_0$  = Nilai efisiensi relatif dari DMU ke  $0^{th}$

$\lambda_j$  = Merupakan nilai bobot pada DMU  $j$

$x_{ij}$  = jumlah input  $i$  yang dipakai DMU  $j$

$y_{rj}$  = jumlah output  $r$  yang dipakai DMU  $j$

$i$  = jumlah variabel input (e.g. jumlah peralatan )

$j$  = jumlah DMU (e.g. jumlah terminal petikemas )

$r$  = jumlah variabel output (e.g. jumlah throughput )

$s_i^-, s_r^+$  = slack

Dimana,  $x_{ij}$  merupakan jumlah dari tipe faktor *input*  $i$  untuk  $j$ -th DMU contoh  $i$  merupakan nilai jumlah peralatan dan untuk contoh  $j$  adalah terminal petikemas,  $y_{rj}$  merupakan jumlah dari tipe faktor *output* untuk  $j$ -th DMU, dan  $h_0$  merupakan efisiensi relatif dari  $0$ -th DMU. Didalam setiap persamaan program linear terdapat 2 jenis solusi yaitu solusi *primal* dan solusi *dual*. Transformasi dualitas mengubah sebuah persamaan *primal* menjadi *dual* dan sebaliknya. Model *dual* dari *multiplier* model merupakan *envelopment* model yang disajikan pada persamaan (2.1). Lalu ketika faktor *slack* dipertimbangkan pada program linear maka fungsi akan menjadi seperti persamaan (2.1). Pembahasan perhitungan dapat dilihat pada subbab 4.5 dan penjabaran keseluruhan pemograman linear terdapat di lampiran.

Persamaan DEA digunakan untuk *benchmarking* dikarenakan sifatnya yang tidak subjektif dalam pembobotan, dimana dapat dilihat pada persamaan diatas bahwa pembobot tidak dibatasi nilainya karena dibiarkan untuk mencari solusi paling optimal. Perhitungan DEA akan menghasilkan sebuah *efficiency rating*, dimana *efficiency rating* ini menunjukkan tingkat efisiensi sebuah DMU dibanding DMU lainnya. Nilai 1 mengartikan bahwa terminal kontainer sudah sangat efisien diantara DMU lainnya. Nilai dibawah 1 seperti contoh 0,8 mengartikan bahwa DMU hanya efisien sebesar 80%. Untuk DMU yang hanya memiliki efisiensi 80% maka DMU tersebut harus menurunkan *input*-nya sebesar 20% secara bersamaan sehingga menjadi efisien.

#### 2.4.2 Variabel Input dan Output

Dalam penentuan variabel *input* dan *output* diutamakan agar mencerminkan tujuan asli dan proses produksi terminal kontainer seakurat mungkin (Norman & Stoker, 1991). Berdasarkan *production framework*, *input* pelabuhan dapat digeneralisasi sebagai *land*, *labor* dan *capital* (Tongzon, 2001). Dikarenakan penelitian ini akan berfokus pada aspek peralatan bongkar muat dan fasilitas yang terkait, variabel sumber

daya manusia akan dikeluarkan dari perhitungan. Penentuan variabel untuk penilaian efisiensi terminal kontainer mengacu pada *framework supply chain* yang sudah dibuat.

### 2.4.3 Data

Pemakaian metode DEA pada umumnya untuk menganalisa efisiensi sebuah jumlah DMU dengan membandingkan data secara *cross-sectional* yaitu dalam satu titik waktu saja, sehingga tidak mempertimbangkan waktu dalam analisisnya (Itoh, 2002). Maka dari itu analisa DEA dalam penelitian ini akan dilakukan terhadap *time series data* yang dimana waktu akan dipertimbangkan sehingga pengembangan pada terminal dapat dievaluasi (Dyson, 2000). Perhitungan dari efisiensi tiap DMU akan dianggap berbeda di waktu yang berbeda.

### 2.4.4 Orientasi model DEA

Analisa dengan model DEA memiliki 2 jenis orientasi, yaitu *input oriented* atau *output oriented*. *Input oriented* fokus dalam meminimalisir input yang dipakai untuk menghasilkan sebuah *output*, sedangkan *output oriented* fokus dalam memaksimalkan *output* dengan menjaga tingkat *input* yang sama (Bang, et al., 2012). Implikasi dari kedua orientasi berbeda dimana, *input oriented* lebih berhubungan dengan sumber daya dan *output oriented* dalam perencanaan strategis. Dalam penelitian ini akan menggunakan model DEA *Input Oriented*.

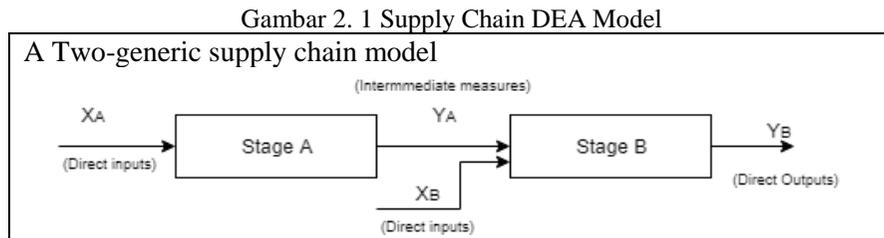
## 2.5 Model Supply Chain

Pola operasional terminal kontainer dibagi dalam 3 lokasi yaitu *quay*, *yard* dan *gate* dimana ketiga lokasi harus beroperasi secara efisien jika terminal kontainer mengharapkan efisiensi secara keseluruhan. Oleh karena itu, untuk menganalisa performa sebuah terminal kontainer secara akurat, diperlukannya sebuah pembentukan model terdahulu lalu dilanjutkan dengan pemilihan variabel *input* sekaligus *output* yang mengacu pada model. Permodelan terminal kontainer akan mengacu pada metode *Supply chain-DEA model*. Model akan mengacu dari literatur (Bichou,2011).Didalam penelitian ini model akan ditambah/dimodifikasi beberapa faktor lainnya .

Pola pemikiran analisa umumnya menggunakan *DEA* pada terminal kontainer, dengan memperlakukan terminal kontainer sebagai sebuah *blackbox* dan tidak mempertimbangkan subproses-subproses didalam terminal kontainer. Model yang dikemukakan oleh Bichou(2011) mendeskripsikan sebuah terminal kontainer sebagai sebuah subproses yang menjadi sebuah kesatuan dan dapat dilihat pada gambar 2.1. Terminal kontainer dibagi menjadi 3 lokasi berdasarkan pola operasionalnya di model Bichou yaitu *quay*, *yard* dan *gate* yang ditampilkan pada Gambar 2.1 dibawah. Sebab dari pembagian tahap tersebut dikarenakan terminal kontainer terkadang tidak efisien didalam salah satu tahapannya namun di tahapan lain efisien.

Jika memakai kerangka berfikir *blackbox* maka terminal kontainer dapat terhitung inefisien, namun pada realitanya inefisiensi terjadi pada satu tahapan saja. Model *supply chain* oleh Bichou pada Gambar 2.1 dibawah mengemukakan 2 skenario yang menggabungkan 2 *stage/fase* dalam 3 pola operasional terminal kontainer yang

disebabkan oleh keterbatasan data disaat penelitian dilakukan. Dimana, 2 skenario dapat dibentuk yaitu skenario 1 *yard* dan *quay* diasumsikan sebagai 1 *stage* dan skenario 2 *gate* dan *yard* diasumsikan sebagai 1 *stage*. Sesuai ilustrasi Gambar 2.1 dibawah, *input* dan *output* terbagi menjadi 2 yaitu *direct* dan *indirect(intermediate)*, jika *direct* berarti *input* atau *output* merupakan variabel langsung yang berasal dari tahapan subproses terminal, sedangkan *indirect* merupakan variabel yang berhubungan dengan tahapan lainnya.



Sumber: (Bichou, 2011)

Pada Gambar 2.1 diilustrasikan contoh *Supply chain* pada sebuah terminal kontainer, dimana diantara *stage A* dan *stage B* terdapat *intermediate inputs* yang menjadi *input* pada *stage B* dinotasikan sebagai  $y_A$ . Fungsi utama dari *intermediate inputs* adalah untuk melihat konektivitas antara tahapan pada terminal kontainer, dapat dicontohkan adalah sebuah operasi *headtruck*, dimana jika terjadi keterlambatan pada sisi *yard* and *gate* maka *headtruck* akan terlambat untuk mengirim kontainer ke sisi *quay* yang akhirnya menyebabkan operasi di sisi *quay* terganggu. Contoh variabel *direct inputs* yang dipakai oleh Bichou(2011) untuk 2 tahapan yaitu tahap pertama sisi *yard* and *quay* (*stage A*) lalu tahap kedua yaitu sisi *gate* (*stage B*), adalah *yard crane index*, *STS Crane index*, *LOA*, *Maximum draft* dan *free yard storage*, dan untuk tahap kedua berada di *gate* dengan variabel *gate outbound*, *cargo dwell time* dan *gate cut-off time*.

Didalam Gambar model 2.1, maka pilihan logis untuk *intermediate input* yang dipakai merupakan *cargo dwell time*. Hal ini disebabkan karena kenaikan *cargo dwell time* dapat meningkatkan *gate cut off time*. Contoh tersebut menunjukkan pola pemikiran dan pemilihan variabel-variabel dalam pembentukan model. Beberapa titik efisiensi dapat diukur pada model Bichou, yaitu *stage efficiency*, *overall efficiency* dan *network efficiency*.

Dapat dilihat pada Gambar 2.1 diatas, terdapat penempatan input dan output yang berbeda-beda, perhitungan tipe efisiensi akan bergantung nantinya pada penempatan dari *variable input* dan *output*-nya. Untuk melakukan perhitungan *overall efficiency* maka *input* yang dipakai merupakan *direct input stage A* dan *direct output stage B*. Untuk perhitungan efisiensi per *stage* akan memisahkan variabel-variabel yang dihitung diatas sesuai *stage*-nya. Untuk perhitungan *network efficiency* maka *intermediate inputs* juga dipakai dan dihitung dengan cara seperti *overall efficiency*. Untuk penelitian ini akan dihitungnya efisiensi per tahapan namun tidak mempertimbangkan *intermediate inputs* or *outputs*.

### 2.5.1 Spesifikasi Model

Dalam pembentukan model diperlukannya perumusan tujuan dari model, maka dari itu didalam model *supply chain-DEA* tujuan dari pengukuran merupakan efisiensi terhadap waktu proses bongkar muat dan kinerja operasional peralatan bongkar muat. Didalam pembentukan model ini, akan diterapkannya model skenario 2 yaitu dengan tahap 1 *gate and yard* lalu tahap 2 *quay*. 2 tahapan ini akan dioptimalisasi menggunakan *DEA-CCR* untuk hubungan parameter teknis dan operasional. Dapat terlihat di Tabel 2.14 merupakan bentuk kerangka pola pikir yang akan dipakai untuk mengklasifikasi perbandingan menggunakan DEA. Lalu akan dipakainya DEA-CCR untuk menganalisa per tahapan tanpa menghitung *network efficiency* atau *overall efficiency* di model Bichou dikarenakan kedua ukuran terlalu berfokus pada proses dan kurang membahas secara spesifik parameter teknisnya.

### 2.5.2 Parameter Model

Pada pembentukan model *supply chain -DEA* ,model bertujuan untuk melakukan optimasi pada 3 aspek yang saling berhubungan yaitu waktu, kinerja operasional dan parameter teknis dari terminal kontainer, dimana ketiga faktor saling berpengaruh satu sama lain. Secara garis besar penjelasan model akan dilakukan per tahap yaitu tahap 1 *yard* lalu tahap 2 *quay*, dan akhirnya permodelan terminal kontainer secara menyeluruh.

#### 2.5.2.1 Model Gate & Yard

Model ini berfokus pada operasi dari *Yard*, dimana kedua entitas dianggap sebagai satu kesatuan maka untuk menentukan variabel *input* dan *output* dari tahapan ini adalah dengan mengabungkannya. Fokus dari kinerja operasional peralatan akan diarahkan pada kinerja *Yard Gantry Crane*. Variabel yang dipilih beserta penjelasan pada masing-masing variabel adalah sebagai dibawah berikut :

- **Container Yard Area** merupakan luas lapangan penumpukan dalam satuan hektar untuk lapangan penumpukan di bagian internasional.
- **Yard Occupancy Ratio** merupakan jumlah total petikemas yang menempati lapangan penumpukan dibanding dengan total kapasitas lapangan penumpukan, YOR merupakan sebuah satuan umum dari terminal petikemas untuk mengukur performa.
- **Number of RTG (Rubber Tyred Gantry )** merupakan jumlah total *rubber tyred gantry* yang dipakai di lapangan penumpukan, *rubber tyred gantry* yang dipakai untuk perhitungan dikhususkan pada sisi internasional.
- **Yard Throughput** merupakan jumlah total petikemas yang melewati daerah lapangan penumpukan di terminal petikemas.

#### 2.5.2.2 Model Quay

Model ini berfokus pada operasi di *Quay*, dimana dalam hal ini fokus dari model terkait kinerja operasional peralatan adalah pada *Quay crane*. Variabel yang

dipilih beserta penjelasan pada masing-masing variabel adalah sebagai dibawah berikut:

- **Number of Quay Crane/(No.QC)** merupakan total jumlah *quay crane* yang dipakai untuk bongkar muat petikemas internasional.
- **Quay Length** merupakan panjang efektif dermaga untuk melakukan bongkar muat di terminal petikemas.
- **Number of Headtruck(No.HT)** merupakan total jumlah truk yang berfungsi untuk mengangkut petikemas dari dermaga ke lapangan penumpukan dan sebaliknya.
- **Berth Occupancy Ratio (BOR)** merupakan sebuah ukuran kepadatan terminal petikemas di sisi dermaga, dimana ukuran ini sering dipakai menjadi sebuah acuan produktivitas terminal petikemas.
- **Throughput** merupakan *total container throughput* terminal petikemas, dalam penelitian ini throughput yang dipakai merupakan *throughput* untuk petikemas internasional.

## 2.6 Korelasi Pearson

Analisis korelasi merupakan metode untuk melihat hubungan atau asosiasi antara 2 variabel, dimana asosiasi dinilai dari interval -1 (korelasi negatif) sampai dengan +1 (korelasi positif) (Cramer, 1998). Pada penelitian ini metode korelasi yang dipakai merupakan *pearson correlation*. Penjabaran rumus korelasi pearson dapat dilihat pada persamaan (2.2) dibawah ini :

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Korelasi pearson dirumuskan seperti di persamaan (2.2) diatas, dimana  $r$  menunjukkan koefisien korelasi *pearson*,  $n$  merupakan jumlah nilai-nilai yang diuji,  $X$  merupakan nilai dari variabel pertama,  $Y$  merupakan nilai dari variabel kedua dan  $XY$  merupakan nilai produk dari nilai kedua variabel.

## 2.7 Produktivitas Terminal Kontainer

Terdapat beberapa indikator produktivitas didalam sebuah terminal container. Beberapa produktivitas tersebut diukur untuk melihat kondisi operasional petikemas dan terkadang juga dipakai untuk membandingkan antara terminal petikemas lainnya. Standar ukuran produktivitas ini dibentuk oleh terminal container sendiri dan juga dirjen perhubungan laut. Ukuran-ukuran produktivitas tersebut adalah sebagai dibawah berikut, dimana penelitian ini memakai 2 jenis *output* utama untuk melakukan benchmarking yaitu YOR dan BOR.

- **Crane density:** Perhitungan yang menunjukkan berapa *quay crane* yang ditugaskan untuk melakukan bongkar muat. (TPS, 2019)

$$\text{Crane Density} = \frac{\text{Jumlah bongkar muat}}{\text{Working hour} \times \text{BCH}} \dots\dots\dots (2.3)$$

- *Box/crane/hour* (BCH) : Merupakan ukuran berapa efektif *quay crane* dalam melakukan bongkar muat di kapal, dimana semakin tingginya BCH maka produktivitas terminal semakin bagus. (TPS , 2019)

$$\text{Box/Crane/Hour} = \frac{\text{Total Box}}{\text{Number of crane} \times \text{working hour}} \dots\dots\dots (2.4)$$

- BOR: yaitu sebuah ukuran berapa produktif nya dermaga dipakai, umumnya tingginya nilai BOR maka mengindikasikan *congestion* dan rendahnya BOR menandakan tidak terpakainya dermaga secara efektif. (Gurning & Budiyanto, 2007)

$$\text{BOR}(\%) = \frac{(\text{LOA} \times 110\%) \times \text{Berthing time}}{\text{Quay length} \times 24 \text{ hour}} \times 100 \dots\dots\dots (2.5)$$

- YOR: menandakan berapa kapasitas lapangan penumpukan yang dipakai, tingginya nilai YOR menandakan terpakainya kapasitas lapangan dan jika nilai rendah mengartikan lapangan penumpukan tidak terutilisasi secara penuh. (Sitorus, 2016).

$$\text{YOR}(\%) = \frac{\text{Yard throughput}}{\text{Total Yard Capacity}} \times 100 \dots\dots\dots (2.6)$$

Pengukuran-pengukuran produktivitas diatas akan menjadi acuan dalam menganalisa terminal petikemas nantinya.

## 2.8 *Motion Study*

*Motion study* merupakan sebuah metode untuk menghitung pergerakan sebuah peralatan yang pada umumnya dipakai untuk mempelajari atau melakukan optimasi pada pergerakan yang tidak produktif. *Motion study* pada peralatan mengacu pada tiap pergerakan seperti contoh pergerakan *hoisting* pada crane ataupun pergerakan *gantry* pada *rubber tyred gantry*. Penerapan *motion study* umumnya dilakukan pada peralatan bongkar muat untuk mempelajari pergerakan. *Box Crane Hour* atau pada umumnya disingkat B/C/H adalah sebuah ukuran produktivitas peralatan bongkar muat pada terminal container.

Dengan analisa *motion study* nilai BCH teoritis dapat diestimasi. Didalam penelitian ini metode perhitungan BCH berfungsi untuk mengestimasi nilai kapasitas yang nantinya akan dibandingkan. Perhitungan BCH untuk peralatan *quay crane* dan RTG akan berbeda, dimana penjelasannya akan sebagai dibawah berikut :

- *Quay Crane*  
Perhitungan dilakukan per gerakan , maka dari itu pergerakan tersebut adalah *hoist up*, *hoist down*, *trolley forward* dan *trolley backward*.
- *Rubber Tyred Gantry*

Perhitungan dilakukan per gerakan , maka dari itu pergerakan tersebut adalah *gantry move, hoist up, hoist down, trolley loaded* dan *trolley unloaded*.

- *Headtruck*

Dihitung menggunakan kecepatan di terminal kontainer yaitu 30 km/jam dan jarak maksimum beserta minimumnya sehingga pada akhirnya dihitung nilai rata-rata waktunya.

Perhitungan dari BCH, dibentuk 2 jenis skenario yaitu skenario *max* dan scenario *min*. Skenario *max* berfungsi untuk meningkatkan nilai BCH setinggi mungkin dengan menggunakan asumsi seperti untuk *quay crane* tambahan *draft* kapal 2 m atau 8 m. Untuk *rubber tyred gantry* dihitung dari gerakan *gantry* terjauh, yaitu berbasis blok terpanjang dan blok terpendek yaitu 1 blok ( 6 m ).

## 2.9 Strategi Peningkatan Efisiensi Terminal

Terminal petikemas memiliki beberapa cara untuk meningkatkan nilai efisiensinya. Peningkatan efisiensi ini dapat berbasis waktu ataupun kapasitas. Untuk peningkatan efisiensi dapat berupa penyesuaian input pada level *output* terkini ataupun penyesuaian *output* pada level *input* terkini. Hasil perhitungan DEA akan menunjukkan beberapa terminal sebagai inefisien, terminal yang inefisien tersebut akan mendapatkan rekomendasi penurunan *input* sehingga mencapai tingkat efisiensinya.

Pengurangan *input* sebagai hasil akhir dari *benchmarking* dinilai tidak realistis untuk diterapkan, maka dari itu untuk meningkatkan efisiensi terminal tersebut, diperlukannya sebuah peningkatan *output* yang sesuai dengan level *input*-nya. Metode untuk peningkatan *output* terminal yang inefisien akan mengacu pada sebuah kerangka berfikir literatur. Didalam kerangka berfikir tersebut, rekomendasi dilakukan secara spesifik terhadap tiap terminal petikemas, dimana terdapat kondisi tertentu dari terminal petikemas yang juga harus bisa dipenuhi oleh solusi yang ditawarkan. Isu pembahasan pada tabel 2.1 dimaksud sebagai nilai *output* yang perlu ditingkatkan oleh terminal petikemas sehingga dapat mencapai nilai optimumnya yang sesuai dengan level *input* terkini. Sedangkan rekomendasi literatur menampilkan solusi untuk meningkatkan nilai *output*-nya yang berasal dari literatur, buku ataupun lembaga yang kredibel.

Tabel 2. 1 Framework Perumusan Solusi

No	Isu Pembahasan	Rekomendasi	Uraian
1	Throughput	A1: Pengurangan <i>Service time</i> (Gurning & Budiyanto, 2007)	Peningkatan kapasitas dapat dilakukan dengan pengurangan <i>service time</i> yang dibagi menjadi 2 yaitu waktu produktif dan waktu non produktif
		A2 : <i>Quay Crane Performance</i>	
		A3:Jumlah Tambatan (UNCTAD, 1985)	Jumah tambatan yang menyatakan batas maksimum kepadatan dermaga

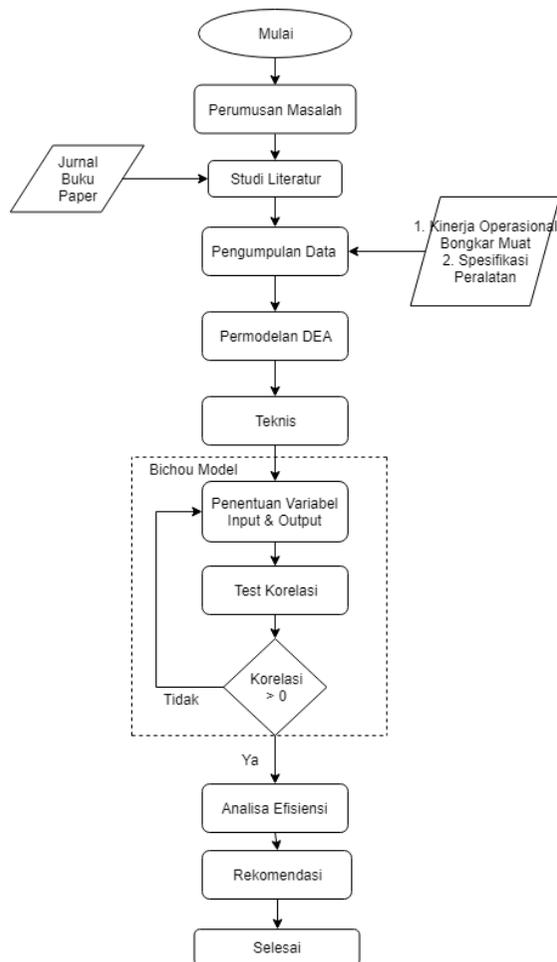
2	<i>Yard Throughput</i>	B1 : Perubahan <i>Stacking Height</i> (Chochrane, 2008)	Studi kasus yang membandingkan 2 terminal petikemas di Yantian dan Hongkong, ditemukannya bahwa kedua terminal efisien dengan konfigurasi berbeda. Yantian produktif karena penyebaran petikemas di lapangan, sedangkan Hong Kong produktif karena meningkatkan kepadatan di lapangan.
		B2 : <i>Rubber Tyred Gantry Performance</i> (Zyngiridis, 2005)	Sebuah penelitian dalam <i>yard crane dispatching</i> menggunakan <i>integer linear programming</i> yang menunjukkan bahwa 2 <i>Yard crane</i> lebih efektif dibanding 1 <i>Yard crane</i> .
		B3 : Pengurangan nilai <i>reshuffle</i> (Chen, 1999)	Sebuah penelitian yang menjelaskan penyebab <i>reshuffling</i> dan metode penanganannya.

Metode analisa dapat dicontohkan sebagai berikut yaitu, A1 merupakan sebuah solusi untuk Terminal Petikemas agar dapat mencapai nilai *throughput* optimalnya. Solusi untuk tiap terminal petikemas dapat berupa 1 saja ataupun 2 solusi sebagai contohnya Terminal dapat memiliki solusi A1 dan A2. Alokasi atau penempatan dari solusi megacu pada kebutuhan dari terminal petikemas itu sendiri. Maka dari itu sebelum alokasi solusi dilakukan, perlunya sebuah batasan dibentuk dari tiap Terminal Petikemas. Pembentukan batasan mengacu pada hasil analisa sebab akibat inefisiensi pada terminal. Beberapa solusi yang sudah ditemukan dari literatur dapat berupa sebuah fungsi persamaan, standar performa ataupun sebuah studi kasus.

## BAB III TAHAPAN PENELITIAN

### 3.1 Definisi Umum

Metodologi merupakan sebuah cara yang dipakai untuk mencapai tujuan dari penelitian yang dilakukan . Pada metodologi penelitian akan diuraikannya langkah-langkah yang diambil sehingga dapat mencapai tujuan penelitian yaitu analisa efisiensi peralatan bongkar muat pada Terminal Petikemas Surabaya, Terminal Petikemas Koja, dan Terminal Petikemas Semarang.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 secara garis besar , alur penelitian pada mulanya akan melewati proses perumusan masalah yaitu identifikasi masalah yang ada, lalu melakukan studi

literatur untuk mencari solusi-solusi yang mungkin untuk penyelesaian masalah yang sudah diidentifikasi. Didalam penelitian ini solusi yang diterapkan berupa proses *benchmarking*. Proses *benchmarking* tersebut menggunakan metode DEA. Dari proses *benchmarking* akan dianalisisnya efisiensi terminal dari sisi teknis sehingga akan didapatkannya akar masalah, lalu sebuah solusi untuk direkomendasi.

### 3.2 Perumusan masalah

Pada tahap ini dilakukannya observasi pada permasalahan yang ada, lalu permasalahan ini akan dirumuskan sehingga akan menetapkan tujuan dan manfaat dari penyelesaian masalah tersebut. Proporsi tidak proporsionalnya sumberdaya terminal kontainer dalam perbandingan dengan terminal lain merupakan masalah yang terindikasi dalam penelitian ini.

### 3.3 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk mencari metode dan definisi yang ada untuk menyelesaikan permasalahan yang sudah dirumuskan, dalam hal ini permasalahan merupakan efisiensi terminal kontainer terkait peralatan bongkat muat. Dan metode yang dipilih akan menggunakan *Data Envelopment Analysis*. Setelah penentuan metode untuk melakukan analisa, selanjutnya diidentifikasi data yang diperlukan untuk menjalankan metode, batasan metode dan proyeksi hasil akhir metode. Sumber – sumber yang digunakan untuk melakukan studi literatur yang merupakan jurnal, laporan dan buku.

### 3.4 Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan pada metode sehingga dapat dijalankan dan menuaikan hasil. Jenis data dibagi menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Dimana data primer merupakan hasil observasi langsung dan data sekunder merupakan hasil pengumpulan data perseorangan atau organisasi. Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder yaitu :

- Spesifikasi dan jumlah peralatan bongkar muat kontainer: data ini merupakan nilai spesifikasi peralatan seperti *hoisting speed*, *oureach*, *backreach*. Data ini dibutuhkan nantinya untuk dilakukannya *motion study*.
- *Operational Performance for ship, container and stacking operations* : data ini merupakan nilai–nilai performa yang nantinya akan dipakai saat melakukan analisa sebab akibat, selain itu data operasional juga dibutuhkan untuk perhitungan DEA pada terminal petikemas.
- Jumlah pergerakan sekaligus *throughput* kontainer yang masuk dan keluar pintu lapangan penumpukan kontainer, lapangan penumpukan, dermaga dan durasinya : data yang dibutuhkan menunjukkan kemampuan produksi terminal petikemas. Data ini dianalisa bersamaan dengan data operasional terminal petikemas untuk mencari tahu sebab akibat.

- Fasilitas Terminal Kontainer : Merupakan salah satu pembanding sumber daya terminal petikemas selain peralatan dikarenakan perannya yang kritical untuk input.

### **3.5 Penentuan Variabel *Input* dan *Output***

Tahap ini berfungsi untuk menentukan variabel *input* dan *output* apa yang berpengaruh pada terminal kontainer , penentuan variabel akan mengacu pada jurnal , literatur , paper dan indikator performa lainnya . Setelah membuat daftar variabel yang akan dipakai lalu akan diuji korelasi. Hasil uji korelasi variabel *input* atau *output* diatas akan dipakai untuk penelitian. *Input* yang direncanakan merupakan *input* dari sisi peralatan dan fasilitas dari terminal petikemas sehingga bertujuan untuk merepresentasikan sumber daya dari terminal petikemas, sedangkan untuk *output* yang direncanakan merupakan dari sisi produksi seperti *throughput* dan operasional seperti BOR atau YOR. Penentuan variabel *input* dan *output* akan bergantung pada ketersediaan dan keseragaman data antara terminal petikemas.

### **3.6 Analisa DEA Teknis**

Tahap ini dilakukan untuk melakukan analisa pada terminal kontainer menggunakan metode yang sudah ditentukan dan data penelitian akan dihitung pada tahun 2018. Hasil analisa akan menunjukkan jenis efisiensi dari terminal kontainer secara Teknis. Hasil evaluasi akan menunjukkan terminal kontainer dengan “*Best Practice*” terkait indikator variabel *input* dan *output*. Terminal dengan “*Best Practice*” akan menentukan nilai *input* dan *output* yang optimum terhadap terminal lain sehingga dapat menunjukkan nilai target optimasi.

Analisa pada hasil akan menentukan faktor-faktor teknis yang mempengaruhi pada efisiensi atau performa terminal petikemas, dimana DEA teknis menunjukkan berapa efisien terminal petikemas secara operasional dengan sumber daya yang dimiliki. Sehingga hasil dari penelitian akan menentukan parameter teknis serta kinerja operasional peralatan yang berpengaruh dalam terminal untuk memperbaiki keunggulan mereka dibandingkan dengan berbagai terminal dalam satu kluster yang dibandingkan secara teknis.

### **3.7 Rekomendasi**

Pada penelitian ini setelah mendapatkan kombinasi yang efisien dari variabel *input* peralatan , maka akan dibuatnya sebuah rekomendasi kepada pengelola terminal atau pelabuhan sehingga dapat meningkatkan efisiensi terminal dalam segi teknis dan kinerja operasionalnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Umum

Analisa akan dimulai dengan mengumpulkan data yang akan menjadi variabel perhitungan efisiensi, lalu setelah perhitungan dilakukan data-data pendukung lainnya seperti performa akan dipakai untuk menganalisa sebab akibat dari hasil perhitungan. Data pada akhirnya akan diproses untuk mengidentifikasi parameter-parameter teknis peralatan tiap terminal, nilai produktivitas dan kinerja operasional tiap terminal yang optimal. Perhitungan efisiensi teknis terminal hanya memakai 3 terminal petikemas yaitu Terminal Petikemas Koja, Terminal Petikemas Semarang dan Terminal Petikemas Surabaya.

### 4.2 Deskripsi Data Terminal Petikemas

Data yang diambil merupakan data sekunder dari perusahaan pada tahun 2018. Data yang akan digunakan dalam perhitungan terminal petikemas merupakan data operasional dan teknis. Data ini digunakan untuk perbandingan analisis dan variabel pada DEA, untuk data data teknis dan operasional yang dibutuhkan sebagai berikut :

- Performa teknis : yang dimaksud adalah kecepatan *hoisting*, *trolley* dan *gantry*. Data spesifikasi ini diperlukan untuk melihat kemampuan maksimum kerja peralatan.
- BCH yaitu singkatan dari *Box/Crane /Hour* : nilai yang digunakan untuk mengukur performa dari sebuah crane.
- BOR yaitu singkatan untuk *Berth Occupancy Ratio* : Nilai yang menandakan waktu pemanfaatan dermaga dalam waktu yang tersedia.
- ET yaitu *effective time* : Nilai yang merupakan waktu efektif bongkar muat di dermaga. Data ini digunakan sebagai salah satu variabel untuk menghitung *crane density*. Untuk menghitung *crane density* pada persamaan (2.3)
- *Ship call* : yaitu jumlah kapal yang berlabuh dan *throughput* yaitu produksi petikemas secara keseluruhan di terminal petikemas.
- *YOR* yaitu *Yard Occupancy Ratio* : Nilai yang menunjukkan seberapa efektifnya lapangan penumpukan container dipakai.
- *YTP* yaitu singkatan *Yard Throughput* : Nilai yang diartikan jumlah produksi petikemas di lapangan.

Formasi dari peralatan ketiga terminal petikemas memiliki rasio 1 *Quay Crane* : 3 *Rubber Tyred Gantry* : 7 *Headtruck*, dimana nilai rasio ini memberi gambaran singkat mengenai prosedur operasionalnya.

#### 4.2.1 Terminal Petikemas Koja

Data yang disajikan dibawah ini merupakan peralatan dari Terminal Petikemas Koja, dimana dapat dilihat bahwa terminal memiliki generasi *quay crane* yang berbeda mulai dari generasi *panamax* hingga generasi *super post panamax*. Peralatan yang disediakan oleh Terminal Petikemas Koja merupakan :

- 7 *Quay Crane* bertenaga listrik dengan jenis dan jumlah yaitu 3 *Panamax* (SWL 35 ton) , 2 *Post-Panamax* (40 Ton ) dan 2 *Super Post Panamax* (51 dan 61 ton )
- 49 *Headtruck* bertenaga diesel
- 25 *Rubber Tyred Gantry Crane* bertenaga diesel
- Total kapasitas statis tersedia untuk *Container Yard* sebanyak 9828 TEUs untuk import dan 9072 TEUs untuk export beserta 6 *Gate Lanes*.

#### 4.2.2 Terminal Petikemas Semarang

Data yang disajikan dibawah merupakan peralatan yang dimiliki Terminal Petikemas Semarang , dapat dilihat bahwa untuk peralatan di sisi lapangan yaitu *rubber tyred gantry* Terminal Petikemas Semarang sejumlah dengan yang dimiliki Terminal Petikemas Surabaya dengan fasilitas lapangan penumpukan yang lebih kecil. Selain hal itu dapat dilihat juga jumlah *quay crane* dari terminal paling sedikit diantara yang lain. Peralatan Terminal Petikemas Semarang dapat dilihat sebagai dibawah berikut ini :

- Memiliki 7 unit *Quay Cranes* .
- Memiliki 29 unit *Rubber Tyred Gantry* .
- Memiliki 43 Unit *Head Truck Trailer*

#### 4.2.3 Terminal Petikemas Surabaya

Data yang disajikan dibawah merupakan data dari Terminal Petikemas Surabaya , dimana dapat dilihat bahwa Terminal Petikemas Surabaya memiliki jumlah peralatan terbanyak diantara terminal lain. Walaupun jumlah peralatan milik terminal terbanyak, namun kecanggihannya dari *quay crane* masih dibelakang Terminal Petikemas Koja. Jumlah peralatan terbanyak dimiliki terminal dikarenakan ukuran terminal juga yang terbesar diantara ketiganya. Peralatan Terminal Petikemas Surabaya dapat dilihat sebagai dibawah berikut ini :

- Memiliki 13 unit *Quay Crane*
- Memiliki 30 unit *Rubber Tyred Gantry* dengan kapasitas 35 ton
- Memiliki 81 unit *Head Truck*

### 4.3 Uji Korelasi dan penentuan variabel

Penentuan variabel-variabel yang akan dimasukkan pada model Bichou untuk selanjutnya dianalisis dengan DEA perlu terdahulu diuji korelasi. Uji korelasi berfungsi untuk melihat hubungan antara variabel. Hasil uji korelasi akan menunjukkan nilai antara -1 dan +1, dimana nilai positif menunjukkan suatu variabel memiliki hubungan berbanding lurus dan negatif berbanding terbalik. Hasil uji korelasi antara variabel dapat dilihat pada Tabel 4.1 untuk bagian *quay*, arti dari simbol No.QC menyatakan jumlah total *quay crane*, QL adalah *quay length* atau Panjang dermaga, TEU merupakan *throughput* dan BOR adalah *berth occupancy ratio*:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Korelasi Variabel *Quay*

	No.QC	QL	No.HT	TEU	BOR
No.QC	1				
QL	0,993399	1			
No.HT	0,989158	0,999474	1		
TEU	0,960945	0,922858	0,909887	1	
BOR	0,6626	0,744139	0,765404	0,429451	1

(Sumber: elaborasi sendiri)

Penjelasan mengenai asosiasi antara variabel dapat dijelaskan sebagai dibawah ini :

- QL dengan rata-rata *Throughput* = Korelasi antara QL dan *Throughput* dinilai tinggi dikarenakan ketika QL semakin panjang maka kapal yang bisa bongkar muat lebih banyak dan lebih besar sehingga kargo yang dibawa lebih banyak.
- No.QC dengan rata-rata *Throughput* = jumlah QC berkorelasi tinggi dengan *throughput* dikarenakan jumlah QC akan mempengaruhi secara langsung jumlah bongkar muat yang terjadi di TPK.
- No.HT dengan rata-rata *Throughput* = nilai HT dengan *throughput* memiliki korelasi yang tinggi, hal ini sejalan dengan tingginya korelasi QC yang dimana semakin banyaknya arus b/m maka HT harus bisa mendukung produktivitas QC.
- QL dengan BOR = nilai korelasi QL dengan BOR dinilai tinggi dikarenakan dimensi QL akan langsung mempengaruhi ukuran dan jumlah kapal yang berlabuh. Dimana fungsi dari nilai BOR berhubungan secara langsung dengan panjang dermaga.
- No.QC dengan BOR = jumlah QC dengan BOR memiliki korelasi tinggi ( $>0,5$ ) dikarenakan dengan semakin banyaknya jumlah QC maka jumlah kapal yang b/m bisa lebih banyak dan ukuran kapal yang b/m juga bisa lebih besar yang langsung mempengaruhi kesibukan pada dermaga.
- No.HT dengan BOR = korelasi positif yang dimiliki HT dengan BOR dikarenakan semakin banyaknya aktifitas bongkar muat maka semakin

meningkatnya jumlah atau produktivitas QC dan karena itu jumlah HT akan meningkat juga.

Variabel yang dipilih untuk dikalkulasi dengan DEA-CCR adalah seperti pada Tabel 4.2 dibawah. Didalam tabel ditunjukkannya nilai dari ukuran pada tiap kuartal, seperti contoh KOJA1 mengartikan terminal petikemas koja saat kuartal 1 dan TPKS2 merupakan terminal petikemas Semarang saat kuartal 2. Dapat dilihat bahwa nilai dari BOR tertinggi dimiliki oleh Terminal Petikemas Surabaya diikuti dengan Terminal Petikemas Koja dan terakhir Terminal Petikemas Semarang. *Throughput* terbesar rata-rata dimiliki oleh Terminal Petikemas Surabaya, dan diikuti oleh Terminal Petikemas Semarang dan Terminal Petikemas Koja. Walaupun nilai *output* tertinggi dimiliki oleh Terminal Petikemas Surabaya, efisiensi nantinya akan lebih dipengaruhi oleh perbandingan antara level *input* dan *output*.

Inefisiensi sumberdaya seperti fasilitas dan peralatan dapat diindikasikan oleh adanya ketidakseimbangan. Contoh ketidakseimbangan antara *input* dengan *output* dapat dilihat pada Table 4.2 saat kuartal 2 untuk Terminal Petikemas Koja yaitu dengan *input* statis yang dimiliki, menghasilkan level *output* yang lebih rendah daripada Terminal Petikemas Semarang pada keempat kuartalnya.

Tabel 4. 2 Penentuan Variabel *Input/Output Quay*

Name	No.QC	No.HT	QL	BOR	Throughput
KOJA1	7	49	650	61.73	77600.33
KOJA2	7	49	650	56.78	69818.33
KOJA3	7	49	650	55.39	72066.33
KOJA4	7	49	650	57.09	75137.85
TPKS1	5	43	495	40.12	73298.67
TPKS2	5	43	495	43.72	73055.33
TPKS3	5	43	495	43.21	87073.67
TPKS4	5	43	495	34.10	84703.67
TPS1	13	81	1000	58.96	100479.64
TPS2	13	81	1000	63.92	118712.97
TPS3	13	81	1000	65.63	130242.90
TPS4	13	81	1000	61.07	103872.00

Tabel 4.2 mewakili nilai variabel *input* dan *output* di *quay*, dimana No.QC berarti jumlah *quay crane*, No.HT jumlah *headtruck* dan QL merupakan panjang dermaga. Ketiga jenis *input* diatas berhubungan dengan variabel *output* yang dimiliki. No.QC dipakai untuk proses bongkar muat *stevedoring*, yang memindahkan kontainer dari kapal ke dermaga dan sebaliknya. No.HT dipilih karena merupakan satu-satunya moda transportasi yang dapat memindahkan kontainer dari dermaga ke lapangan penumpukan dan sebaliknya. *Quay Length* dipilih karena menunjukkan kemampuan terminal mengakomodir kapal-kapal yang berlabuh. Untuk melihat keterkaitan hubungan antara variabel disisi *yard* maka uji korelasi juga dilakukan dan dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini, dimana arti dari symbol No.RTG menyatakan jumlah total

*rubber tyred gantry*, *CY Area* adalah luas lapangan penumpukan, *YOR* merupakan *yard throughput* dan *YOR* adalah *yard occupancy ratio* :

Tabel 4. 3 Hasil Uji Korelasi *yard*

	CY			
	No.RTG	AREA	YOR	YTP
No.RTG	1			
CY AREA	0.764265	1		
YOR	0.660552	0.020658	1	
YTP	0.534006	0.953374	0.92	1

Penjelasan mengenai asosiasi antara variabel dapat dijelaskan sebagai dibawah ini:

- No.RTG dengan YOR = nilai korelasi RTG dengan YOR sebesar 0,66. Semakin tingginya YOR maka lapangan semakin padat karena itu dibutuhkan lebih banyak RTG untuk mengelola jumlah petikemas .
- No.RTG dengan YTP = nilai korelasi RTG dengan rata-rata YTP berkorelasi 0,53, hal ini dikarenakan dengan semakin meningkatnya Jumlah RTG di CY maka semakin banyak petikemas yang dapat dikelola.
- CY Area dengan YTP = hubungan CY area dengan YTP adalah dengan meningkatnya YTP maka nilai kapasitas CY area juga harus meningkat.
- CY Area dengan YOR = dengan CY area yang relatif kecil maka YOR dapat lebih besar daripada terminal petikemas lainnya yang memiliki jumlah produksi kontainer yang sama.

Setelah melakukan uji korelasi pada variabel *input* dan *output* pada masing-masing tahap, maka akan dilakukannya pemilihan terhadap variabel *input* dan *output* yang sesuai dengan hasil korelasi yang positif. Variabel yang dipilih untuk dikalkulasi dengan DEA-CCR untuk sisi *yard* adalah seperti pada Tabel 4.4 dibawah. Didalam tabel 4.4 ditunjukkannya nilai dari ukuran pada tiap kuartal, seperti contoh KOJA1 mengartikan terminal petikemas koja saat kuartal 1 dan TPKS2 merupakan terminal petikemas Semarang saat kuartal 2. Dapat dilihat bahwa nilai dari YOR tertinggi dimiliki oleh terminal petikemas Semarang diikuti dengan Terminal Petikemas Surabaya dan terakhir Terminal Petikemas Koja.

*Yard throughput* terbesar rata-rata dimiliki oleh terminal petikemas Surabaya, dan diikuti oleh Terminal Petikemas Koja dan Terminal Petikemas Semarang. Ketidakseimbangan antara level *input* dengan *output* pada sisi *yard* lebih terlihat daripada proporsi terminal di sisi *quay*. Dimana pada Table 4.4 dapat dilihat bahwa Terminal Petikemas Koja dengan input terendah dapat menghasilkan *output* lebih tinggi daripada Terminal Petikemas Semarang.

Tabel 4. 4 Penentuan Variabel *input/output Yard*

Name	No.RTG	CY Area	YOR	YTP
KOJA1	25	21.8	46.62	76912.221
KOJA2	25	21.8	43.00	69613.219
KOJA3	25	21.8	42.18	69890.637
KOJA4	25	21.8	39.93	64751.921
TPKS1	29	24	52.00	66557.536
TPKS2	29	24	46.00	54377.309
TPKS3	29	24	52.00	60082.085
TPKS4	29	24	41.00	48851.341
TPS1	30	35	36.01	100379.49
TPS2	30	35	46.36	118605.64
TPS3	30	35	54.99	130118.32
TPS4	30	35	41.73	103752.26

Tabel diatas mewakili nilai variabel *input* dan *output* untuk sisi *yard*, dimana No.RTG berarti jumlah *Rubber Tyred Gantry* dan *CY Area* berarti luas dari *container yard*. Tabel diatas mewakili nilai variabel *input* dan *output* untuk sisi *yard*, dimana No.RTG berarti jumlah *Rubber Tyred Gantry* dan *CY Area* sebagai luas lapangan penumpukan. No.RTG merepresentasikan jumlah peralatan yang dipakai untuk mengelola petikemas yang masuk kedalam *yard* dan keluar dari *yard*. *CY Area* merepresentasikan kapasitas yang tersedia untuk mengelola jumlah petikemas yang masuk kedalam *yard* dan didalam *yard*.

#### 4.4 Perhitungan *Motion Study*

Perhitungan dengan *motion study* dilakukan terhadap peralatan bongkar muat untuk menghitung kapasitas maksimal peralatan. Tujuan kedua perhitungan tersebut adalah untuk nantinya dibandingkan. Contoh perhitungan *motion study* untuk BCH Maks adalah seperti dibawah berikut :

$$\bullet \text{ Hoist Up} = \frac{\text{Tinggi Crane}}{\text{Hoisting speed Unloaded}} + \frac{(\text{Tinggi Crane}+2 \text{ m})}{\text{Hoisting Speed Loaded}} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\bullet \text{ Hoist Down} = \frac{\text{Tinggi Crane}}{\text{Hoisting Speed Loaded}} + \frac{(\text{Tinggi Crane}+2 \text{ m})}{\text{Hoisting Speed Unloaded}} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$\bullet \text{ Trolley Forward} = \frac{\text{Rail Gauge}}{\text{Trolley Speed Loaded}} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\bullet \text{ Trolley Backward} = \frac{\text{Rail Gauge}}{\text{Trolley Speed Unloaded}} \dots\dots\dots (4.4)$$

Didalam perhitungan motion study, beberapa data spesifikasi diasumsikan seperti *rail gauge* yaitu (*outrreach + backreach*) x 0,75 dan *draft* sebesar 2 m untuk fungsi maksimalisasi BCH dan 8 m untuk fungsi minimalisasi BCH.

Perhitungan hasil motion study pada terminal petikemas adalah sebagai Tabel 4.5 dibawah berikut, dimana nilai B/C/H Max didefinisikan sebagai nilai maksimum B/C/H dari peralatan dan B/C/H Min sebagai nilai minimum B/C/H dari peralatan. Beberapa notasi lainnya adalah *throughput* yaitu menjelaskan proyeksi *throughput* teoritis yang mengacu pada nilai B/C/H teoritis. *Throughput* teoritis menunjukkan kemampuan peralatan secara agregat dalam keadaan sempurna untuk produksi kontainer.

*Hoist speed* pada Table 4.5 menunjukkan seberapa cepat kemampuan *quay crane* untuk mengangkat kontainer secara vertikal. Kecepatan pada *hoisting speed*. *Trolley speed* menunjukkan seberapa cepat kemampuan *quay crane* untuk mengangkat kontainer secara *horizontal*. Kedua ukuran tersebut yaitu *hoisting speed* dan *trolley speed* menentukan kapasitas maksimal B/C/H *quay crane*.

*Rated capacity* menunjukkan kemampuan *quay crane* untuk mengangkat kontainer, dimana *rated capacity* akan menentukan *quay crane single lift* dan *twin lift* sehingga pada akhirnya akan menentukan nilai B/C/H. Pencocokan antara *spreader* sebuah *crane* dan *rated capacity* nya akan menentukan sebuah *crane* bersifat *single* atau *twin lift*.

*Outreach* menunjukkan kemampuan *quay crane* untuk menjangkau saat bongkar muat kontainer. Jangkauan pada crane yang semakin besar dapat melayani ukuran kapal yang semakin besar. Perkembangan *quay crane* seiring waktu dapat dilihat pada nilai *outrreach* dan *rated capacity* yang berbeda-beda.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan *Motion Study*

Merek	Unit	Rated Capacity	Outreach	Backreach	Main Hoist Speed Loaded	Main Hoist Speed No Load	Trolley Transverse Speed	B/C/H Max	B/C/H Min	Throughput Max	Throughput Min
		tons	meter	meter	m/min	m/min	m/min				
KOJA											
Mitsubish i	3	35	34	16	55	110	120	26	25	236	22 2
Mitsubish i	2	40	45	16	70	150	180	28	27		
Doosan	1	41	52	15	60	170	210	50	48		
ZPMC	1	41	54	15	60	170	210	50	48		
TPKS											
IHI	5	36	34	9	52	111	152	28	26	139	12 8

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Motion Study* (Lanjutan)

Hitachi	1	35	38	15	45	110	150	27	25	436	410
KONE-P	5	35	37	16	60	120	150	30	28		
IMPESA	4	45	40	16	65	130	180	31	29		
KONE-PP	3	65	46	16	75	150	180	46	44		

Generasi *quay crane* terbagi menjadi 3 yaitu *Panamax*, *Post Panamax* dan *Super Post Panamax*. Jenis *panamax* didefinisikan sebagai *crane* yang memiliki jangkauan sepanjang 12 – 13 *rows* sedangkan untuk *Post panamax* memiliki jangkauan sepanjang 18 *row*. Pada table diatas dapat dikelompokkan *panamax crane* sebagai Mitsubishi, Hitachi, Konecranes 1990, IMPESA, dan IHI .

*Super post panamax* merupakan jenis *crane* yang paling moderen hingga saat ini, dimana jangkauan *super post panamax* sepanjang 22 *rows*. Pada tabel diatas dapat diklasifikasikan berdasarkan merek ZPMC dan Doosan sebagai sebuah *super post panamax crane*.

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa Terminal Petikemas Koja memiliki *crane* dengan keunggulan teknis jangkauan terbesar. Keunggulan ini memberikan Terminal Petikemas Koja potensi untuk melayani kapal yang besar. Jangkauan yang panjang tersebut karena Terminal Petikemas Koja memiliki generasi *crane* termaju yaitu sebuah *Super Post Panamax Crane*.

*Super post panamax crane* memiliki perbedaan dengan *post panamax* dan *panamax crane* pada panjang *outrreach* mereka. *Rated capacity* tidak memberikan gambaran penuh antara perbedaan generasi *crane*, dimana hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5, *quay crane* Kone tipe *post panamax* Terminal Petikemas Surabaya memiliki *rated capacity* 65 ton dibanding ZPMC yang hanya 41 ton. Maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan generasi *crane* lebih ditentukan oleh *outrreach*.

#### 4.5 Hasil Perhitungan DEA-Teknis

Perhitungan efisiensi DEA akan dilakukan pada variabel yang sudah dipilih. Namun, sebelum perhitungan DEA dilakukan *dataset* yang dipakai akan diperluas menjadi *panel data*. *Panel data* berfungsi untuk memperluas *dataset* yang dimiliki, dimana akurasi dapat ditingkatkan. Sekaligus melihat perubahan data dalam bentuk *time series*.

Pembentukan *panel* pada penelitian ini adalah dengan melakukan kalkulasi terdahulu pada tiap kuartal di terminal kontainer, notasi kuartal akan ditaruh disebelah nama terminal kontainer yang ingin dihitung, semisal Terminal Petikemas Koja Kuartal 1 akan memiliki notasi KOJA1, Terminal Petikemas Koja Kuartal 2 akan memiliki notasi KOJA2 dan seterusnya. Pemakaian model Bichou untuk melakukan perhitungan efisiensi ditujukan agar titik inefisiensi dalam terminal dapat diidentifikasi. Contoh

perhitungan DEA-CCR untuk KOJA 2 disisi *quay* dicontohkan sebagai dibawah berikut ini yaitu :

$$\text{Max } \emptyset_{\text{KOJA2}} \dots\dots\dots (4.5)$$

Subject to:

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 56,78 \dots (4.6)$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq 69818 (4.7) \dots\dots\dots (4.7)$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \geq 7 \emptyset_{\text{KOJA}} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 + \lambda_{12} 81 \geq 49 \emptyset_{\text{KOJA}} \dots\dots\dots (4.9)$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650 \emptyset_{\text{KOJA}} \dots\dots\dots (4.10)$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{11}, \lambda_{12} \geq 0 \dots\dots\dots (4.11)$$

Dimana,

- $\emptyset_{\text{KOJA2}}$  = Nilai efisiensi relatif dari KOJA 2(DMU) ke  $2^{nd}$
- $\lambda_j$  = Merupakan nilai bobot pada DMU  $j$ , contoh dalam hal ini  $\lambda_1 61,73$  , BOR DMU 1 memiliki bobot  $\lambda_1$
- $x_{ij}$  = jumlah input  $i$  yang dipakai DMU  $j$ , contoh dalam hal ini  $\lambda_1 7$  nilai 7 merupakan *input* yaitu *quay crane* yang dipakai DMU 1 yaitu KOJA 1
- $y_{rj}$  = jumlah output  $r$  yang dihasilkan DMU  $j$ , contoh dalam hal ini  $\lambda_1 61,73$ , nilai 61,73 merupakan nilai *output* yaitu BOR yang dihasilkan DMU 1 yaitu KOJA 1
- $i$  = jumlah variabel *input* (e.g. jumlah peralatan)
- $j$  = jumlah DMU (e.g. jumlah terminal petikemas)
- $r$  = jumlah variabel *output* (e.g. jumlah *throughput*)

Persamaan (4.5 – 4.11) menunjukkan model minimalisir *input*. Untuk perhitungan keseluruhan DMU dari sisi operasional untuk ketiga terminal petikemas dapat dilihat pada lampiran 17 sampai lampiran 22. Dapat dilihat pada contoh persamaan bahwa *objective function* ditandai sebagai 4.5, *decision variables* sebagai

4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 dan *constraints* sebagai 4.11. *Decision variable* yang terbagi menjadi dua yaitu berbasis konstanta *input* (4.8, 4.9, 4.10) dan berbasis konstanta *output* (4.6, 4.7). Contohnya adalah pada persamaan 4.6 yang menggunakan konstanta *output* yaitu  $\lambda_1 61,73$ , disini 61,73 merupakan ukuran BOR terminal petikemas Koja pada kuartal 1 dan  $\lambda_1$  merupakan bobot variabel yang akan terhitung. Solusi untuk  $\lambda_1$  nantinya akan memaksimalkan nilai  $\Phi_{KOJA2}$  dari pemograman linear.

Perhitungan *efficiency rating* akan menunjukkan terminal petikemas yang layak untuk di *benchmark*. Hal ini dikarenakan terminal memiliki perbandingan *input* dan *output* terkecil. Efisiensi yang terhitung dapat ditampilkan pada Tabel 4.6 dibawah, nilai *efficiency rating* tertinggi di sisi *yard* dimiliki Terminal Petikemas Koja dan sisi *quay* dimiliki terminal petikemas Semarang. Maka dari itu terminal petikemas yang ingin menjadi efisien disarankan mengikuti sistem operasional Terminal Petikemas Koja untuk sisi *yard* dan Terminal Petikemas Semarang untuk sisi *quay*.

Hasil yang didapat tidak menunjukkan terminal petikemas manapun mencapai nilai 100%. Hal ini dikarenakan hasil *efficiency rating* didapat melalui rata-rata dari seluruh kuartal. Perhitungan pada terminal petikemas setiap kuartal ditujukan sehingga lebih akurat dari perhitungan per tahun. Tabel 4.6 menunjukkan *input* yang perlu dikurangi sehingga terminal petikemas efisien. Pengurangan *input* ini dapat dihitung sebagai contoh pada Terminal Petikemas Surabaya yaitu (100% - 72% = 28% ) yang berarti terminal petikemas Surabaya perlu mengurangi seluruh *input* sebesar 28% dari nilai awal sehingga sesuai dengan level *output*-nya.

Tabel 4. 6 Perhitungan Efisiensi DEA-Teknis

DMU	YARD	QUAY
TPK KOJA	0,922	0,94
TPKS	0,918	0,97
TPS	0,87	0,72

Variabel yang digunakan pada Table 4.6 adalah *Input* merupakan *Quay Length*, *Number of QC* dan *Number of HT* sedangkan *output* merupakan *Berth Occupancy Ratio* dan *Throughput* untuk perhitungan di sisi *quay*. Untuk perhitungan pada sisi *yard* variabel yang dipilih adalah *Number of RTG* dan luas CY Area sebagai *input*, untuk *output* memakai nilai *YOR* dan *Yard Throughput*. Dapat diperhatikan didalam penelitian ini bahwa variabel yang dijadikan *input* bersifat sumber daya utama sebuah terminal petikemas dan variabel yang dijadikan *output* merupakan indikator ukuran produktivitas terminal. Pemilihan variabel *input* sebagai sumber daya utama terminal dengan *output* sebagai ukuran produktivitas terminal disebabkan agar factor-faktor teknis yang berpengaruh pada produktivitas dapat teridentifikasi.

Identifikasi ini didapat dengan memperhatikan pola dari pemanfaatan sumber daya tersebut. Seperti contoh utilisasi peralatan ataupun fasilitas. Hasil perhitungan efisiensi akan menentukan nilai-nilai tertentu dari terminal petikemas yang perlu diubah untuk mencapai titik optimalnya dan disebut *efficient input target*. Didalam Tabel 4.6 dibawah ini dapat dilihat nilai-nilai yang perlu dicapai terminal kontainer pada tiap kuartal .

Salah satu cara untuk mengintrepetasikan data pada table dibawah adalah sebagai berikut, pada kuartal 1 Terminal Petikemas Surabaya memiliki *efficient input target*

sebesar 6,76 untuk jumlah *quay crane*, hal ini dapat didefinisikan bahwa pemakaian *quay crane* hanya cukup sebesar 6 *crane* dengan pemakaian 100% dan 1 *crane* dengan pemakaian 76% untuk menghasilkan nilai *output* BOR sekaligus *throughput* pada kuartal 2.

Tabel 4. 7 Target Optimasi sisi *Quay* dan *Yard*

Efficient Input	Quay			Yard	
	No.QC	No.HT	QL	No.RTG	CY Area
KOJA1	7.00	49.00	650.00	25.00	21.80
KOJA2	6.44	45.07	597.85	23.06	20.11
KOJA3	6.29	44.61	586.21	22.62	19.80
KOJA4	6.48	46.21	605.20	21.41	18.67
TPKS1	4.61	39.67	456.71	29.00	24.00
TPKS2	5.00	43.00	495.00	25.65	21.23
TPKS3	5.00	43.00	495.00	29.00	24.00
TPKS4	4.86	41.83	481.53	22.87	18.92
TPS1	6.77	53.80	653.02	23.14	27.00
TPS2	7.37	60.93	719.91	27.35	31.90
TPS3	7.59	64.78	749.41	30.00	35.00
TPS4	7.01	55.67	676.11	23.92	27.91

*Efficient input target* berfungsi untuk meminimalisir *input* yang eksisting, sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi lapangan. Penyesuaian ini dilakukan dengan membentuk sebuah skenario pada *input* yang ingin dioptimalkan. Seperti contoh adalah menggunakan *efficient input target* pada nilai *Headtruck* Terminal Petikemas Koja pada kuartal 2 (KOJA 2) dibandingkan dengan target *input Headtruck* pada kuartal 1 (KOJA1) sebagai *benchmark*, perbandingan tersebut akan menghasilkan nilai produktivitas yang sama yaitu pemakaian *Headtruck* sebesar 65%.

Hubungan dengan *efficiency rating* tiap terminal dengan *efficient input target*-nya adalah bahwa semakin tinggi *efficiency rating* sebuah terminal, maka akan menyebabkan nilai *efficient input target* sama dengan nilai *input* eksisting nya. Seperti contoh adalah Terminal petikemas Semarang dengan nilai efisiensi terbesar pada *quay*, memiliki *efficient input target* yang sama pada kuartal 2 dan kuartal 3 nya.

#### 4.6 Analisa DEA Teknis

Analisa secara teknis akan dilakukan untuk mengidentifikasi titik inefisiensi tiap terminal petikemas dan penjelasan mengapa inefisiensi tersebut dapat terjadi. Inefisiensi dapat bersumber dari internal yaitu seperti pengelolaan peralatan sekaligus fasilitasnya atau dari eksternal yaitu dari kondisi pasar sekaligus perdagangan. Langkah analisa yang akan dilakukan adalah :

1. Identifikasi *input* berlebih yang dimiliki terminal petikemas.
2. Perhitungan dari *input* berlebih tersebut deviasi dari nilai *input* awalnya. Untuk melihat perbandingan *input target* dengan *input* riil.

### 3. Penentuan faktor eksternal dan faktor internal yang menyebabkan adanya *input* berlebih t pada terminal

Setelah langkah diatas terpenuhi maka akan didapatkannya nilai optimal nya, sebab nya dan faktor-faktor baik eksternal maupun internal yang berpengaruh pada efisiensi sebuah terminal petikemas. Hasil perhitungan efisiensi sekaligus sumberdaya tiap terminal akan disajikan seperti Table 4.7 dibawah ini :

Tabel 4. 8 Perhitungan Efisiensi DEA-TERMINAL

DMU	YARD	QUAY	Variabel Input ( Resource )				
			Quay length	Number of QC	Number of HT	Number of RTG	CY Area
TPK KOJA	0,922	0,94	650	7	49	25	21,8
TPKS	0,918	0,97	495	5	43	29	24
TPS	0,87	0,72	1000	13	81	30	35

Tabel 4.8 merupakan hasil dari perhitungan efisiensi tiap terminal dan juga ditunjukkannya sumber daya atau *input* dari terminal pada tabel sisi kanan. Pembahasan dari Table 4.7 dan juga terkait terminal nya akan dibahas pada Subbab 4.6.1 , 4.6.2 dan 4.6.3. Dikarenakan *input* dari terminal kontainer bersifat tetap, maka perlunya ditingkatkan *output* sehingga *input* pada kondisi eksisting dapat terutilisasi sepenuhnya dan menjadi efisien. Peningkatan *output* dapat mengacu pada *efficient output target*, yaitu nilai *output* tertentu yang perlu dicapai terminal sehingga efisien.

Penentuan *efficient output target* memiliki prinsip yang sama dengan penentuan *efficient input target*. Jika sebuah terminal kontainer memiliki *efficiency rating* sebesar 85% maka *input* perlu dikurangi sebesar 15% agar efisien atau peningkatan *output* sebesar 15% untuk menjadi efisien dengan level *input* eksisting. Maka dari itu, jika proyeksi dilakukan pada nilai *output* terminal kontainer eksisting akan didapatkannya hasil yang optimal berupa tambahan 31,731 TEUs *throughput* per kuartal dan tambahan 14,717 TEUs *yard throughput* per kuartal untuk terminal petikemas Surabaya. Dikarenakan nilai YOR dan BOR dari hasil proyeksi *output* yang efisien melebihi rekomendasi standar oleh UNCTAD maka penerapan target *output* optimal untuk terminal kontainer hanya akan mengacu pada nilai *throughput*-nya.

#### 4.6.1 Terminal Petikemas Koja

Hasil perhitungan DEA menunjukkan bahwa terminal petikemas memiliki nilai *efficient rating* sebesar 94 % di sisi *quay* dan 92% di sisi *yard*. Perhitungan menggunakan variable *input* jumlah *quay crane* sebanyak 7 unit, jumlah *headtruck* sebanyak 49 unit dan panjang dermaga 650 m sedangkan untuk variable *output* menggunakan nilai BOR dan nilai *throughput*. Variabel *input* dan nilai *efficiency rating* dapat terlihat pada Table 4.8. Nilai *efficiency rating* sebesar 94% pada sisi *quay* mengartikan bahwa terminal kontainer memiliki *input* rata-rata berlebih sebesar 6% atau dapat juga mengartikan *input* yang diperlukan hanya sebesar 94% dari total *input*. Maka untuk nilai *input* optimal *quay crane* Terminal Petikemas Koja adalah senilai 6,58 unit.

Dari kedua nilai efisiensi yang dihitung pada sisi *quay* dan sisi *yard*, dapat diartikan Terminal Petikemas Koja lebih efisien di operasi *quay* dibanding dengan operasi pada *yard* nya. Jika dibandingkan dengan Terminal Petikemas lainnya maka nilai Terminal Petikemas Koja merupakan paling efisien di sisi *yard* dengan nilai 92% dan kedua paling efisien pada sisi *quay* dengan nilai 94%. Nilai *efficiency rating* pada Tabel 4.8 menggunakan nilai variabel *input* yang bersifat statis dan variabel *output* yang bersifat dinamis yaitu berubah setiap kuartalnya.

Terminal kontainer yang dapat menyesuaikan level *input* terhadap lingkungannya akan memiliki efisiensi tertinggi. Maka dari itu tidak hanya faktor internal yaitu pengelolaan *input*, namun terdapat faktor *output* juga yang mempengaruhi efisiensi sebuah terminal petikemas. Untuk Terminal Petikemas Koja menjaga nilai *input* dapat terutilisasi sepenuhnya maka dapat melakukan *benchmarking* pada terminal petikemas lainnya atau pada dirinya sendiri pada salah satu kuartal. Terminal petikemas Koja dapat mengacu pada dirinya sendiri pada kuartal 1 untuk sisi *yard* karena nilainya tertinggi dan dapat mengacu pada Terminal Petikemas Semarang untuk sisi *quay* karena memiliki nilai efisiensi tertinggi.

#### 4.6.2 Terminal Petikemas Semarang

Menurut hasil perhitungan DEA, terminal petikemas Semarang memiliki nilai paling efisien pada sisi *quay* dimana masing-masing nilai *efficient rating* adalah sebesar 97% di sisi *quay* dan 91,8% di sisi *yard*. Variabel yang digunakan adalah jumlah *quay crane* 5 unit, jumlah *headtruck* 43 unit dan panjang dermaga 495 m sebagai *input* sedangkan untuk variabel *output* menggunakan nilai BOR dan nilai *throughput*. Variabel *input* dan nilai *efficiency rating* dapat terlihat pada Table 4.8. Pada sisi *quay* nilai *efficiency rating* sebesar 97% mengartikan bahwa terminal kontainer memiliki *input* rata-rata berlebih sebesar 3% atau dapat juga berarti *input* yang diperlukan hanya sebesar 97% dari total *input*. Jika nilai 97% tersebut dikalikan pada jumlah total *quay crane* maka akan didapat *quay crane* yang dibutuhkan secara ideal nya.

Contoh penjabarannya adalah sebagai berikut, total *quay crane* terminal Petikemas Semarang berjumlah 5 dikalikan dengan 97% menghasilkan nilai 4,85 *quay crane*. 4,85 *quay crane* berarti 4 *quay crane* terpakai 100% dan 1 *quay crane* sebesar 85%. Dari kedua nilai efisiensi yang dihitung pada sisi *quay* dan sisi *yard*, dapat diartikan Terminal Petikemas Semarang lebih efisien di operasi *quay* dibanding dengan operasi pada *yard* nya. Jika dibandingkan dengan Terminal Petikemas lainnya maka nilai Terminal Petikemas Semarang merupakan paling efisien di sisi *quay* dengan nilai 97% dan kedua paling efisien pada sisi *yard* dengan nilai 91,8%.

Untuk Terminal Petikemas Semarang menjaga nilai *input* dapat terutilisasi sepenuhnya maka dapat melakukan *benchmarking* pada terminal petikemas lainnya atau pada dirinya sendiri pada salah satu kuartal. Terminal petikemas Semarang dapat mengacu pada dirinya sendiri pada kuartal 1 untuk sisi *quay* karena nilainya tertinggi dan dapat mengacu pada Terminal Petikemas Koja untuk sisi *yard* karena memiliki nilai efisiensi tertinggi.

### 4.6.3 Terminal Petikemas Surabaya

Nilai *efficient rating* sebesar 72% pada sisi *quay* dan 87% pada sisi *yard* didapat dari perhitungan DEA untuk Terminal Petikemas Surabaya. Variabel *input* jumlah *quay crane* sebanyak 13 unit, jumlah *headtruck* sebanyak 81 unit dan panjang dermaga 1000 m sedangkan untuk variabel *output* menggunakan nilai BOR dan nilai *throughput*. Variabel *input* dan nilai *efficiency rating* dapat terlihat pada Table 4.8. Nilai *efficiency rating* sebesar 72 % pada sisi *quay* mengartikan bahwa terminal kontainer memiliki *input* rata-rata berlebih sebesar 28% atau dapat juga mengartikan *input* yang diperlukan hanya sebesar 72 % dari total *input*. Maka untuk nilai *input* optimal *quay crane* terminal petikemas Surabaya adalah senilai 9,36 *crane* yang berarti 3,64 *crane* yang berlebih.

Dari kedua nilai efisiensi yang dihitung pada sisi *quay* dan sisi *yard*, dapat diartikan terminal petikemas Surabaya lebih efisien di operasi *yard* dibanding dengan operasi pada *quay* nya. Jika dibandingkan dengan Terminal Petikemas lainnya nilai terminal petikemas Surabaya memiliki efisiensi terendah. Terminal Petikemas Surabaya dapat menyesuaikan nilai *input* untuk terutilisasi sepenuhnya dengan melakukan *benchmarking* pada terminal petikemas lainnya dikarenakan terminal tidak memiliki keunggulan di sisi *quay* maupun sisi *yard*. Terminal Petikemas Surabaya dapat mengacu pada Terminal Petikemas Semarang untuk sisi *quay* karena nilainya tertinggi dan dapat mengacu pada Terminal Petikemas Semarang ataupun Terminal Petikemas Koja untuk sisi *yard* karena memiliki nilai efisiensi tertinggi.

### 4.6.4 Faktor Teknis pada Quay

Terminal kontainer memiliki 2 faktor yang mempengaruhi performa mereka, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Untuk faktor eksternal pada sisi *quay* dipengaruhi oleh :

#### 1. Jumlah permintaan kargo yang ditangani

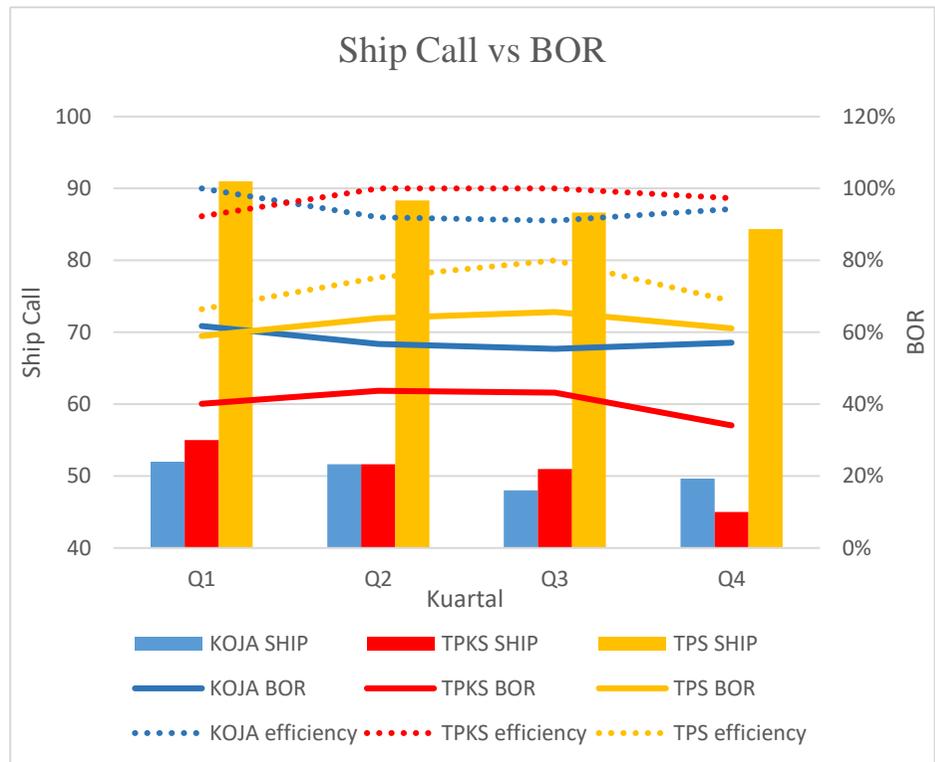
Pengaruh jumlah kargo yang ditangani akan berhubungan secara langsung dengan *ship call* sehingga nantinya juga akan berhubungan pada nilai *throughput* pada terminal.

#### 2. Jumlah kapal

Jumlah kapal yang dapat diindikasikan oleh jumlah *ship call* mempengaruhi nilai BOR dari sebuah terminal kontainer. Semakin tingginya *ship call* maka nilai BOR akan naik juga, namun jika sebuah hubungan berbanding terbalik terjadi antara BOR dan *ship call* hal ini mengindikasikan bahwa waktu bongkar muat semakin cepat ataupun ukuran kapal yang berlabuh semakin kecil. Hubungan antara *ship call*, BOR dan *berthing time* dapat pada Gambar 4.1 dibawah ini yang menunjukkan seiring dengan meningkatnya *ship call* maka BOR juga semakin naik.

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa nilai antara BOR dengan *ship call* saling berhubungan, hal ini dapat dicontohkan pada nilai *ship call* dari Terminal

Petikemas Semarang yang menurun dan menyebabkan nilai BOR juga menurun dari kuartal 1 sampai 4.



Gambar 4. 1 Grafik Ship Call dibanding BOR

Ketika *ship call* meningkat maka panjang dermaga yang terpakai semakin banyak dan karena hal tersebut nilai BOR juga meningkat. Peningkatan BOR ini dapat terjadi hanya jika *berthing time* tetap terjaga pada nilai yang sama.

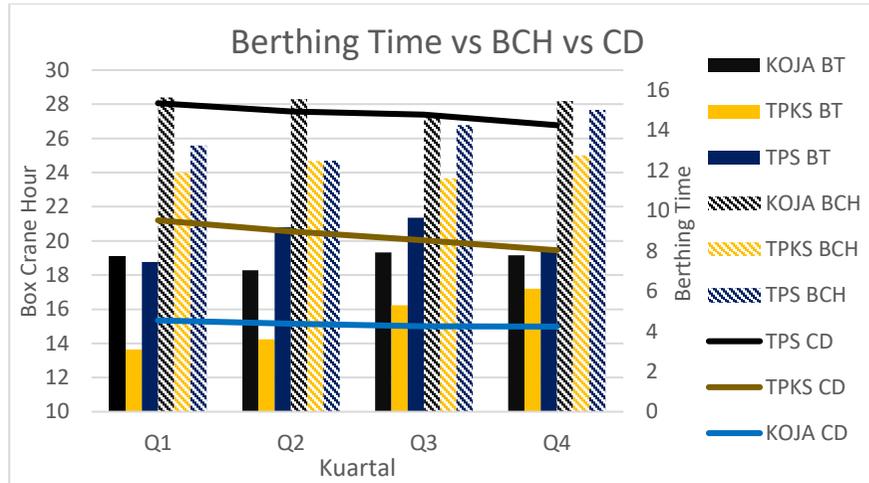
Dapat dilihat juga terdapat hubungan berbanding lurus antara BOR dan nilai efisiensi terminal petikemas yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 4.1. Nilai efisiensi tinggi yang dimiliki oleh Terminal Petikemas Semarang dikarenakan walau nilai BOR paling rendah, ukuran *input* dari Terminal Petikemas Semarang adalah terkecil sehingga ternilai efisien.

Beberapa *outlier* terkadang terjadi pada hubungan antara *ship call* dan BOR seperti contoh yaitu pada Terminal Petikemas Surabaya yaitu pada kuartal 3, dimana terjadi penurunan *ship call* namun terjadi peningkatan BOR. Hal ini dapat terjadi karena ukuran kapal yang berlabuh semakin besar, yang menyebabkan alokasi dermaga tetap sama.

Untuk faktor internal yang mempengaruhi efisiensi dari terminal petikemas terkait peralatan dan fasilitas dapat dilihat sebagai dibawah berikut ini :

## 1. Performa *Quay Crane*

*Quay crane* mempengaruhi efisiensi terminal secara kuat dikarenakan langsung mempengaruhi jumlah bongkar muat yang bisa dilakukan dan berapa lama waktu bongkar muat tersebut. Jumlah bongkar muat dan waktu bongkar muat difungsikan sebagai *Box/Crane/Hour*, dimana pada Gambar 4.2 dapat dilihat hubungan antara *berthing time*, *Box/Crane/Hour* dan *Crane density*.



Gambar 4. 2 Berthing Time vs BCH vs Crane Density (CD)

Dapat dilihat pada Grafik 4.2 bahwa terminal petikemas dengan nilai BCH tertinggi rata-rata merupakan terminal petikemas Koja dengan nilai 28,1 dan nilai *berthing time* paling singkat adalah milik Terminal Petikemas Semarang sebesar 15,3 jam. Nilai-nilai tersebut dapat tercapai dikarenakan terminal petikemas Koja memiliki *Quay Crane* yang paling maju yaitu sebuah *super post panamax crane*. *Berthing time* yang rendah pada Terminal Petikemas Semarang dikarenakan kapal yang melakukan bongkar muat berukuran kecil sehingga waktu bongkar muat relatif sebentar.

Nilai *crane density* memiliki sifat berbanding terbalik dengan nilai *Box/Crane/Hour*, hal ini dikarenakan ketika produktivitas per *crane* sudah tinggi maka *crane* yang dipakai akan lebih sedikit. Namun terkadang terdapat *outlier* seperti contoh pada Grafik 4.2 yaitu pada Terminal Petikemas Semarang pada kuartal 3 mengalami penurunan *crane density* sekaligus nilai *Box Crane Hour* nya. Hal ini dapat terjadi dikarenakan waktu *Effective time* bongkar muat mengalami nilai tertinggi sebesar 17,2 jam dibanding kuartal lainnya yang memiliki rata-rata 16,9 jam.

Nilai BCH yang tinggi dan *effective time* yang rendah merupakan salah satu daya tarik sebuah terminal petikemas terhadap perusahaan pelayaran dan sebuah keunggulan operasional dibanding terminal petikemas lainnya. Kedua ukuran produktivitas tersebut dapat meningkatkan *throughput* terminal petikemas.

## 2. Alokasi *Berth* dan *Quay*

Panjang dermaga terminal petikemas mempengaruhi performa dari terminal untuk menambah jumlah kapal yang berlabuh pada dermaganya. Dari hasil perhitungan DEA, Terminal Petikemas Koja memiliki inefisiensi pada panjang dermaga sebesar 6% sedangkan untuk Terminal Petikemas Surabaya sebesar 28%. Kedua nilai ini mengartikan bahwa Terminal Petikemas Koja memiliki panjang 39 meter berlebih dan Terminal Petikemas Surabaya sebesar 280 meter berlebih.

Hal diatas untuk Terminal Petikemas Surabaya terjadi dikarenakan 2 sebab yaitu ukuran kapal dan formasi *quay crane*. Penjelasan penyebabnya adalah sebagai berikut, terminal memiliki 4 tambatan yang bisa dipakai untuk berlabuh, namun dengan menambahnya ukuran kapal terutama LOA menyebabkan tambatan efektif hanya 3 tambatan. Ukuran maksimum 4 kapal untuk berlabuh adalah sepanjang 227 meter, sedangkan kapal yang berlabuh pada Terminal Petikemas Surabaya semakin besar dan berukuran hingga 280 meter. Ketika sebuah kapal 280 meter berlabuh, maka tambatan efektif menjadi 3, dimana sisa 3 tambatan tersebut maksimal melayani kapal dengan panjang 230 m.

Peralatan di Terminal Petikemas Surabaya kurang ideal untuk melayani kapal-kapal yang melakukan bongkar muat. Hal ini dikarenakan ukuran kapal yang melakukan bongkar muat di Terminal Petikemas Surabaya terus berkembang menjadi semakin panjang dan lebar, sedangkan peralatan belum diperbarui secara dimensi dan kemampuan operasinya. *Crane* yang berada di *quay* berupa 2 jenis *post panamax* dan 11 lainnya merupakan jenis *panamax*, dengan lengan terpendek dimiliki oleh Kone crane 1990. Dampak dari rendahnya *outrreach panamax crane* adalah ketika tambatan lain sudah penuh, kapal yang berukuran besar (> 230 m) tidak bisa berlabuh pada tambatan kone crane 1990 karena *outrreach* nya yang pendek. Maka dari hal tersebut tidak hanya *quay crane* tidak terutilisasi namun dermaga juga.

Untuk Terminal Petikemas Koja, nilai *quay length* yang tidak terutilisasi dengan baik disebabkan oleh 2 faktor yaitu, pertama adalah formasi *crane* pada *quay* dan ukuran kapal yang berlabuh. Terminal petikemas Koja memiliki formasi *quay crane* yang berdekatan namun tidak seimbang dengan *quay crane panamax* terhimpit oleh *quay crane post panamax* dan *super post panamax*. Ukuran kapal yang menghampiri TPK koja berukuran lebih besar daripada TPK Semarang dan TPK Surabaya. Ukuran kapal yang besar tersebut memakai banyak tempat untuk bertambat. Kedua faktor tersebut menyebabkan TPK Koja memiliki 2 tambatan efektif dari total 3 tambatan. Dengan ukuran kapal yang lebih besar secara rata-rata dibanding terminal petikemas Surabaya, nilai *quay length* Terminal Petikemas Koja seharusnya lebih panjang. Hal ini dikarenakan *quay length* 650 m dengan 3 tambatan mengartikan per tambatan terbatas untuk melayani kapal 216 meter. Kedua faktor yaitu formasi *crane* sekaligus *quay length* menyebabkan tambatan terbatas.

Pada Terminal Petikemas Koja *panamax crane* diletakkan diantara *super post panamax* dan *post panamax crane* dan nilai *outrreach* masing-masing jenis *crane* merupakan 34 meter, 45 meter dan 52 meter. Sebab dari formasi ini adalah kapal yang memiliki panjang melebihi 200 m melakukan bongkar muat menggunakan *quay crane post panamax* ataupun *superpost panamax* akan memakai daerah tambatan *crane panamax*. Hal ini menyebabkan *quay crane panamax* tidak dapat melakukan bongkar muat dan membatasi *throughput* terminal. Maka dari itu, walaupun *crane* memiliki kapasitas tinggi, utilisasi *crane* yang tinggi tidak akan tercapai .

#### 4.6.5 Faktor Teknis pada Yard

Terminal container memiliki 2 faktor yang mempengaruhi performa mereka, yaitu factor eksternal dan faktor internal. Untuk factor eksternal pada sisi *yard* dipengaruhi oleh :

##### 1. *Yard Throughput*

*Yard throughput* merupakan nilai arus bongkar muat yang melewati lapangan petikemas. *Yard throughput* akan mempengaruhi banyak faktor di lapangan penumpukan yaitu seperti YOR. Nilai YOR dan *Yard Throughput* bergerak dalam tren yang seragam. Peningkatan yang terjadi pada *yard throughput* disebabkan oleh kenaikan dari *throughput* pada terminal petikemas.

Untuk faktor internal yang mempengaruhi efisiensi dari terminal petikemas terkait peralatan dan fasilitas adalah :

##### 1. *Stacking Height*

Kebijakan dari tinggi *stacking height* berpengaruh pada ruangan pada lapangan penumpukan, lapangan penumpukan terminal yang luas dapat mengakomodir untuk lebih menyebarkan container pada lapangan sehingga pada ujungnya beban kerja peralatan juga menjadi seragam.

Kelebihan dari *stacking height* yang tinggi (5 tier) menyebabkan ruangan kosong masih banyak yang bisa dialokasikan, namun memiliki kekurangan yaitu dapat meningkatkan *shuffling rate* dari peralatan. *Shuffling rate* dari peralatan menyebabkan waktu terbuang lebih dari seharusnya.

##### 2. Formasi *Rubber Tyred Gantry* per block

Formasi *Rubber Tyred Gantry* pada ketiga terminal petikemas memiliki kesamaan dengan rasio 1 *Quay Crane* dibanding 3 *Rubber Tyred Gantry*. Hal yang membedakan antara ke tiga terminal petikemas adalah penugasan dari *rubber tyred gantry*. Dimana Terminal Petikemas Semarang dan Terminal Petikemas Surabaya bersifat *block dedicated* sedangkan Terminal Petikemas Koja bersifat fleksibel, sehingga Terminal Petikemas Koja efisien karena beban

kerja lebih terbagi sehingga 25 unit RTG diutilisasi untuk menangani produksi kontainer di lapangan.

#### 4.7 Strategi Perbaikan Terminal Petikemas

Untuk setiap terminal petikemas agar mencapai nilai efisiensi adalah dengan menyesuaikan *output* ataupun *input* mereka. Dimana hal ini berarti jika *output* disesuaikan terminal petikemas perlu meningkatkan *output*-nya, jika penyesuaian dilakukan pada *input* maka perlu dilakukannya pengurangan *input*. Dikarenakan *input* terminal petikemas bersifat *fixed*, maka penyesuaian dilakukan pada sisi *output* mereka. Solusi untuk tiap terminal pada tiap aspek nya adalah :

Tabel 4. 9 Rekomendasi Perbaikan

No	Isu Pembahasan	Rekomendasi Literatur	Koja	TPKS	TPS
1	Throughput	A1 : Pengurangan <i>Service Time</i>	A1		A1
		A2 : <i>Quay Crane Performance</i>			A2
		A3 : Jumlah Tambatan		A3	
3	YTP	B1 : Perubahan <i>Stacking Height</i>			B1
		B2 : <i>Rubber Tyred Gantry performance</i>			B2
Referensi : A1 Rumus BOR (Gurning & Budiyanto, 2007) , A2 , A3 Standar (UNCTAD, 1985) , B1 Studi Kasus (Chochrane, 2008)					

Pada Tabel 4.9 dapat dilihat rekomendasi perbaikan pada tiap terminal yang akan dijelaskan lebih menyeluruh lagi dalam subbab 4.7.1 , 4.7.2 dan 4.7.3. Tabel 4.9 menampilkan isu pembahasan, yaitu merupakan *output* yang perlu ditingkatkan pada tiap terminal petikemas. Isu pembahasan bertujuan untuk menunjukkan solusi akhir yang diperlukan tiap terminal petikemas sehingga dapat mencapai nilai efisiensinya, namun bukan akar masalahnya.

Rekomendasi literatur yang ditampilkan dalam tabel menjelaskan solusi pada akar masalah tiap terminal petikemas dan solusi berasal dari literatur, buku, ataupun studi kasus untuk mendukungnya. Seperti contoh solusi B1 yang merupakan studi kasus dari jurnal yang ditulis Chochrane (2008) yang menjelaskan hasil analisa studi kasus 2 terminal di China yaitu Terminal Yantian dan Terminal Hongkong mengenai dampak dari penyusunan *stacking height*.

Contoh untuk pembacaan Tabel 4.9 adalah Terminal Petikemas Koja harus meningkatkan *throughput*, dengan solusi A1 yaitu pengurangan *service time*. Implementasi pengurangan *service time* secara rinci dijelaskan pada 4.7.1 dikarenakan tiap terminal memiliki akar masalah spesifik masing-masing. Dengan akar masalah

spesifik masing-masing terminal, maka tidak semua solusi perlu atau dapat diimplementasikan. Contohnya adalah Terminal Petikemas Koja tidak perlu mengimplementasikan solusi A2, dikarenakan peningkatan *quay crane performance* tidak akan menyelesaikan akar masalah dari terminal. Penjabaran untuk masing-masing solusi dan implementasi dapat dilihat pada subbab 4.7.1, 4.7.2, dan 4.7.3 dibawah berikut :

#### 4.7.1 Terminal Petikemas Koja

Nilai efisiensi rata-rata pada Terminal Petikemas Koja adalah sebesar 92% pada sisi *yard* dan 94% pada sisi *quay*. Dari nilai efisiensi tersebut Terminal Petikemas Koja unggul di sisi *yard* daripada terminal lainnya, namun kurang pada sisi *quay*. Maka rekomendasi yang diberikan kepada Terminal Petikemas Koja adalah pada sisi *quay*.

Seluruh rekomendasi yang tersedia tidak dapat diterapkan pada terminal. Hal ini dikarenakan terminal memiliki batasan-batasan tertentu. Dimana setelah analisa pada Subbab 4.6.4, diketahui bahwa batasan pada sisi *quay* merupakan panjang dermaga dan penambahan *quay crane* tidak dilakukan karena *rated capacity* yang sudah terlalu besar. Sedangkan analisa pada 4.6.5 menunjukkan bahwa batasan adalah luas lapangan penumpukan yang terbatas. Dimensi dermaga sekaligus luas lapangan yang terbatas disebabkan karena tidak ada area ekspansi.

- A1: Peningkatan *Throughput* dengan mempersingkat *Service time*

Untuk meningkatkan *throughput* dari terminal sehingga mencapai nilai yang sesuai hasil DEA, maka terminal petikemas Koja perlu mempersingkat *service time* terhadap kapal-kapal yang berlabuh. Pengurangan pada *service time* akan meningkatkan kapal yang berlabuh karena jumlah antrian akan semakin berkurang.

*Ship call* dan *service time* berbanding terbalik, dengan menurunnya *service time* hal ini menyebabkan antrian berkurang. Penurunan *service time* juga menyebabkan peningkatan kegiatan bongkar muat. Peningkatan kegiatan bongkar muat dapat dilakukan pada terminal petikemas Koja dikarenakan kapasitas peralatan masih jauh lebih tinggi dari nilai produktivitas nya sekarang.

Kapasitas *quay crane* yang tinggi dikarenakan terdapat *super post panamax crane* dan *post panamax crane* dengan masing-masing berjumlah 2 unit. Untuk melakukan peningkatan BCH didalam Terminal Petikemas Koja, peningkatan tidak hanya mengacu pada operator crane, namun juga pada formasi nya.

Formasi *quay crane* yang terletak di Terminal Petikemas Koja berdekatan sehingga membuat kapal dengan ukuran besar menempati daerah tambatan *crane* disebelahnya. Hal ini diperkuat dengan wawancara oleh salah satu *berth planner* di terminal. Sehingga solusi akhir untuk Terminal Petikemas Koja adalah penurunan *service time* dengan memperbaiki formasi dari *quay crane*-nya.

#### 4.7.2 Terminal Petikemas Semarang

Nilai efisiensi rata-rata pada Terminal Petikemas Semarang adalah sebesar 92% pada sisi *yard* dan 97% pada sisi *quay*. Dengan nilai efisiensi ini maka rekomendasi tidak perlu diberikan karena nilai nya tertinggi dari seluruh terminal yang diukur.

Nilai efisiensi tinggi yang dimiliki disebabkan karena terminal sudah *overcapacity* dengan perhitungan *crane density* memiliki nilai yang hampir 100%, dimana seharusnya terminal petikemas Semarang melakukan penambahan peralatan untuk mengantisipasi kenaikan permintaan pelayanan bongkar muat kontainer.

#### 4.7.3 Terminal Petikemas Surabaya

Nilai efisiensi rata-rata pada Terminal Petikemas Surabaya adalah sebesar 87% pada sisi *yard* dan 72% pada sisi *quay*. Nilai ini paling kecil diantara terminal lain. Sehingga rekomendasi yang diberikan pada sisi *quay* dan *yard*. Maka solusi dengan pertimbangan factor teknis nya adalah :

- A1, A2: Peningkatan *Throughput* dengan mempersingkat *Service time* dan meningkatkan *Quay Crane performance*

Penurunan nilai *service time* akan menurunkan waktu antrian kapal sehingga dapat meningkatkan jumlah kapal yang melakukan bongkar muat. Hal ini didukung dengan hasil wawancara pihak operasional pada terminal yang menunjukkan bahwa ada antrian kapal terjadi di pulau karangjembong.

Untuk memperkecil nilai *service time*, terminal dapat meningkatkan BCH pada dermaga. Untuk meningkatkan BCH pada dermaga, maka utilisasi *crane* ditingkatkan. Jenis *crane* pada terminal petikemas didominasi oleh jenis *panamax* sedangkan kapal di terminal sudah bertambah ukuran diatas 280 m dan karena hal tersebut, *outreach* dari *quay crane* tidak sampai. Maka dari itu untuk penurunan *service time* yang efektif, perbaikan perlu dilakukan dari jenis *quay crane* terdahulu.

- B2 : Peningkatan YTP dengan peningkatan RTG Performance

Untuk meningkatkan *yard throughput* maka terminal kontainer perlu meningkatkan performa *Rubber Tyred Gantry*-nya. Dengan meningkatnya performa RTG, maka akan lebih banyak kontainer yang dapat dikelola dan ditempatkan pada lapangan penmpukan.

Salah satu cara meningkatkan performa RTG adalah untuk mengurangi *shuffling rate* dan *travelling time* RTG. *Shuffling rate* merupakan sebuah ukuran berapa gerakan yang dilakukan RTG untuk memindahkan petikemas yang salah dalam posisi penumpukannya, sedangkan *travelling time* menunjukkan waktu yang dibutuhkan RTG melakukan gerakan *gantry* pada blok.

Tingginya nilai *shuffling rate* dan *travelling time* menyebabkan terjadinya peningkatan pergerakan yang non produktif. Hal ini akan menyebabkan adanya antrian truk di lapangan dan pada akhirnya membatasi jumlah petikemas yang ditangani. Salah satu solusi untuk menurunkan *shuffling rate* dan *travelling time* adalah dengan melakukan penyebaran penempatan petikemas dan pembatasan *travel length* RTG.

Penyebaran petikemas di lapangan dapat dilakukan dengan *stacking height* yang lebih rendah, Menurut (Chochrane, 2008) dalam studi yang dilakukan pada terminal petikemas di terminal Yantian dan Hongkong, salah satu strategi yang dipakai Terminal Petikemas Yantian adalah dengan membatasi *stacking height* relatif lebih rendah yaitu sampai 5 *tier* dibanding dengan Terminal Petikemas Hongkong yang memiliki gabungan 5 dan 6 *tier*. Hal ini dikarenakan Terminal Petikemas Yantian memiliki luas lapangan jauh melebihi Terminal Petikemas Hongkong maka lebih fokus pada penyebaran dibanding kepadatan.

Pembatasan area RTG dapat dilakukan dengan menugaskan 2 RTG dalam satu blok sekaligus sehingga *travelling time* berkurang. Hal ini didukung oleh (Zyngiridis, 2005) yang melakukan penelitian pada penugasan 2 *Yard Crane* dalam satu blok dibanding 1 *Yard Crane* dalam satu blok, dan menemukan bahwa efisiensi 2 *Yard Crane* dalam satu blok lebih efisien dari 1 *Yard Crane* dalam satu blok. Penerapan pada terminal belum dilakukan karena pertimbangan 2 *yard crane* dalam satu blok akan menyebabkan interferensi kerja, maka hal ini dapat diatasi dengan pembentukan sebuah *buffer area*. *Buffer area* merupakan tempat kosong diantara 2 blok *Yard crane* yang difungsikan sebagai area transisi untuk memindahkan kontainer pada satu blok.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Bedasarkan analisa yang telah dilakukan dari segi teknis dan ekonomis pada 3 terminal petikemas yaitu Terminal Petikemas Koja ,Terminal Petikemas Surabaya dan Terminal petikemas semarang , dapat disimpulkan bahwa faktor teknis yang perlu dikembangkan sehingga terminal container dapat menjadi optimal dibanding clusternya dari segi operasional adalah :

- Pada tahap *quay* dapat disimpulkan bahwa, agar terminal kontainer menjadi efisien dibanding klasternya perlu mengembangkan faktor operasional seperti *service time* dikarenakan masih banyaknya antrian kapal, dan faktor teknis seperti performa *quay crane* yang dipengaruhi oleh jenis *quay crane* sekaligus formasi gabungan antara jenis *quay crane* di dermaga. Dengan target peningkatan *output throughput* teoritis masing-masing terminal sebesar 28% untuk Terminal Petikemas Surabaya, 3% untuk Terminal Petikemas Semarang dan 6% untuk Terminal Petikemas Koja.
- Pada tahap *yard* dapat disimpulkan bahwa, agar terminal kontainer menjadi efisien dibanding klasternya perlu mengembangkan faktor teknis seperti penataan lapangan yang mengacu pada kepadatan sekaligus penyebaran kontainer dan penugasan yard crane yang mengacu pada *travelling time* sekaligus pembagian beban kerja. Dengan target peningkatan *output yard throughput* teoritis masing-masing terminal sebesar 13% untuk Terminal Petikemas Surabaya, 8% untuk Terminal Petikemas Semarang dan Terminal Petikemas Koja.

#### **5.2 Rekomendasi**

Dari kesimpulan yang sudah dibuat maka dapat direkomendasikan beberapa hal untuk perusahaan sehingga dapat meningkatkan daya saingnya secara teknis :

- Terminal petikemas Koja di *quay* perlu mengurangi *service time* di dermaga sehingga dapat meningkatkan *ship call* yang pada akhirnya meningkatkan *throughput*. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan BCH *quay crane* yang dilakukan melalui perbaikan pada formasi nya.
- Terminal Petikemas Surabaya di *quay* perlu mengurangi *service time* di dermaga, sehingga dapat meningkatkan *ship call* yang pada akhirnya meningkatkan *throughput*. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan BCH *quay crane* yang dilakukan melalui peningkatan utilisasi *quay crane* dan pergantian *quay crane*

dengan *outrreach* yang lebih panjang. Dan untuk tahap *yard* untuk meratakan beban kerja *yard crane* dan menyusun *stacking container* lebih tersebar.

- Walaupun efisiensi terminal petikemas Semarang di *quay* dan *yard* sudah efisien, namun direkomendasikan untuk melakukan penambahan kapasitas.

## REFERENSI

- Ahmed, E., Zayed, T., Alkass & Sabah, 2014. *Improving Productivity of Yard Trucks in Port Container Terminal Using Computer Simulation*. United Arab Emirates, The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC2014).
- Angeloudis, P. & Bell, M. G. H., 2011. A review of container terminal simulation models. *Maritime Policy Management*, 38(5), pp. 523-540.
- Balliere, N., Chun, I., Kil, J.-J. & Korbaa, O., 2006. Comparison of Various Indicators for Measuring Operational Performance of Container Terminals. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, 18(1), pp. 35-42.
- Bang, H. - S., Kang, H. - W., Martin, J. & Woo, S. - H., 2012. The impact of operational and strategic management on liner shipping efficiency : a two-stage DEA approach. *Maritime Policy Management*, 39(7), pp. 653-672.
- Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W., 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, Volume 30, pp. 1078-1092.
- Bartosek, A. & Marek, O., 2013. Quay Cranes in Container Terminals. *Transaction on Transport Sciences*, 6(1).
- Bichou, K., 2011. A two-stage supply chain DEA model for measuring container-terminal efficiency. *International Journal Shipping and Transport Logistics*, 3(1).
- Bichou, K., 2012. An empirical study of the impacts of operating and market conditions on container port efficiency and benchmarking. *Research in Transport Economics*, Volume 42, pp. 28-37.
- Bisnis.com, 2019. *JICT Siap Investasi Besar-besaran mulai tahun depan*, Jakarta: Bisnis Indonesia.
- Chochrane, R. A., 2008. The Effects of Market Differences on the Throughput of Large Container Terminals With Similar Levels of Efficiency. *Palgrave Journals*, Volume 10, pp. 35-52.
- Cooper, C. A. C. .. W. & Rhodes, E., 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal Of Operation Research*, Volume 2, pp. 95-112.
- Cramer, D., 1998. *Fundamental statistics for social research*. London: Routledge.

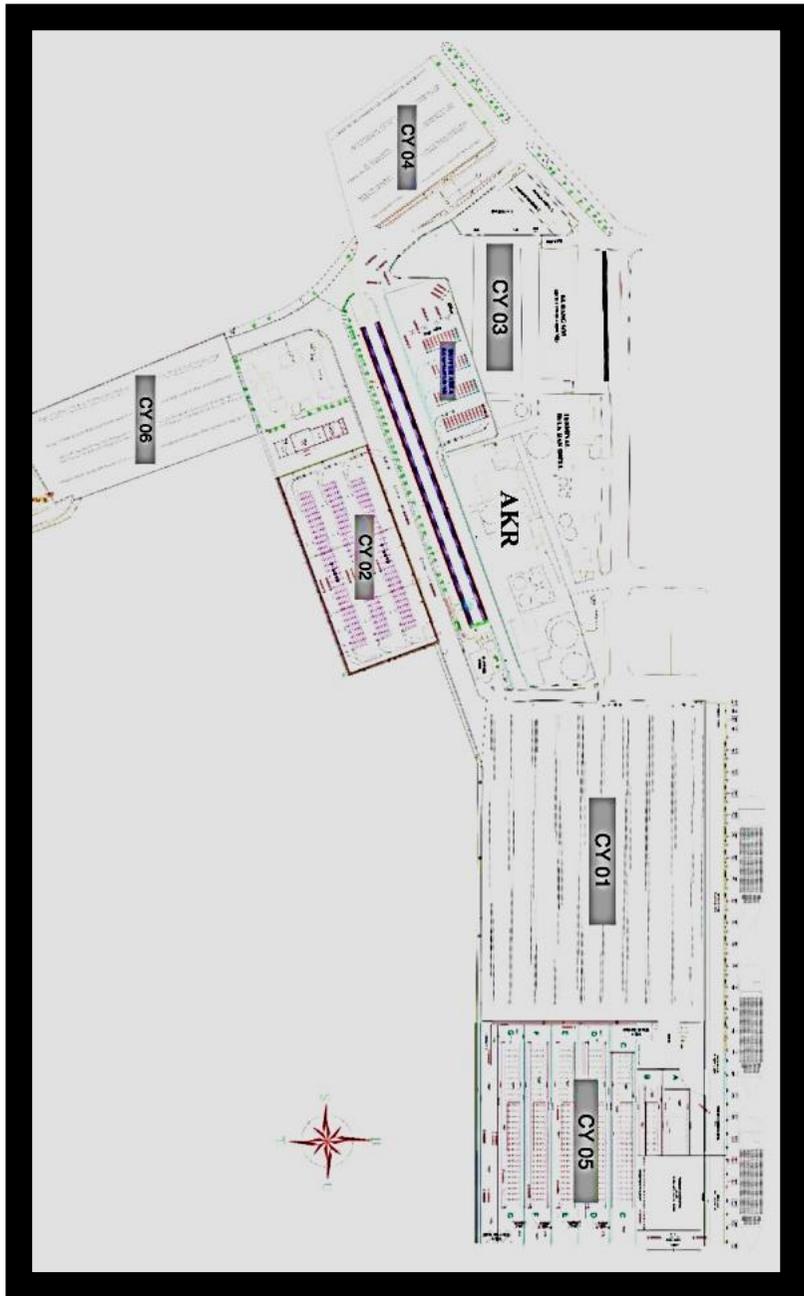
- Cullinane, K. P. & Wang, T. - F., 2006. The efficiency of European container ports : a cross-sectional data envelopment analysis. *International Journal of Logistics : Research and Applications*, 9(1), pp. 19-31.
- Cullinane, K., Song, D. - W., Ji, P. & Wang, T. - F., 2004. An Application of DEA Window Analysis to Container Port Production Efficiency. *Review of Network Economics*, 3(2).
- Dias, J. C. Q., Garrido, A. ., S. G., Ferreira, J. & Palma, S. F., 2009. A comparative benchmarking analysis of main Iberian container terminals : a DEA approach. *International Journal Shipping and Transportation Logistics*, 1(3).
- Dowd, T. & Leschine, T., 1990. Container Terminal Productivity : A Perspective. *Maritime Policy Management*, Volume 17, pp. 107-112.
- Dyson, R., 2000. Performance Measurement and Data Envelopment Analysis-ranking are ranks. *OR Insight*, Volume 13, pp. 3-8.
- Dyson, R. et al., 2001. Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, Volume 132, pp. 245-259.
- Gattuso, D. & Cassone, G. C., 2018. AGW for efficient freight transport on container yard : models and costs. *Transportation Research Procedia*, Volume 31, pp. 108-120.
- Gurning, R. O. S. & Budiyo, E. H., 2007. *Manajemen Bisnis Pelabuhan*. 1 penyunt. s.l.:APE Publishing.
- Itoh, H., 2002. Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan : A Window Analysis Application of Data Envelopment Analysis. *RURDS*, 14(2).
- Jung, B.-m., 2011. Economic Contribution of Ports to the Local Economies in Korea. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(1), pp. 1-30.
- Kim, K., 1997. Evaluation of the Number of Rehandles in Container Yards. *Computers & Industrial Engineering*, 32(4), pp. 701-711.
- Kulak, O., Polat, O. ., G. R. & Gunther, H.-o., 2013. Strategies for improving a long-established terminal's performance : a simulation study of a Turkish container terminal. *Flex.Serv Manuf J*, Volume 25, pp. 503-527.
- Lee, B. K. & Kim, K. H., 2006. *Performance evaluation of yard cranes in container terminals*. South Korea, Proceedings of the Second International Intelligent Logistics Systems Conference.
- Linn, R. et al., 2003. Rubber tired gantry crane deployment for container yard operation. *Computer & Industrial Engineering*, Volume 45, pp. 429-442.

- Ly, P. T. H., Ahn, K. -M. & Ryoo, D.-K., 2018. Comparative efficiency of Container Ports in Vietnam and Korea. *Journal Navigation Port Research*, 42(2), pp. 143-152.
- Norman, M. & Stoker, B., 1991. *Data Envelopment Analysis , the assessment of performance*. Chichester: Wiley.
- Pelindo III, 2019. *Pelindo.co.id*. [Online] Available at: <https://www.pelindo.co.id/id/port-terminal/terminal-petikemas-semarang> [Diakses 2 May 2019].
- Petering, M. E., 2011. Decision support for yard capacity , fleet composition , truck substitutability, and scalability issues at seaport container terminals. *Transportation Research part E*, Volume 47, pp. 85-103.
- Pjeveevic, D., Nikolic, M., Vidic, N. & Vukadinovic, K., 2016. Data envelopment analysis of AGV fleet sizing at a port container terminal. *International Journal of Production Research*.
- Poitras, G., Tongzon, J. & Li, H., 1996. *Measuring Port Efficiency : An Application of Data Envelopment Analysis*, Singapore: Department of Economics and Statistics National University of Singapore.
- PT.Pelindo , 2009. *Manajemen Kepelabuhananan*. 2 penyunt. Jakarta: s.n.
- PT.PELINDO III, 2017. *Annual Report*, s.l.: s.n.
- PT.Pelindo III, 2018. s.l.: s.n.
- Sacone, S. & Siri, S., 2009. An integrated simulation-optimization framework for the operational planning of seaport container terminals. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, 15(3), pp. 275-293.
- Sherman, H. D. & Zhu, J., 2006. *Service Productivity Management Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)*. New York: Springer.
- Stater, R. & Ascroft, P., 1990. *Quantitative Techniques in a business context*. London: Chapman and Hall Ltd.
- Tongzon, J., 2001. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research part A*, Volume 35, pp. 107-122.
- TPS , 2019. s.l.:s.n.
- UNCTAD, 1976. *Port Performance Indicators*. New York, United Nations.
- UNCTAD, 1985. *Port Development*. 2nd penyunt. New York: UNCTAD.

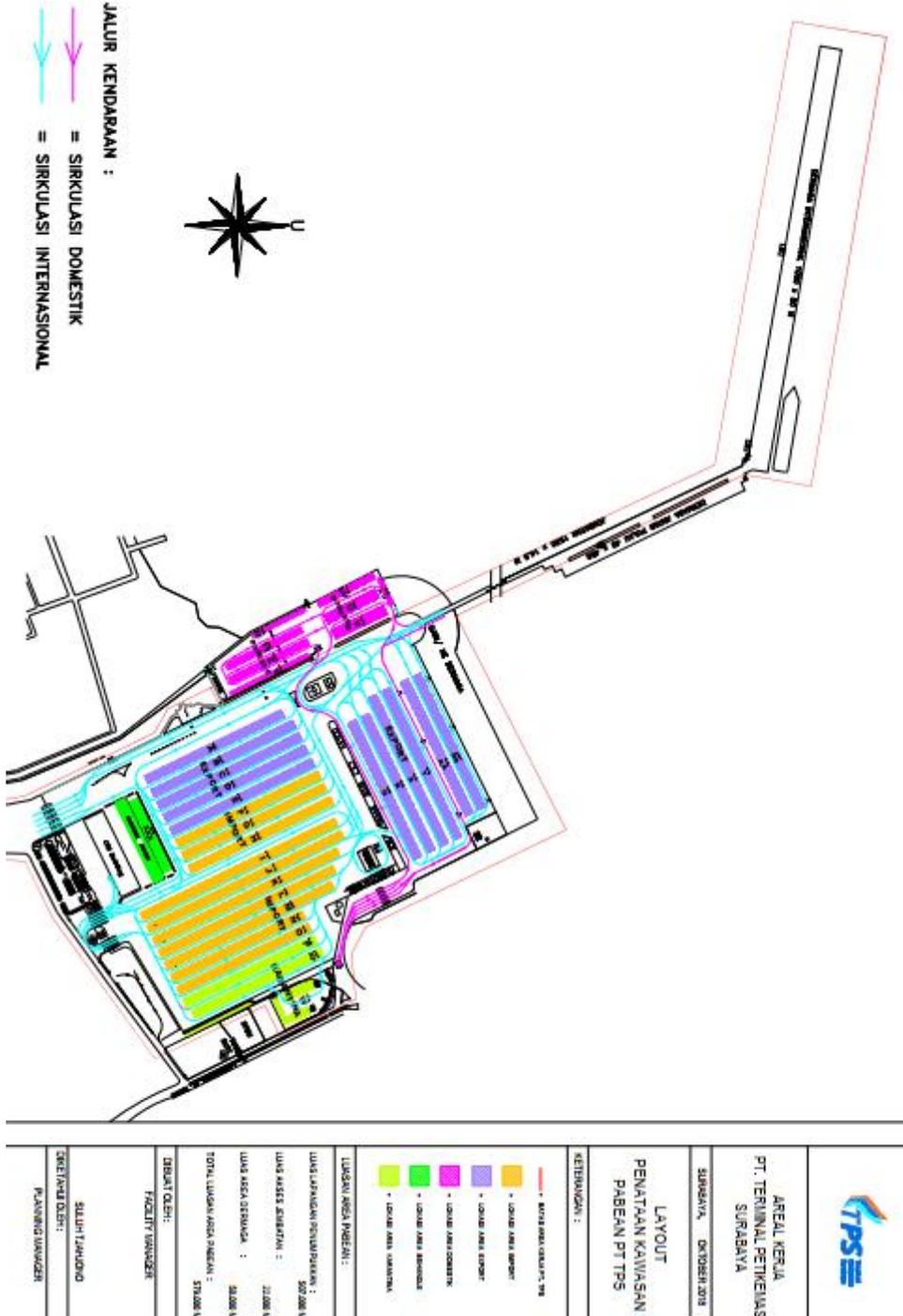
- Wiegmmans, B. W. & Rietveld, P., 2004. Container Terminal and Utilisation of facilities. *International Journal of Transport Economics*, XXXI(3).
- Wu, J., Yan, H. & Liu, J., 2009. Groups in DEA based cross-evaluation : An application to Asian ports. *Maritime Policy & Management*, Volume 36, pp. 545-558.
- Zheng, X. B. & Park, N. K., 2016. A Study on the Efficiency of Container Terminals in Korea and China. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 32(4), pp. 213-220.
- Zyngiridis, I., 2005. *Optimizing Container Movements using one and two automated stacking cranes*, Monterey : Naval Postgraduate School.

# LAMPIRAN

Lampiran 1: LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG



Lampiran 2 : LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



Lampiran 3 : LAYOUT TERMINAL PETIKEMAS KOJA



## Lampiran 4 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Dermaga	Panjang	Lebar	Kedalaman
Domestik	450 meter	45 meter	-8 meter
Internasional	1000 meter	50 meter	-13 meter

Railway (2 track)	Panjang	
	420 meter	
Area Behandle ( Pemeriksaan Bea Cukai )	Kapasitas	
	1068 TEUs	
Lapangan Penumpukan	Luas	Kapasitas
Internasional	35 Hektar	32,223 TEUs

Domestik	4,7 Hektar	2029 TEUs
----------	------------	-----------

Penumpukan Petikemas Reefer	Ekspor	Impor	Reefer Plug
	350 TEUs	882 TEUs	909 Plugging

CFS (Pergudangan)	Luas Total	Barang berbahaya
	10,000 m <sup>2</sup>	6500 m <sup>2</sup>

(Sumber : Pelindo III)

## Lampiran 5: FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG

Fasilitas Kontainer	Panjang	Sarat
Dermaga Kontainer	903 meter	9 meter

Fasilitas Kontainer	Jumlah	Kapasitas
Container Gantries	5 units	35 ton
Rubber Tyred Gantry	29 units	35 ton
Reachstacker	3 units	40 ton
Truck Trailer	43 units	
Container Yard		11,921 TEUs
Container Freight Station (CFS)		3600m <sup>2</sup> & 6000 m <sup>2</sup>

(Sumber : Pelindo III)

## Lampiran 6 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS KOJA

Container Yard		
Spesifikasi	Total	Unit
TGS	5700	Slot
Area	21,8	Ha
Static Capacity for CY import	7560	TEUs
Static Capacity for CY export	7696	TEUs
Reefer Plug	310	Plugs

Berth		
Spesifikasi	Total	Unit
Length	650	Meters
Width	40	Meters
Draft Channel	-14	m LWS
Draft Wharf	-13	m LWS

Equipment		
Spesifikasi	Total	Unit
Gate	6	Units
Gantry/Container Crane	7	Units
Head Truck	49	Units
Chassis	60	Units
RTG	25	Units
Reachstacker	3	Units
Firefighting car	1	Units

(Sumber : Kojaco.id)

## Lampiran 7 : FASILITAS TERMINAL PETIKEMAS JICT

Berth		
Specification	Total	Units
Number	7	Unit
Length	1640	meter
Width	26,5	Meter
Depth alongside	12-16	meter

Container Yard		
Specification	Total	Units
Area	45,5	Ha
Capacity	39,884	TEUs
Ground Slot	10,560	
Reefer 380 V	546	Plugs

Equipments		
Specification	Total	Units
QC Container	16	Unit
RTG Crane	63	Unit
Head Truck	128	Unit
Chassis/Trailer	15	Unit
Forklift Diesel	4	Unit
Side Loader	6	Unit

(Sumber : [jict.co.id](http://jict.co.id))

Lampiran 8 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS TPK KOJA

Spesifikasi	Unit	PANAMAX	POST PANAMAX	SUPER POST PANAMAX	
				Twin Lift	Twin Lift
QCC		3 UNIT	2 UNIT	1 UNIT	1 UNIT
Manufacturer		Mitsubishi	Mitsubishi	Doosan	ZPMC
Rated Capacity	tons	35	40	41	41
Total Lifting Capacity	tons	45	50	51	51
Rated Capacity	tons	35	40	41	41
Total Lifting Capacity	tons	45	50	51	51
Outreach	meter	34	45	52	53,5
Main Hoist Speed Load/empty	m/min	55/110	70/150	60/170	60/170
Trolley Speed	m/min	120	180	210	210

Spesifikasi	Unit	Mitsubishi	Sumitomo	ZPMC
Rated load under spreader	MT	35	35	40
Spreader		Bromma	Bromma	ZPMC
Gauge span	meter	22,71	22,71	23,47
Trolley Travel Range	meter	18,21	18,31	18,5
Wheel Base	meter	6,4	6,4	6,9
Lift Height under Spreader	meter	15,2	15,2	18,2
Hoisting rated load speed	m/min	20	20	25
Hoisting rated empty speed	m/min	45	45	60
Trolley travel rated load speed	m/min	70	70	70
Gantry Travel empty speed	m/min	135	135	134
Total Unit		11	9	5

(Sumber : Terminal Petikemas Koja)

Lampiran 9 : PRODUKTIVITAS TPK KOJA

KOJA	BOR	ET	BT	Ship Call	Through put	BSH	BCH	BH
JAN	60.66	17.58	19.69	50	78,544	65.89	26.11	2.33
FEB	61.46	18.51	20.96	43	71,680	65.40	29.62	1.94
MAR	63.08	14.66	16.62	63	82,577	65.96	29.42	1.98
APR	58.76	15.33	17.07	55	70,353	62.71	27.72	2.29
MAY	63.85	18.21	20.04	55	86,491	67.45	29.56	2.52
JUN	47.72	15.02	17.77	45	52,611	61.17	27.69	2.12
JUL	52.96	18.21	20.44	48	74,498	70.31	28.28	2.56
AUG	54.82	17.38	19.47	47	70,688	63.11	28.42	2.27
SEP	58.40	16.02	18.07	49	71,013	60.56	25.40	2.32
OCT	51.92	16.79	18.58	48	66,672	63.97	27.52	2.44
NOV	64.63	17.81	20.15	51	80,942	63.07	28.89	2.30
DEC	54.71	16.78	18.75	50	77,800	66.290938	28.04	2.36

TPK KOJA	BCH RTG	Utilisasi	YOR	YTP	DW. I	DW. E	DW. AVG
JAN	11.26	67%	52.48	77948.640	4.98	2.95	3.97
FEB	9.10	76%	45.48	70752.049	3.45	3.17	3.31
MAR	9.01	82%	41.89	82035.975	3.05	3.02	3.04
APR	10.07	66%	40.92	70352.996	3.29	3.03	3.16
MAY	10.81	83%	48.62	73936.173	3.50	3.40	3.45
JUN	10.5	50%	39.46	52610.996	4.69	3.35	4.02
JUL	10.43	68%	45.25	74289.894	3.99	2.91	3.45
AUG	9.44	60%	38.13	64455.220	3.71	2.99	3.35
SEP	9.97	69%	43.16	70926.796	3.50	3.39	3.45
OCT	10.30	73%	40.85	52346.351	4.37	4.48	4.42
NOV	10.98	82%	38.92	69855.439	3.04	3.27	3.15
DEC	9.77	70%	40.02	72053.973	3.00	3.29	3.14

(Sumber: TPK Koja)

Lampiran 10 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG\  
Spesifikasi RTG TPKS

Spesifikasi	Unit	Sumitomo	Konecranes
Rated load under spreader	MT	35	40
Gauge span	meter	22,71	
Trolley Travel Range	meter	18,31	
Wheel Base	meter	6,4	
Lift Height under Spreader	meter	15,2	18,1
Hoisting rated load speed	m/min	20	31
Hoisting rated empty speed	m/min	45	62
Trolley travel rated load speed	m/min	70	70
Gantry Travel empty speed	m/min	135	135
Total Unit		9	20

(Sumber: TPK Semarang)

Lampiran 11 : PRODUKTIVITAS TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG

TPKS	BOR	ET	BT	Ship Call	Through put	BSH	BCH	BH
JAN	39.75	10.43	14.04	55	73,533	49	24	2.55
FEB	39.99	11.15	14.62	49	69,086	47	23	2.68
MAR	40.63	9.06	12.3	61	77,277	50	25	2.54
APR	43.07	9.64	13.35	59	77,643	48	25	2.70
MAY	43.85	11.22	15.53	54	84,951	50	25	2.46
JUN	44.24	10.49	13.85	42	56,572	46	24	2.85
JUL	43.12	13.16	16.49	54	90,816	45	22	2.21
AUG	42.99	12.93	16.79	50	85,606	46	24	2.26
SEP	43.52	12.59	15.4	49	84,799	51	25	2.25
OCT	41.86	13.07	16.32	45	83,405	52	25	2.44
NOV	29.75	13.62	17.32	43	80,910	50	25	2.36
DEC	30.68	14.33	17.95	47	89,796	49	25	2.54

TPKS	Utilisasi	YOR	YTP	DW.I	DW.E	DW.AVG
JAN	41.1	63.1	70626.0	4.7	2.5	3.6
FEB	41.0	58.7	67259.9	5.7	2.3	4.0
MAR	38.4	40.0	61786.0	4.6	2.3	3.5
APR	38.9	47.2	59987.6	4.6	2.6	3.6
MAY	40.5	55.4	65355.1	4.9	2.8	3.9
JUN	26.8	37.6	37789.2	6.3	2.7	4.5
JUL	37.7	47.6	54291.3	5.2	2.8	4.0
AUG	31.9	53.9	64324.0	5.1	2.6	3.8
SEP	45.6	55.0	61631.0	5.7	2.5	4.1
OCT	43.4	42.7	49495.0	5.2	2.7	3.9
NOV	38.8	40.4	49287.4	5.1	2.3	3.7
DEC	38.5	40.0	47771.6	5.2	2.4	3.8

(Sumber: Terminal Petikemas Semarang)

Lampiran 12 : PERALATAN TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA  
Data Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi	Unit	Hitachi	KONE-P	IMPISA	KONE-PP
qcc		1	5	4	3
Rated Capacity	tons	35	35	45	65
Total Lifting Capacity	tons				
Outreach	meter	38.1	37.25	39.75	46
Backreach	meter	15.24	16	16	16
Main Hoist Speed Loader	m/min	45	60	65	75
Main Hoist Speed Loader	m/min	109.5	120	130	150
Trolley Transverse Speed	m/min	150	150	180	180

(Sumber: Terminal Petikemas Surabaya)

Lampiran 13 : PRODUKTIVITAS TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

TPS	BOR	ET	BT	Ship Call	Through put	BSH	BCH	BH
JAN	56.49	15.99	19.19	95	96,091	41.5	25.5	3.18
FEB	62.63	16.84	18.96	88	102,790	42.3	25.6	3.38
MAR	57.76	16.37	18.15	90	102,558	45.1	25.7	3.28
APR	60.48	16.77	18.70	93	126,164	48.6	26.0	3.35
MAY	74.05	20.68	22.77	95	131,422	41.7	23.6	3.31
JUN	57.23	17.93	20.90	77	98,552	43.4	24.5	3.34
JUL	71.73	19.27	23.14	87	147,787	45.0	24.4	3.56
AUG	60.83	16.29	19.61	85	130,652	49.4	28.0	3.63
SEP	64.34	17.73	21.34	88	112,290	50.1	27.9	3.68
OCT	54.38	14.85	17.73	78	60,468	52.4	28.8	3.64
NOV	61.47	16.87	20.76	86	118,623	50.2	27.6	3.69
DEC	67.35	15.64	19.95	89	132,525	46.5	26.7	3.68

TPS	YOR	YTP	DW.I	DW.E	DW.AVG
JAN	39.27	95990.942	4.82	3.09	3.95
FEB	36.17	102694.24	4.06	2.75	3.40
MAR	32.59	102453.29	3.65	2.50	3.08
APR	44.00	126050.87	4.04	2.71	3.37
MAY	50.68	131299.44	4.39	3.07	3.73
JUN	44.41	98466.593	5.88	2.84	4.36
JUL	60.64	147656.66	4.78	3.16	3.97
AUG	52.73	130533.21	4.94	2.87	3.91
SEP	51.59	112165.1	6.05	2.84	4.45
OCT	40.98	60355.302	10.56	2.56	6.56
NOV	38.50	118504.21	3.81	2.47	3.14
DEC	45.70	132397.27	3.96	2.71	3.34

(Sumber: Terminal Petikemas Surabaya)

Lampiran 14 : MOTION STUDY TPK KOJA

KOJA					
Spesifikasi	Unit	PANAMAX	POST PANAMAX	SUPER POST PANAMAX	
				Twin Lift	Twin Lift
QCC		3	2	1	1
Year made		1996	1998	2003	2013
Manufacturer		Mitsubishi	Mitsubishi	Doosan	ZPMC
Rated Capacity	tons	35	40	41	41
Total Lifting Capacity	tons	45	50	51	51
Outreach	meter	34	45	52	53.5
Backreach	meter	16	16	15	15
Main Hoist Speed Loader	m/min	55	70	60	60
Main Hoist Speed Loader	m/min	110	150	170	170
Trolley Transverse Speed	m/min	120	180	210	210
Box/Crane/Hour Max		26.36	28.13	50.47	50.47
Box/Crane/Hour Min		24.60	26.56	47.75	47.75
Maximum BCH		236.28			
Minimum BCH		222.41			

## Lampiran 15 : MOTION STUDY TPK SURABAYA

TPS					
Spesifikasi	Unit	Hitachi	KONE-P	IMPISA	KONE-PP
qcc		1	5	4	3
Rated Capacity	tons	35	35	45	65
Total Lifting Capacity	tons				
Outreach	meter	38.1	37.25	39.75	46
Backreach	meter	15.24	16	16	16
Main Hoist Speed Loader	m/min	45	60	65	75
Main Hoist Speed Loader	m/min	109.5	120	130	150
Trolley Transverse Speed	m/min	150	150	180	180
Box/Crane/Hour Max		26.99	30.01	30.59	45.76
Box/Crane/Hour Min		24.88	27.92	28.58	43.76
Box/Crane/Hour Max		436.72			
Box/Crane/Hour Min		410.066			

## Lampiran 16 : MOTION STUDY TPK SEMARANG

TPKS		
Spesifikasi	Unit	IHI
qcc		5
Rated Capacity	tons	36.28
Total Lifting Capacity	tons	45.36
Outreach	meter	34.46
Backreach	meter	8.99
Main Hoist Speed Loader	m/min	51.82
Main Hoist Speed Loader	m/min	111.25
Trolley Transverse Speed	m/min	152.4
Box/Crane/Hour Max		27.97
Box/Crane/Hour Min		25.61
Box/Crane/Hour Max		139.872
Box/Crane/Hour Min		128.05

## Lampiran 17 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING KOJA QUAY

Nilai efisiensi Terminal Petikemas Koja sisi Quay

Max  $\Phi_{KOJA1}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 61,73$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 77600$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 7\Phi_{KOJA1}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 49\Phi_{KOJA1}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\Phi_{KOJA1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\Phi_{KOJA2}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 56,78$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 69818$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 7\Phi_{KOJA2}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 49\Phi_{KOJA2}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\Phi_{KOJA2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{KOJA3}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 55,39$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 72066$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 7\emptyset_{KOJA3}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 49\emptyset_{KOJA3}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{KOJA3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{KOJA4}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 57,09$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 75137$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 7\emptyset_{KOJA4}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 49\emptyset_{KOJA4}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{KOJA4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

## Lampiran 18 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPKS QUAY

Max  $\emptyset_{TPKS1}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 40,12$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 73298$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 5\emptyset_{TPKS1}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 43\emptyset_{TPKS1}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{TPKS1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS2}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 43,72$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 73055$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 5\emptyset_{TPKS2}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 43\emptyset_{TPKS2}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{TPKS2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS3}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 43,21$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 87073$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 5\emptyset_{TPKS3}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 43\emptyset_{TPKS3}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{TPKS3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS4}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 34,1$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 84703$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 5\emptyset_{TPKS4}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 43\emptyset_{TPKS4}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 650\emptyset_{TPKS4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

## Lampiran 19 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPS QUAY

Nilai efisiensi Terminal Petikemas Surabaya sisi Quay

Max  $\emptyset_{TPS1}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 58,96$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 106479$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 13 \emptyset_{TPS1}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 81 \emptyset_{TPS1}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 1000 \emptyset_{TPS1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS2}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 63,92$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 118712$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 13 \emptyset_{TPS2}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 81 \emptyset_{TPS2}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 1000 \emptyset_{TPS2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS3}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 65,63$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 130242$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 13 \emptyset_{TPS3}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 81 \emptyset_{TPS3}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 1000 \emptyset_{TPS3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS4}$

Subject to :

$$\lambda_1 61,73 + \lambda_2 56,78 + \lambda_3 55,39 + \lambda_4 57,09 + \lambda_5 40,12 + \lambda_6 43,72 + \lambda_7 43,21 + \lambda_8 34,10 \\ + \lambda_9 58,96 + \lambda_{10} 63,92 + \lambda_{11} 65,63 + \lambda_{12} 61,07 \geq 61,07$$

$$\lambda_1 77600 + \lambda_2 69818 + \lambda_3 72066 + \lambda_4 75137 + \lambda_5 73298 + \lambda_6 73055 + \\ \lambda_7 87073 + \lambda_8 84703 + \lambda_9 100479 + \lambda_{10} 118712 + \lambda_{11} 130242 + \lambda_{12} 103872 \geq \\ 103872$$

$$\lambda_1 7 + \lambda_2 7 + \lambda_3 7 + \lambda_4 7 + \lambda_5 5 + \lambda_6 5 + \lambda_7 5 + \lambda_8 5 + \lambda_9 13 + \lambda_{10} 13 + \lambda_{11} 13 + \lambda_{12} 13 \\ \geq 13 \emptyset_{TPS4}$$

$$\lambda_1 49 + \lambda_2 49 + \lambda_3 49 + \lambda_4 49 + \lambda_5 43 + \lambda_6 43 + \lambda_7 43 + \lambda_8 43 + \lambda_9 81 + \lambda_{10} 81 + \lambda_{11} 81 \\ + \lambda_{12} 81 \geq 81 \emptyset_{TPS4}$$

$$\lambda_1 650 + \lambda_2 650 + \lambda_3 650 + \lambda_4 650 + \lambda_5 495 + \lambda_6 495 + \lambda_7 495 + \lambda_8 495 + \lambda_9 1000 \\ + \lambda_{10} 1000 + \lambda_{11} 1000 + \lambda_{12} 1000 \geq 1000 \emptyset_{TPS4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

## Lampiran 20 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING KOJA YARD

Nilai efisiensi Terminal Petikemas Koja sisi Yard

Max  $\emptyset_{KOJA1}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 46,62$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 76912$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 25\emptyset_{KOJA1}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 21,8\emptyset_{KOJA1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{KOJA2}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 43$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 69613$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 25\emptyset_{KOJA2}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 21,8\emptyset_{KOJA2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{KOJA3}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 42,18$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 69890$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 25\emptyset_{KOJA3}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 21,8\emptyset_{KOJA3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{KOJA4}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 39,93$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 64751$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 25\emptyset_{KOJA4}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 21,8\emptyset_{KOJA4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

## Lampiran 21 : FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPKS YARD

Terminal Petikemas Semarang pada sisi Yard

Max  $\emptyset_{TPKS1}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 52$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 66657$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 29\emptyset_{TPKS1}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 24\emptyset_{TPKS1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS2}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 46$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 54377$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 29\emptyset_{TPKS2}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 24\emptyset_{TPKS2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS3}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 52$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 60082$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 29\emptyset_{TPKS3}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 24\emptyset_{TPKS3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPKS4}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 41$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 48851$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 29\emptyset_{TPKS4}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 24\emptyset_{TPKS4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

## Lampiran 22 FUNGSI LINEAR PROGRAMMING TPS YARD

Terminal Petikemas Surabaya sisi Yard

Max  $\emptyset_{TPS1}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 36$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 100379$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 30\emptyset_{TPS1}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 35\emptyset_{TPS1}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS2}$ 

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 46$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 118605$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 30\emptyset_{TPS2}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 35\emptyset_{TPS2}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS3}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 54,9$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 130118$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 30\emptyset_{TPS3}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 35\emptyset_{TPS3}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Max  $\emptyset_{TPS4}$

Subject to :

$$\lambda_1 46,62 + \lambda_2 43 + \lambda_3 42,18 + \lambda_4 39,93 + \lambda_5 52 + \lambda_6 46 + \lambda_7 52 + \lambda_8 41 + \lambda_9 36 + \lambda_{10} 46 + \lambda_{11} 54,9 + \lambda_{12} 41,73 \geq 41,73$$

$$\lambda_1 76912 + \lambda_2 69613 + \lambda_3 69890 + \lambda_4 64751 + \lambda_5 66657 + \lambda_6 54377 + \lambda_7 60082 + \lambda_8 48851 + \lambda_9 100379 + \lambda_{10} 118605 + \lambda_{11} 130118 + \lambda_{12} 103752 \geq 103752$$

$$\lambda_1 25 + \lambda_2 25 + \lambda_3 25 + \lambda_4 25 + \lambda_5 29 + \lambda_6 29 + \lambda_7 29 + \lambda_8 29 + \lambda_9 30 + \lambda_{10} 30 + \lambda_{11} 30 + \lambda_{12} 30 \geq 30\emptyset_{TPS4}$$

$$\lambda_1 21,8 + \lambda_2 21,8 + \lambda_3 21,8 + \lambda_4 21,8 + \lambda_5 24 + \lambda_6 24 + \lambda_7 24 + \lambda_8 24 + \lambda_9 35 + \lambda_{10} 35 + \lambda_{11} 35 + \lambda_{12} 35 \geq 35\emptyset_{TPS4}$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{12} \geq 0$$

Lampiran 23 : DUTY CYCLE QUAY CRANE

Quay Crane	Mitsubishi	Mitsubishi-PP	Doosan/ZPMC	IHI	Kone Old	Hitachi	Kone New	IMPISA	Noell single	Noell Twin
Hoist	40%	43%	51%	40%	37%	44%	53%	40%	43%	41%
Trolley	30%	25%	21%	29%	29%	26%	21%	26%	25%	31%
Gantry	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Idle	30%	32%	29%	31%	34%	30%	26%	35%	32%	28%

Lampiran 24 : DUTY CYCLE RUBBER TYRED GANTRY

Rubber Tyred Gantry	Mitsubishi	Sumitomo	ZPMC	Sumitomo	KONE	FELS	RTG JCT
Hoist	50%	50%	48%	27%	33%	26%	54%
Trolley	7%	7%	7%	6%	8%	9%	20%
Gantry	25%	25%	26%	48%	37%	50%	12%
Idle	18%	18%	19%	19%	23%	15%	15%