TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS DI INDONESIA

BAGAS PAMUNGKAS
NRP. 04211640000032

Dosen Pembimbing
Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS DI INDONESIA

Bagas Pamungkas
NRP. 04211640000032

DOSEN PEMBIMBING
Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M. Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALYSIS OF AUTOMATION IMPLEMENTATION IN INDONESIA CONTAINER TERMINAL

Bagas Pamungkas
NRP. 04211640000032

SUPERVISOR:
Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M. Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Reliability, Availibility, Management, and Safety* (RAMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Bagas Pamungkas

NRP. 04211640000032

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc.,Ph.D.

NIP. 197107201995121001

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management and Safety* (RAMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Bagas Pamungkas

NRP. 04211640000032

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS DI INDONESIA

Nama mahasiswa : Bagas Pamungkas
NRP : 04211640000032
Pembimbing : Raja Oloan Saut Gurning, S.T.,M.Sc.,Ph.D.

ABSTRAK

Seiring meningkatnya volume arus petikemas dan ukuran kapal, terminal petikemas perlu beradaptasi terhadap kondisi tersebut dengan meningkatkan performanya. Penerapan otomasi menjadi salah satu solusi yang dapat dilakukan oleh terminal petikemas. Penerapan otomasi merupakan suatu keputusan besar, sehingga hal tersebut mengharuskan terminal petikemas untuk melakukan analisis yang komprehensif. Terminal petikemas perlu untuk mengetahui apakah penerapan otomasi dapat ditinjau lebih lanjut atau tidak berdasarkan urgensi penerapan otomasi sesuai dengan tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan, melalui analisis aspek transformasi otomasi. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menjadi metode yang digunakan untuk menentukan tingkat otomasi terminal petikemas dengan faktor penerapan otomasi sebagai kriterianya. Dari tingkatan tersebut, tingkat urgensi dapat diukur dengan mengaplikasikan parameter otomasi. Aspek transformasi otomasi diaplikasikan pada Terminal Petikemas Surabaya (TPS). Hasil pengaplikasian menunjukan, TPS lebih berprospek untuk bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis, tetapi urgensi transformasinya berada pada tingkatan yang rendah. Namun, TPS memiliki rencana dalam menerapkan otomasi, peninjauan otomasi dilanjutkan untuk melakukan analisis kinerja dan konfigurasi alat. Hasil analisis menunjukan bahwa penggunaan *quay crane* dan *yard crane* otomatis adalah konfigurasi durasi penanganan paling singkat dengan total durasi 21,92 menit/boks. Dengan konfigurasi tersebut, TPS memiliki kinerja utilitas dermaga dan lapangan dalam kondisi baik dan memiliki penanganan bongkar-muat kapal yang konsisten.

Kata kunci: Terminal Petikemas Otomatis, Aspek Transformasi Otomasi, Kinerja Terminal petikemas

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF AUTOMATION IMPLEMENTATION IN INDONESIA CONTAINER TERMINAL

Name : Bagas Pamungkas
NRP : 04211640000032
Supervisor : Raja Oloan Saut Gurning, S.T.,M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

As the volume of container and ship size increases, the container terminal needs to adapt to the condition by enhancing its performance. Automation implementation is one of the solutions that can be done by the container terminal. Implementing automation is a crucial decision, so it surpressed the container terminal to accomplish a comprehensive analysis. The container terminal shall know if automation can be reviewed further or not based on the urgency level of automation implementation under the degree of automation to be applied by the container terminal through applying automation transformation aspects. Analytical Hierarchy Process (AHP) is a method used to determine the degree automation of the container terminal by using the implementation of automation factors as its criteria. Subsequently, the urgency level of implementing automation is measured using automation parameters. The automation transformation aspects applicated to Terminal Petikemas Surabaya (TPS). The result of the application shows that TPS has a prospect to transforms into a semi-automated container terminal, but the urge of the transformation is still on the low level. However, TPS has a plan in implementing automation, so the automation investigation remains to analyze. The results showed that the use of automated quay and yard crane is the shortest handling duration with total time 21.92 minutes/box. Using that configuration , TPS will have quay and yard utility in a good condition and will have consistent productivity on loading and unloading containers.

Keywords : Automated Container Terminal, Automation Transformation Aspect, Container Terminal Perfomance

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan berkah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisis Penerapan Otomasi pada Terminal Petikemas di Indonesia** dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama proses penulisan dan penyelesaian, tentunya penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa terimakasih sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak dibawah ini:

1. Kedua orang tua tercinta, Achmad Sobandi dan Yani Hendrayani yang tiada hentinya untuk mendoakan, memberi dukungan, memberi rasa tenang kepada penulis dikala penulisan hingga penyelesaian Tugas Akhir.
2. Kakak-kakak tercinta, Bunga Rengganis, Bening Lestari dan Banni Pertiwi yang selalu memberikan semangat dan mendoakan saya selama pengerjaan.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.Sc., selaku dosen wali yang selalu memberikan bimbingan baik akademik maupun non-akademik selama perkuliahan.
4. Bapak Raja Oloan Saut Gurning S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi arahan selama pengerjaan untuk menghasilkan tulisan yang baik dan bermanfaat.
5. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc. selaku ketua lab RAMS dan Bapak Ibu dosen lab RAMS yang turut serta memberi arahan dan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu dan membantu dalam lancarnya proses pembelajaran selama perkuliahan.
7. Rizki Gusti Paramitha selaku sahabat tercinta yang tiada hentinya memberi dukungan dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Dany, Daffa, Arvin dan Daniel sebagai teman satu bimbingan penulis yang selalu mendukung dan mengoreksi satu sama lain untuk menghasilkan tulisan yang baik.
9. Kepada Agatha, Prasetyawan, Nadya pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis baik pada saat penyelesaian Tugas Akhir atau diluar dari penulisan.

Penulis berharap bahwa tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca, terkhususnya kepada terminal petikemas di Indonesia untuk mempersiapkan dalam menerapkan otomasi.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **v**
ABSTRACT ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR NOMENKLATUR xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Konstribusi 3
BAB II KAJIAN PUSTAKA 5
2.1 Terminal Petikemas Konvensional 5
2.2 Terminal Petikemas Otomatis 7
2.2.1 Tingkatan Otomasi Terminal Petikemas 8
2.2.2 Urutan Otomasi Terminal Petikemas 11
2.2.3 Tingkatan Otomasi Sistem Kontrol Alat 11
2.2.4 Urutan Otomasi Sistem Kontrol Alat 12
2.3 Perbedaan Tingkatan Otomasi 12
2.4 Otomasi Pada Terminal *Greendfield* 18
2.5 Otomasi Pada Terminal *Brownfield* 19
2.6 *Analytical Hierarchy Process* (AHP) 20
2.7 Analisis Kinerja 21
BAB III PROSES PENELITIAN **23**
3.1 Definisi Umum 23
3.2 Rumusan Masalah 24
3.3 Studi Literatur 24
3.4 Pengumpulan Data 24
3.5 Analisis Aspek Transformasi Otomasi 25
3.6 Faktor Penerapan Otomasi 25
3.6.1 *Analytical Hierarchy Process* (AHP) 25
3.7 Parameter Otomasi 26

3.8 Aplikasi Aspek Transformasi Otomasi pada Terminal Petikemas Surabaya 26
3.9 Rekomendasi Peninjauan Lebih Lanjut 26
3.10 Rekomendasi Perbaikan 27
3.11 Analisis Kinerja Terminal Petikemas 27
3.12 Kesimpulan dan Rekomendasi 27
BAB IV ANALISIS ASPEK TRANSFORMASI PENERAPAN OTOMASI 29
4.1 Definisi Umum 29
4.2 Pengumpulan Data 29
4.3 Faktor Penerapan Otomasi 29
4.3.1 Faktor Prospek Penerapan Otomasi 30
4.3.2 Faktor Kendala Penerapan Otomasi 31
4.3.3 Pembobotan Faktor 36
4.4 Analisis Parameter Otomasi 41
BAB V ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA 45
5.1 Terminal Petikemas Surabaya 45
5.2 Kondisi Terminal Petikemas Surabaya 46
5.3 Analisis Tingkatan Otomasi Terminal 47
5.4 Aplikasi Parameter 49
5.5 Analisis Kinerja 50
5.5.1 Produktivitas Alat (B/C/H) 50
5.5.2 Berthing Time (BT) 51
5.5.3 *Berth Occupancy Ratio* (BOR) 54
5.5.4 Produktivitas Dermaga (B/S/H) 56
5.5.5 *Yard Occupancy Ratio* (YOR) 58
5.5.6 *Yard Throughput* (YTP) 61
5.5.7 *Truck Round Time* (TRT) 63
5.6 Konfigurasi Alat 64
5.7 Persiapan Otomasi 65
5.8 Perbandingan Kondisi Terminal 68
BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI 71
6.1 Kesimpulan 71
6.2 Rekomendasi 72
DAFTAR PUSTAKA 73
LAMPIRAN A *Layout* Terminal Petikemas Surabaya 77
LAMPIRAN B Kuesioner Pembobotan Faktor Penerapan Otomasi 79
LAMPIRAN C Uji Realibilitas Kuesioner Tahap Satu 89

LAMPIRAN D Perhitungan Rasio Konsistensi Kuesioner Tahap Satu 91
LAMPIRAN E Kuesioner Prospek Tingkatan Otomasi 93
LAMPIRAN F Perhitungan Bobot Alternatif 99
LAMPIRAN G Uji Reliabilitas Kuesioner Tahap Dua 101
LAMPIRAN H Kuesioner Faktor Kendala Trasnformasi Otomasi 103
LAMPIRAN I Spesifikasi Manufaktur 107
LAMPIRAN J Perhitungan Motion Study 111
LAMPIRAN K Perhiutngan *Berthing Time*.....113
LAMPIRAN L Perhitungan *Box Ship per Hour*.....115
LAMPIRAN M Perhitungan Durasi Penanganan Satu Petikemas.....117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tren otomasi terminal petikemas.....1
Gambar 2. 1 Proses Kerja Terminal Petikemas.....5
Gambar 2. 2 Operasi Terminal Petikemas Otomatis 9
Gambar 2. 3 Hierarki AHP.....20
Gambar 3. 1 Diagram Proses Penelitian 23
Gambar 4. 1 Hierarki AHP.....37
Gambar 4. 2 Bobot Faktor Penerapan Otomasi.....40
Gambar 5. 1 Arus Petikemas TPS 45
Gambar 5. 2 Hierarki AHP TPS 47
Gambar 5. 3 Nilai BOR, BT dan nQC 55
Gambar 5. 4 Nilai B/S/H Kapal.....57
Gambar 5. 5 Perbandingan YTP dan YTP 62
Gambar 5. 6 Persiapan Otomasi 67

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keuntungan Penerapan Otomasi 7
Tabel 2. 2 Perbedaan Tingkat Otomasi Terminal Petikemas 13
Tabel 3. 1 *Random Index*.....26
Tabel 4. 1 Faktor Kendala Transformasi Semi-otomatis 31
Tabel 4. 2 Faktor Kendala Transformas Otomatis Total 32
Tabel 4. 3 Hasil Pemeringkatan Faktor Semi-otomatis 33
Tabel 4. 4 Hasil Pemeringkatan Faktor Otomatis Total.....33
Tabel 4. 5 Matriks Perbandingan Faktor Pengaruh Otomasi 38
Tabel 4. 6 Prioritas Kriteria 38
Tabel 4. 8 Parameter Otomasi Terminal Petikemas 41
Tabel 5. 1 Fasilitas dan Peralatan TPS.....45
Tabel 5. 2 Perbandingan Berpasangan Kriteria dan Alternatif.....48
Tabel 5. 3 Bobot Alternatif.....48
Tabel 5. 4 Aplikasi Parameter TPS.....49
Tabel 5. 5 *Not Operating Time*.....52
Tabel 5. 6 Hasil BT pada 1 Kapal.....53
Tabel 5. 7 Nilai A_{TEU} 59
Tabel 5. 8 Konfigurasi Alat 64
Tabel 5. 9 Durasi Tiap Konfigurasi 65
Tabel 5. 10 Perbandingan Kondisi Terminal.....68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOMENKLATUR

AGV	: *Automated Guided Vehicle*
AHP	: *Analytical Hierarchy Process*
AQC	: *Automated Quay Crane*
AYC	: *Automated Yard Crane*
B/C/H	: *Box/Crane/Hour*
B/S/H	: *Box/Ship/Hour*
BOR	: *Berth Occupancy Ratio*
Brownfield	: Penerapan otomasi pada *in-running* terminal petikemas
Greenfield	: Penerapan otomasi pada lahan baru
HT	: *Horizontal Transport* (transportasi horizontal)
OCR	: *Optical-Character Recognition*
OT	: Otomatis total
QC	: *Quay Crane*
RFID	: *Radio Frequency Identification*
SO	: semi-otomatis
TKBM	: Tenaga Kerja Bongkar Muat
TPS	: Terminal Petikemas Surabaya
TRT	: *Truck Round Time*
YC	: *Yard Crane*
YOR	: *Yard Occupancy Ratio*
YTP	: *Yard Throughput*

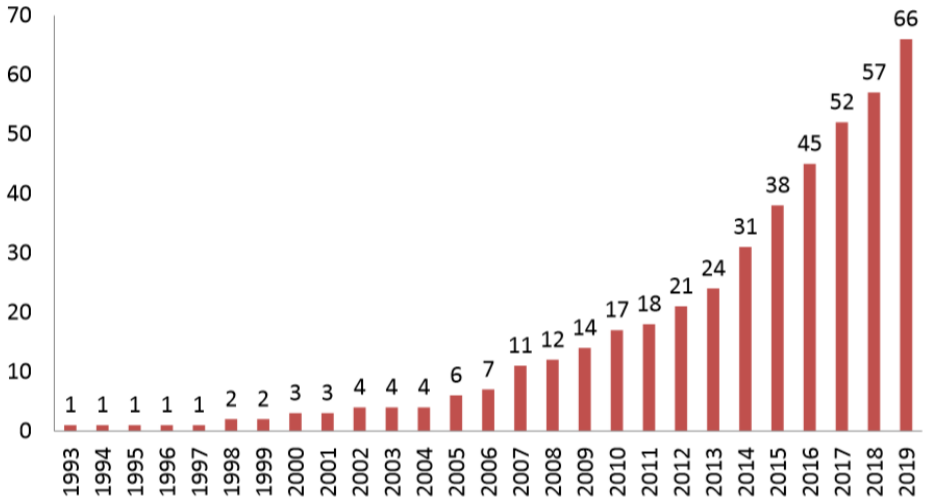
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jual beli internasional pada sektor maritim yang menggunakan petikemas terus mengalami peningkatan. Penggunaan petikemas dunia pada tahun 2018 mencapai 152 juta TEU (UNCTAD, 2019b). Peningkatan tersebut juga selaras dengan berkembangnya ukuran kapal *container*. Pada tahun 1968, ukuran kapal *container* memiliki total kapasitas sebesar 1.530 TEUs. Namun semakin meningkatnya kebutuhan petikemas, total kapasitas yang dapat diakomodasi oleh satu kapal *container* pada tahun 2019 mencapai 24.000 TEUs (AGCS, 2019).

Dengan adanya perkembangan dari penggunaan petikemas dan juga ukuran kapal, terminal petikemas harus dapat beradaptasi dengan meningkatkan operasinya dan layanannya. Berdasarkan (Soberón, *et al*. 2014) otomasi mampu meningkatkan produktivitas, meningkatkan keselamatan, mengurangi emisi dan kebisingan, dan juga mengurangi biaya operasioanl. Dari keuntungan tersebut, otomasi dapat menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk beradaptasi dengan kondisi perkembangan penggunaan petikemas dan ukuran kapal.



Gambar 1. 1 Tren otomasi terminal petikemas

Mulai dari tahun 1993 hingga tahun 2019, tren dalam pengembangan otomasi semakin meningkat. Perkembangan tersebut ditunjukan pada Gambar 1.1 Diawali dengan ECT Delta di Rotterdam, otomasi mulai banyak diterapkan pada terminal petikemas di seluruh dunia. Pada tahun 2016, terdapat lebih dari 35 terminal petikemas menerapkan otomasi (PEMA, 2016). Dari hasil yang ditunjukan oleh Ikemachi pada *PIANC Seminar* yang diadakan pada tahun 2019 menunjukan jumlah terminal petikemas saat ini yang melakukan otomasi mencapai 66 terminal petikemas. Berdasarkan (UNCTAD, 2018), terdapat hasil survey yang dilakukan oleh sebuah industri menyatakan bahwa 75% dari terminal operator merasa bahwa pentingnya melakukan pengembangan otomasi untuk

mampu bersaing di tiga sampai lima tahun kedepan. Dengan keuntungan yang didapat dari otomasi, tentu dapat meningkatkan tingkat kompetitif antar terminal petikemas.

Melihat dari peningkatan tren dalam penerapan otomasi pada terminal petikemas, tidak menutup kemungkinan akan ada terminal petikemas otomatis baru di dunia ataupun di Indonesia. Untuk itu, dalam membantu terminal petikemas khususnya di Indonesia untuk menerapkan otomasi, dilakukan analisis terkait aspek transformasi yang terdiri dari faktor penerapan otomasi dan juga parameter otomasi untuk mengukur urgensi penerapan otomasi berdasarkan tingkatan otomasi yang sesuai dengan terminal petikemas. Penentuan tingkatan otomasi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dengan faktor penerapan otomasi sebagai kriterianya. Hasil dari aspek transformasi ini kemudian diaplikasikan pada salah satu terminal petikemas di Indonesia. Hasil dari pengaplikasian aspek transformasi, akan memberikan rekomendasi kepada terminal petikemas dengan dua posibilitas hasil. Terminal petikemas tidak direkomendasikan untuk melanjutkan peninjauan lebih lanjut terkait penerapan otomasi dan posibilitas hasil yang kedua adalah terminal petikemas direkomendasikan untuk melanjutkan peninjauan penerapan otomasi dengan melakukan analisis kinerja.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ditinjau, permasalahan yang diteliti adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana aspek transformasi otomasi pada terminal petikemas di Indonesia?
2. Bagaimana penerapan aspek transformasi otomasi pada salah satu terminal petikemas di Indonesia?
3. Bagaimana kinerja terminal petikemas dengan menerapkan otomasi?

1.3. Tujuan

Dilakukannya penelitian ini dengan beberapa masalah yang telah terumuskan yang merujuk pada latar belakang penelitian, didapatkan bahwa tujuan penelitian adalah :

1. Mengetahui aspek transformasi otomasi pada terminal petikemas di Indonesia.
2. Mengetahui penerapan aspek tranformasi otomasi pada salah satu terminal petikemas di Indonesia.
3. Mengetahui kinerja terminal petikemas dengan menerapkan otomasi.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan dari penelitian yang telah disebutkan diatas, batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Analisis aspek transformasi terdiri dari faktor penerapan otomasi dan parameter otomasi.
2. Analisis kinerja dianalisis pada salah satu terminal petikemas di Indonesia.
3. Analisis kinerja dianalisis pada operasi internasional.

1.5. Konstribusi

Adanya dari tugas ini memiliki kontribusi secara teoritis dan kontribusi kepada praktisi seperti yang dijelaskan pada poin-poin berikut:

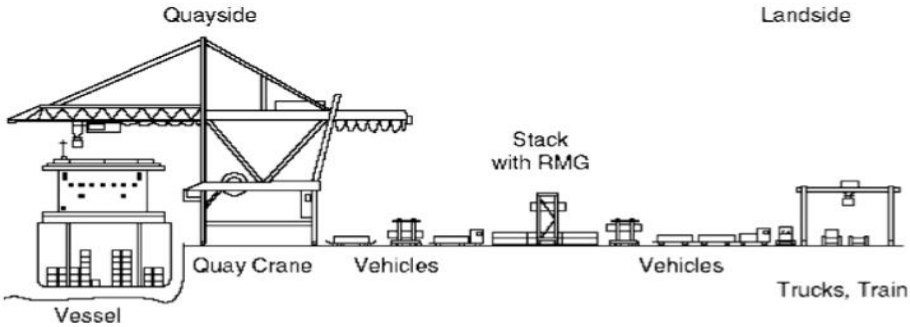
1. Kontribusi Teoritis
   a. Memberikan referensi terkait pemecahan masalah mengenai otomasi pada terminal petikemas oleh pembaca.
   b. Menjadi referensi akademik untuk tugas akhir lainnya
   c. Memberikan informasi terkait hasil analisis prospek terminal petikemas untuk menerapkan pengembangan otomasi.
2. Kontribusi Praktisi
   a. Menjadi dasaran kepada terminal petikemas Indonesia untuk mengetahui parameter yang perlu dicapai sebelum menerapkan otomasi.
   b. Menjadi pedoman kepada terminal petikemas Indonesia untuk urutan dalam mencapai paramater otomasi.
   c. Menjadi referensi untuk mengetahui kinerja terminal petikemas dengan menerapkan otomasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Terminal Petikemas Konvensional

Terminal petikemas adalah sebuah tempat yang berfungsi sebagai penghubung antarmuka antara berbagai macam moda transportasi seperti kereta api domestik atau truk dan transportasi maritim (Günther & Kim, 2006). Dalam melaksanakan fungsinya, terminal petikemas memiliki beberapa tahapan operasi yang ditunjukan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Proses Kerja Terminal Petikemas
Sumber: (Günther & Kim, 2006)

Berdasarkan Gambar 2.1 menunjukan alur operasi bongkar-muat pada terminal petikemas. Tahapan proses kerja tersebut terbagi menjadi tiga bagian, yaitu *quayside* (lini satu) adalah bagian yang berhubungan langsung dengan kapal, *stacking yard* (lini dua) adalah bagian tempat proses penumpukan terminal petikemas dan *landside* (lini tiga) adalah bagian yang berhubungan dengan bagian moda transporasi darat. Tiap lini memiliki fungsi yang berbeda-beda dan dibantu dengan alat bongkat muat yang berbeda juga.

Secara umum, proses kerja pada terminal petikemas ditentukan berdasarkan jenis pengiriman petikemas. Terdapat dua jenis pengiriman petikemas, yaitu ekspor dan impor. Pada petikemas impor, proses dimulai dari kapal yang membawa muatan petikemas dari suatu daerah. Muatan tersebut dibongkar dari kapal menuju dermaga dengan menggunakan alat bongkar muat yang dinamakan dengan *Quay Crane* (QC). Petikemas yang telah dibongkar oleh QC dari kapal akan dibawa oleh *Horizontal Transport* (HT) internal, menuju ke lapangan penumpukan. Pada lapangan penumpukan terdapat beberapa jenis alat bongkar muat yang digunakan untuk melakukan penumpukan petikemas. Sebelum diangkut oleh transportasi intermoda, petikemas akan dilakukan pengecekan data ulang. Umumnya, transportasi intermoda yang digunakan untuk membawa petikemas keluar dari terminal adalah truk eksternal atau kereta api. Proses ini serupa dengan petikemas ekspor, namun yang membedakan adalah awal dari proses yang dimulai dari dibawahnya petikemas oleh transportasi intermoda dan diakhiri dengan petikemeas dibawah oleh kapal.

Semua terminal petikemas memiliki proses kerja yang sama. Namun, yang membedakan terminal petikemas satu dengan lainnya adalah alat bongkar muat pada lapangan penumpukan atau YC dan juga HT yang digunakan. Jenis dari YC dan HT dijelaskan pada poin-poin berikut:

a. *Rail Mounted Gantry* (RMG) *Crane*

Rail Mounted Gantry Crane (RMG) adalah satu dari beberaja jenis *crane* yang dapat diaplikasikan pada pelabuhan. sama seperti *crane* yang lainnya, RMG memilki fungsi untuk memindahkan petikemas dari titik satu ke titik lainnya. Jenis *crane* ini memilki konstruksi yang dimana bagian kaki dari *crane* terpasang pada rel yang tertanam di dermaga pelabuhan. Dari konstruksi tersebut memberikan efek kepada pergerakan *crane* yang tetap dan hanya mengikuti rel yang telah tertanam. Namun, dengan menggunakan rel tersebut, RMG memilki pergerakan yang lebih stabil dibandingkan dengan jenis *gantry crane* lainnya.

b. *Rubber Tyred Gantry* (RTG) *Crane*

RTG berfungsi untuk memindahkan petikemas yang berisi maupun kosong pada lapangan penumpukan. Dalam pergerakannya, RTG menggunakan roda-roda yang terpasang pada kaki *crane*. Dengan roda-roda tersebut, RTG memilki kelebihan untuk mampu bergerak secara fleksibel pada lapangan penumpukan. Secara struktur, memilki *gantry* yang dapat berfungsi untuk melakukan bongkar-muat petikemas disamping *crane* (*side-loaded*). Dengan kelebihan tersebut, akan mengurangi waktu perpindahan RTG dikarenakan dapat langsung melakukan bongkar muat disamping (*side-loaded)*.

c. *Reach Stacker* (RS)

Reach Stacker (RS) adalah jenis dari peralatan bongkar-muat di lapangan penumpukan. Dalam pengoperasiannya, RS lebih fleksibel dibandingkan dengan jenis *gantry crane*, sehingga RS juga dikategorikan sebagai transportasi non-*passive* atau transportasi yang dapat mengangkat petikemasnya sendiri tanpa bantuan *crane*. Namun, RS memiliki ketinggian penumpukan yang rendah apabila dibandingkan dengan RTG/RMG.

d. *Straddle Carrier* (SC)

Straddle Carrier (SC) merupakan jenis transportasi non-*passive*. Berbeda dengan RS, kerja dari SC mampu melakukan pekerjaan horizontal dan juga vertikal. Dengan kata lain, SC mampu membawa petikemas dari dermaga hingga mengangkat petikemas untuk ditumpuk di lapangan penumpukan.

e. Truk Konvensional

Truk konvensional adalah peralatan penunjang operasi terminal petikemas konvensional yang tergolong dalam transportasi horizontal. Truk konvensional ini memilki fungsi seperti truk pada umumnya, yaitu mengangkut serta memindahkan muatan. Pada terminal petikemas, truk konvesional juga disebut dengan *chasis*. Pergerakan dari truk ini membutuhkan pengemudi.

Peralatan yang dijelaskan pada poin-poin diatas merupakan peralatan yang digunakan pada terminal petikemas konvensional, dimana semua alatnya masih dioperasikan oleh manual atau istilah lain adalah *manually driven*. Namun, semakin berkembangnya teknologi peralatan pada terminal petikemas mulai dapat diubah operasinya menjadi praktis. Perubahan tersebut menjadikan peratalan dapat dioperasikan dengan menggunakan remot (*remotely*) atau otomatis (*automated*). Penjelasan lebih mendalam terkait perkembangan peralatan ini dijelaskan pada subbab 2.2.

2.2 Terminal Petikemas Otomatis

Terminal petikemas otomatis pertama kali diterapkan pada ECT Delta Terminal, *Port of Rotterdam* pada tahun 1993. Terminal ini mulai memperkenalkan penggunaan *Automated Guided Vehicle* (AGV) dan *Automated Rail Mounted Gantry* (ARMG) *crane*. Berawal pada terminal tersebut, otomasi mulai banyak diterapkan oleh banyak terminal petikemas. Penerapan ini dikarenakan, terminal petikemas percaya bahwa otomasi menekankan pada kualitas dari segi teknis dan juga kualitas kontrol yang dimana didalamnya juga termasuk efesiensi, produktvitas dan keandalan (Soberón, *et al*. 2014)

Dengan banyak terminal petikemas mulai menerapkan otomasi, hal ini menjadikan banyaknya peneliti untuk mempelajari lebih dalam terkait penerapan otomasi pada terminal petikemas. Dari hasil sumber literasi yang didapatkan, bahwa keuntungan dari penerapan otomasi pada terminal petikemas ditunjukan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Keuntungan Penerapan Otomasi

Sumber Literasi	Keuntungan Otomasi	Kerugian Otomasi
(Soberón, *et al*. 2014)	• Meningkatkan produktivitas operasional • Meningkatkan keamanan • Beroperasi menggunakan sitem elektrik sehingga mengurangi pencemeran udara, kebisingan dan kebutuhan bahan bakar • Mengurangi biaya perbaikan	• Kurang fleksibel • Memicu konflik tenaga kerja Tingginya modal yang dikeluarkan
(Chu, *et al*., 2018)	• Membuat operasi lebih halus Menyediakan informasi yang cepat untuk membuat keputusan	• Modal awal yang besar Satu sistem eror akan berpengaruh pada seluruh sistem
(Orive, *et al*., 2019	• Meningkatkan keselamatan dan efesiensi • Mereduksi biaya operasi Mereduksi kerusakan alat	Tingginya modal awal untuk menerapkan otomasi
(PEMA, 2019)	• Meningkatkan pengurangan biaya pada operasional dan perbaikan • Meningkatkan ketersediaan peralatan	• Membutuhkan kemampuan pekerja yang berbeda

	• Meningkatkan keselamatan • Mengurangi dampak lingkungan seperti emisi dan kebisingan	
(Nichol, 2015)	• Mengurangi biaya • Meningkatkan ramah lingkungan • Efesiensi energi Meningkatkan keselamatan	• Membutuhkan investasi besar untuk renovasi • Membutuhkan latihan dan pengembangan untuk berdapatasi dengan alat baru • Mengakibatkan disrupsi akibat peningkatan fasilitas

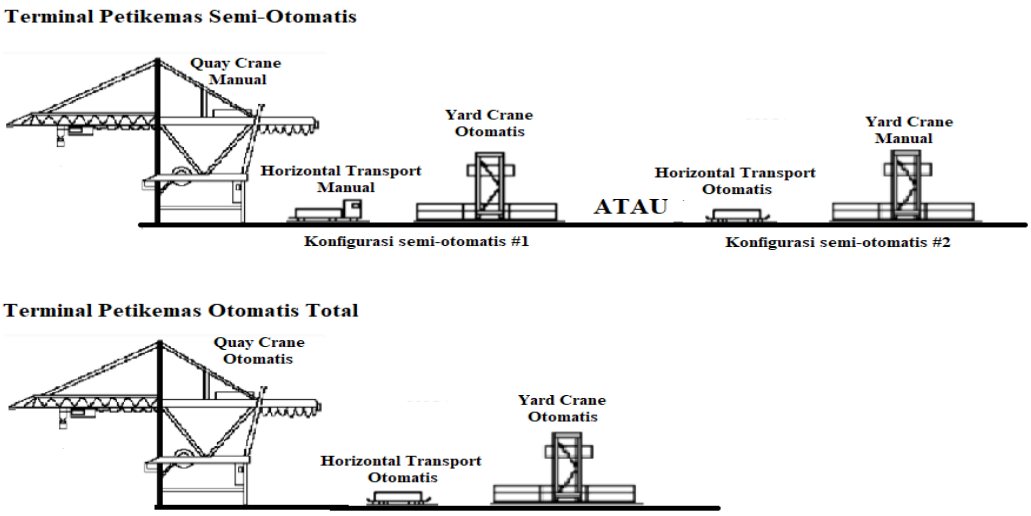
Berdasarkan hasil dari akumulasi literasi, diketahui bahwa secara garis besar otomasi memberikan operasional terminal petikemas yang lebih efektif, mengurangi kecelakaan kerja terhadap mesin maupun manusia, mengurangi polusi udara dan kebisingan dan juga mengurangi biaya operasional terminal petikemas. Dibalik keuntungan yang diberikan oleh otomasi, otomasi juga memberikan berbagai macam kerugian seperti tinggianya biaya investasi, pengurangan pekerja yang memicu terjadinya konflik tenaga kerja, dan juga integrasi sistem yang rumit.

Berdasarkan (Soberón, *et al*. 2014) terminal petikemas otomatis dibedakan berdasarkan tingkatan otomasinya. Namun, tingkatan otomasi ini juga belaku pada alat. Sehingga subbab berikut menjelaskan terkait tingkatan otomatis baik pada terminal petikemas ataupun alat.

2.2.1 Tingkatan Otomasi Terminal Petikemas

Tingkatan otomasi terminal petikemas merupakan tingkatan terminal petikemas dalam menerapkan otomasi. Berdasarkan (UNCTAD, 2018), terdapat dua tingkatan otomasi, yaitu semi-otomatis dan otomatis total. Yang membedakan keduanya adalah jenis alat yang diotomasikan dan konfigurasinya. Untuk mempermudah, perhatikan Gambar 2.2.

Berdasarkan (UNCTAD, 2018), menyatakan bahwa terminal petikemas semi-otomatis adalah terminal petikemas yang menerapkan otomasi pada alat yang digunakan pada proses bongkar-muat. Terminal petikemas semi-otomatis menerapkan otomasi pada *Yard Crane* (YC) seperti yang ditunjukan pada Gambar 2.2 dengan keterangan konfigurasi semi-otomatis #1 atau *Horizontal Transport* (HT) ditunjukan pada keterangan konfigurasi semi-otomatis #2.



Gambar 2. 2 Operasi Terminal Petikemas Otomatis
Sumber: Günther & Kim (2006)

Terminal petikemas otomatis total adalah terminal petikemas yang menerapkan otomasi pada dua atau seluruh peralatan bongkar muat. Berdasarkan (UNCTAD, 2018), tomasi yang diterapkan pada terminal petikemas otomatis total adalah YC dan HT. Namun,dengan adanya pengembangan pada peralatan di dermaga yaitu *Quay Crane* (QC), menjadikan QC salah satu komponen yang diotomasikan pada terminal petikemas otomatis total. Penjelasan terkait alat-alat bongkar-muat yang telah diotomasikan tertulis pada poin-poin berikut.

a. *Automated Rail Mounted Gantry Crane* (ARMG)

Automated Rail Mounted Gantry Crane (ARMG) merupakan hasil dari pengembangan otomasi dari RMG. Sehingga ARMG ini juga dapat disebut sebagai *Automated Stacking Crane*. Sama seperti RMG, ARMG beroperasi pada sebuah rel permanen yang terpasang pada lapangan penumpukan. ARMG telah banyak digunakan diberbagai terminal yang telah terkembangkan menjadi otomasi, salah satunya di Terminal Teluk Lamong yang berlokasi di Surabaya. Dikarenakan tidak adanya ruang kendali operasi *crane* pada struktur *crane*, hal ini menjadikan *crane* tidak membutuhkan tenaga manusia *on-site* karena operasi *crane* telah dioperasikan secara otomatis.

ARMG dikendalikan secara *remote* di ruang operator. Dengan otomasi, kebanyakan siklus *crane* diatur secara robotis dan tugas utama dari pengatur operator *crane* adalah untuk memantau proses dan mengambil alih hanya pada saat dibutuhkan (PEMA, 2012). Dalam operasinya, ARMG tidak membutuhkan operator yang langsung mengarahkan pergeraknnya. Sehingga berdasarkan analisis dari (PEMA, 2012) memaparkan fitur pada ARMG yang dilengkapi dengan :

- Sensor laser / Teknologi Infrared (IR)
- Teknologi lanjut dari kamera

- Sensor navigasi
- Proses kontrol yang baik
- *Crane management information*, yang memberikan laporan secara berkala mengenai status ARMG.

b. *Automated Rubber Tyred Gantry Crane* (ARTG)

Perkembangan otomasi pada ARTG menghasilkan jenis *crane* baru yang dinamakan dengan ARTG. Secara fungsi, ARTG tidak ada perbedaan dengan RTG manual. Namun, secara teknis ARTG telah terpasang fitur-fitur yang memberikan produktivitas kerja lebih konsisten. Fitur-fitur yang terpasang pada ARTG dalam menunjang teknis operasi, dipaparkan hasil analisis (PEMA, 2012) anatara lain :

- Kemudi otomatis
- Anti-goyang
- Pencegahan tubrukan
- Penempatan truk
- *Position Detection System* (PDS)

c. *Automated Guided Vehicle* (AGV)

AGV adalah transportasi yang digunakan didalam terminal petikemas, yang fungsinya sama dengan dengan truk konvensional yaitu memindahkan petikemas dari dermaga hingga ke lapangan penumpukan. AGV ini bekerja dengan bantuan sistem komputer dan *software*. AGV telah mengalami banyak perkembangan dalam segi operasi, berdasakan analisis (PEMA, 2012), AShC telah dilengkapi dengan berbagai fitur agar dapat melakukan penanganan petikemas tanpa awak. Fitur tersebut antara lain:

- *Global Positioning System* (GPS) satelit
- *Local radio-positioning*
- *Laser-based positioning*
- *Camera-based positioning*
- *Milimietre-wave-radar positioning*

d. *Automated Straddle Carrier* (AShC)

AShC adalah penerapan otomasi dari SC. Fungsi dari AShC sama seperti SC, memindahkan serta mengangkat petikemas. Operasi dari AShC memberikan keuntungan dibandingkan SC, salah satunya ada produktivitas yang lebih tinggi. Dengan penerapan otomasi, AShC tidak membutuhkan manusia sebagai operator. Sehingga, AShC dapat bekerja 24 jam tanpa henti dengan resiko kecelakaan yang lebih rendah juga. Secara umum fitur pada AShC menyerupai dengan AGV, yang membedakan adalah AShC yang mampu melakukan *lifting* sehingga dapat disebut juga dengan *non-passive* transportasi.

e. *Automated Quay Crane* (AQC)

QC menjadi salah satu peralatan yang menentukan lamanya *service time* kapal pada dermaga dan juga menentukan produktivitas terminal petikemas. Kecepatan operasi QC menjadi salah satu aspek yang perlu di optimalkan untuk meningkatkan produktivitas

dan juga *service time*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan melakukan otomasi pada *crane*. QC yang telah dilakukan pengembangan otomasi memilki fitur-fitur seperti:

- Anti-sway Systems
- Automatic Positioning Systems
- Smart Spreaders

2.2.2 Urutan Otomasi Terminal Petikemas

Dalam menerapkan otomasi pada terminal petikemas, terdapat urutan yang direkomendasikan untuk dilakukan oleh terminal petikemas. Berdasarkan (Soberón, *et al*. 2014), dalam melakukan penerapan otomasi disarankan untuk tidak mengacu pada tingkatan otomasi terminal petikemas. Pemilihan apakan terminal petikemas konvensional dijadikan terminal petikemas semi-otomatis atau otomatis total bukanlah acuan utama dalam urutan penerapan. Melainkan, mengacu pada urutan penerapan yang didapatkan melalui tahapan yang sistematis dengan mempertimbangkan berbagai aspek sehingga penerapan otomasi dapat sesuai dengan kebutuhan operasi terminal petikemas. Dalam tulisan (Soberón, *et al*. 2014), menyatakan bahwa terdapat lima tahapan dalam penerapan otomasi yang dimulai dari diagnosis, studi teknologi, peracangan operasi, pemilihan solusi optimal dan implementasi proyek.

Melalui urutan ini akan mempermudah terminal petikemas proyek *greenfield* atau *brownfield* untuk menjadikan terminal petikemas menjadi semi-otomatis atau otomatis total. Berdasarkan tren yang ditunjukan Alho pada ANESCO *Automation Conference* 2019, telah banyak proyek *greenfield* langsung menerapkan otomatis total, salah satu contoh penerapan otomatis total pada proyek *greenfield* adalah *Victoria Intenational Container Terminal* (VICT) atau *Qingdao New Qianwan Container Terminal* (QQCTN). Tren tersebut juga menunjukan bahwa proyek *brownfield* yang merubah terminal petikemas konvensional menjadi semi-otomatis atau otomatis total mendominasi jumlah peningkatan penerapan otomasi terminal petikemas.

2.2.3 Tingkatan Otomasi Sistem Kontrol Alat

Sama halnya dengan tingkatan otomasi terminal petikemas, pada tingkatan otomasi alat terdapat dua tingkatan yaitu semi-otomatis dan otomatis total. Yang membedakan dari keduanya adalah pengoperasian dari alat tersebut. Pada alat semi-otomatis, keterlibatan pekerja/operator dalam melakukan pengecekan dan kontrol mekanisme untuk memastikan performa dan kesalamatan masih dibutuhkan (Heilig *et al*, 2017). Dalam hal ini, pekerja/operator terlibat pada proses-proses tertentu. Seperti contohnya pada RTG, dalam alat semi-otomatis pada proses *gantrying* atau *trolley* proses telah dapat dilakukan secara otomatis. Namun, pada proses *stacking* digerakan oleh pekerja/operator. Pada alat otomatis total, seluruh proses pekerjaan telah otomatis. Keterlibatan pekerja/operator hanya mengawasi proses-proses tersebut di *control room* (Zrnic and Bošnjak, 2005). Perbedaan lain antara alat semi-otomatis dan otomatis total adalah pada fitur. Semakin tinggi tingkatan otomasi (otomatis total) maka fitur yang ditambahkan akan semakin banyak.

2.2.4 Urutan Otomasi Sistem Kontrol Alat

Otomasi pada sistem kontrol alat memiliki urutan yang sistematis. Urutan ini menunjukan kondisi sekitar terhadap alat. Untuk mencapai pada kontrol tingkat otomatis total, alat tersebut perlu melewati tahapan-tahapan otomasi. Secara umum, tahapan otomasi pada alat adalah tingkat konvensional yang dimana alat masih digerakan secara manual oleh pekerja/operator dan perfoma alat bergantung pada kemampuan pekerja/operator. Kemudian semi-otomatis, alat mulai dilengkapi dengan fitur-fitur seperti sensor ataupun kamera. Pada tahapan semi-otomatis, keterlibatan pekerja/operator masih ada. Tahapan terkahir adalah dan otomatis total. Pada tahap otomatis total, alat dilengkapi dengan fitur-fitur yang lebih canggih sehingga keterlibatan pekerja/operator sudah tidak dibutuhkan.

2.3 Perbedaan Tingkatan Otomasi

Dengan berkembangnya zaman, kini terminal petikemas dapat dibagi menjadi tiga tingkatan otomasi, yaitu terminal petikemas konvensional, terminal petikemas semi-otomatis dan terminal petikemas otomatis total. Setiap tingkatan memiliki operasi yang beragam. Terdapat beberapa aspek yang membedakan terminal petikemas konvensional, semi-otomatis dan otomatis total. Hasil perbedaan tersebut dapat ditinjau pada Tabel 2.2. Berdasarkan tabel, terdapat empat aspek yang membedakan antara terminal petikemas konensional, semi-otomatis dan juga otomatis total. Aspek tersebut adalah teknis, operasional, non-operasional dan juga kemungkinan gangguan terjadi.

Pada aspek teknis, kriteria perbandingan yang dilakukan dengan meninjau teknis pada lini satu, lini dua dan lini tiga. Pada lini satu, hal yang ditinjau adalah bagaimana kerja dari alat pada dermaga yaitu QC dengan tranportasi horizontal (HT). Pada terminal petikemas konvensional, produktivitas dari alat bergantung pada operator. Kecepatan dan ketepatan penumpukan dipengaruhi oleh kondisi dan juga kemampuan dari operator. Pada terminal petikemas semi-otomatis dan otomatis total, AQC telah dilengkapi dengan fitur-fitur seperti *positioning sytem, skew system, measurement system* yang mampu melakukan penumpukan petikemas pada truk dengan tepat.

Pada sistem lini dua, perbandingan meninjau teknis transportasi horizontal dan alat pada lapangan penumpukan yaitu YC. Pada terminal petikemas konvensional, YC tidak dilengkapi dengan fitur sensor atau kamera, pergerakan pun bergantung pada operator. Sehingga produktivitas yang dihasilkan mengikuti kemampuan dari operator. Pada terminal petikemas semi-otomatis, YC sudah di modifikasi menjadi *Automated* YC (AYC) dengan dilengkapi fitur sensor dan kamera tetapi truk masih konvensional. Berdasarkan (Saanen, 2003) perpaduan ini justru mengurangi produktivitas dari terminal petikemas. Berbeda dengan terminal petikemas otomatis total, truk sudah dimodifikasi menjadi AGV atau ALV.

Lini tiga pada terminal petikemas adalah gerbang atau *gate* terminal petikemas. Terminal petikemas masih menugaskan sistem *gate* manual, proses identifikasi dan dokumentasi sepenuhnya dilakukan oleh manusia. Apabila terjadi kesalahan identifikasi tentunya berakibat pada penundaan pengiriman dan penambahan biaya (Cherng Lirn, 2013). *Gate* manual dimodifikasi dengan *Optical-Character-Recognition* (OCR) .

Tabel 2. 2 Perbedaan Tingkat Otomasi Terminal Petikemas

Variabel Perbandingan	**Konvensional**	**Semi-otomatis**	**Otomatis total**
I. Teknik			
Sistem lini satu	- QC tidak terpasang *positiong system*, sehingga kecepatan dan ketepatan dalam aktivitas bongkar-muat pada lini satu ditentukan oleh kemampuan operator	- Penggunaan *skew control system* dan *position control* membantu dalam muat petikemas pada posisi yang diinginkan di truk konvesional.	- Penerapan *positioning* dan *measurement system* yang dikombinasikan *skew control* dan *position control*, mampu meningkatkan siklus dan meminimalisir waktu terbuang karena posisi AGV yang salah.
Sistem lini dua	- Kecepatan dan ketepatan penumpukan pada lapangan atau bongkar-muat dari truk bergantung pada kondisi dan kemampuan pekerja.	- Sinkronasi alat antara alat otomatis dan alat konvensional - Penerapan kombinasi manual YC dan AGV tidak dipandang fleksibel atau produktif	- YC otomatis dilengkapi dengan kamera dan sensor, kontroller dan sistem informasi. Apabila dikombinasikan dengan AGV. Hal ini lebih cepat dan *remote control* hanya digunakan untuk "penanganan tidak terduga"
Sistem lini tiga	- Dokumentasi dan identifikasi nomor seri pada petikemas dilakukan secara manual oleh inspektur petikemas.	- Penggunaan *optical-character-recognition* pada *gate* untuk metode identifikasi dengan visual pada petikemas. - Pada *gate* OCR digunakan untuk mengetahui kondisi segel atau kerusakan dari petikemas - Biaya awal pembelian OCR tinggi - Biaya komponen *sticker* OCR murah	- Penerapan *Radio Frequency Identification* (RFID) dengan untuk meningkatkan produktivitas *gate* yang lebih cepat dengan *wireless* - RFID digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dan aktivitas dari petikemas/cargo, external transportasi - Biaya *tag* RFID lebih mahal dibandingkan OCR - Jarak RFID *tracking* mampu mencapai hampir satu kilometer

II. Operasi			
Sistem kendali	- Kendali alat sepenuhnya oleh operator (manusia)	- Kendali operator dibutuhkan saat *crane* otomatis melakukan bongkar-muat pada transportasi darat manual	- Penggunaan alat dan transportasi otomatis dikontrol oleh komputer dengan kombinasi kerja robotik dan remot
Daya listrik	- Alat masih menggunakan bahan bakar minyak	- Penerapan otomatik membuat alat menggunakan sumber daya dari listrik	- Penerapan otomatik membuat alat menggunakan sumber daya dari listrik
Keselamatan	- Keselamatan sepenuhnya ditentukan dari perilaku operator	- Mengurangi timbulnya jumlah kecelakaan dengan adanya standarisasi operasi sambil meminimalkan pentingnya kemampuan profesional operator.	- Meningkatkan keselamatan dengan mengurangi kesalahan manusia dalam operasi, mengurangi potensi kecelakaan dengan menghilangkan jarak antara manusia dengan alat berat.
Lingkungan	- Berdampak dalam meningkatkan polusi dari hasil pembakaran bahan bakak minyak dan kebisingan operasi	- Penggunaan sumber daya elektrik, yang dimana mengurangi emisi dan kebisingan dengan menerapkan beberapa alat bongkar muat.	- Penggunaan sumber daya elektrik, yang dimana mengurangi emisi dan kebisingan dengan penerapan pada alat bongkar muat, interkoneksi quay dan yard dan gate
Kebutuhan internet	- Tidak membutuhkan internet untuk operasi bongkar-muat	Dibutuhkan internet dengan koneksi yang baik untuk: - *Remote controlled* pada YC - *Remote controlled* pada QC	Dibutuhkan internet dengan koneksi yang baik untuk: - Teknologi kamera dan *optical-character recognition* pada *gate* - Sistem AGV yang memberikan kebebasan jarak - *Remote controlled* pada YC - *Remote controlled* pada QC
III. Non-operasional			

Sosial	- Terdapat banyak lapangan pekerjaan tersedia untuk menangani operasi bongkar-muat pada terminal petikemas.	- Memfasilitasi pengembangan fungsi dari operator lebih efisien atau aman untuk fitur baru dari teknlogi - Pengurangan pekerja mencapai 50% - Menyebabkan pengurangan pekerja	- Pengurangan pekerjaan yang mengakibatkan timbulnya konflik dengan tenaga kerja pelabuhan - Pengurangan pekerja mencapai 90% - Membutuhkan tim yang mampu mempersiapkan otomasi - Terminal petikemas perlu untuk mempersiapkan berbagai macam pelatihan
Ekonomis	- Tidak membutuhkan biaya besar untuk membeli peralatan alat manual	- Membutuhkan biaya untuk kebutuhan solusi (alat dan infrastruktur) dan pengebangan operator	- Otomasi membutuhkan biaya awal yang besar untuk STS, operasi yard, transportasi darat dan otomasi *gat* - Rendahnya pengembalian investasi
Layout	- Umumnya menggunakan *layout* parallel	- Semi-otomasi dengan alat AQC atau AYC dapat diterapkan pada *layout* parallel	- Penerapan otomatis total diterapkan pada *layout* bentuk *perpendicular* - Terminal petikemas harus melakukan investigasi terhadap infrastruktur dan kondisi keseluruhan untuk menentukan penerapan otomasi
IV. Kegagalan			
Kegagalan operasi akibat faktor internal	- Tabrakan truk akibat kelalaian pengemudi	- Pasifnya umpan balik fungsi peralatan pada sistem yang mengabaikan adanya kerusakan kecil yang mungkin memicu berhentinya operasi	- Gangguan pada transportasi otomasi seperti AGV atau ALV disebabkan beroperasi tidak sesuai dengan rencana awal. Hal ini

		- Penggunaan *remoted quay crane* dapat menagalami “out of service” dalam oeprasi - Sopir truk dan operator mungkin akan beroperasi tidak sesuai dengan ekspektasi	menyebabkan kegagalan mekanis dan kegagalan *software* - Kegagalan AGV mampu menyebabkan kemacetan - Otomasi merupakan proses integrasi sistem *end-to-end*, satu kerusakan pada sistem akan mempengaruhi keseluruh sistem
Kegagalan operasi akibat faktor eksternal	- Kapal menubruk dermaga atau *crane*	- Dalam mengubah YC menjadi otomatis, perlu dipastikan adanya penyedia listrik yang mampu mencukupi kebutuhan daya listrik YC	- Terminal petikemas otomatis perlu untuk menjamin adanya penyedia listrik dan internet (*third-pary provider*) yang baik

Kerja identifikasi dari OCR menggunakan bantuan visual dari kamera (Vapstasarov, 2008). Dalam penerapan OCR, terminal petikemas membutuhkan biaya awal yang cukup besar dengan kisaran harga 400 – 500 dollar amerika (Cherng Lirn, 2013). Modifikasi dari *gate* berlanjut hingga pada penerapan *Radio Frequency Identification* (RFID). Kerja identifikasi RFID menggunakan komponen yang dinamakan dengan *tag*. Kelebihan dari RFID mampu melakukan identifikasi petikemas dengan cepat dan dengan jarak kurang lebih 1 kilometer (PEMA, 2011). Namun, penerapan RFID memiliki kekurangan dengan biaya komponen tiap *tag* yang mahal (Cherng Lirn, 2013).

Aspek selanjutnya adalah operasi. Kriteria pada aspek ini terdiri dari sistem kendali, daya listrik, keselamatan, lingkungan dan kebutuhan internet. Pada kriteria sistem kendali, perbedaan cukup signifikan pada tiap urutan otomasi terminal petikemas. Sangat jelas pada terminal konvensional operator sangat dibutuhkan pada saat operasi bongkar-muat, semakin meningkatnya tingkatan otomasi pada terminal petikemas keterlibatan operator semakin menghilang. Berdasarkan (PEMA, 2012), operator masih dibutuhkan pada saat operasi bongkar atau muat petikemas dari truk. Sedangkan pada terminal petikemas otomatis total, seluruhnya dikerjakan secara otomatis. Keterlibatan operator hanya untuk mengawasi dan melakukan kontroling apabila adanya operasi tidak terduga (PEMA, 2012).

Berdasarkan (Soberón, *et al*., 2014) alat otomatis dimodifikasi menjadi sistem elektrik. Dampak dari modifikasi ini, terminal petikemas perlu untuk menyiapkan daya listrik untuk memenuhi kebutuhan alat otomatis. Semakin tinggi tingkatan otomasi maka daya listrik yang dibutuhkan pun semakin banyak. Apek selanjutnya yaitu keselamatan, (PEMA, 2012) menuliskan bahwa otomasi mampu meningkatkan keselamatan dengan mengurangi keterlibatan manusia pada operasi. Hal ini menyatakan bahwa pada terminal petikemas semi-otomatis, angka kecelakaan akan tereduksi. Pereduksian angka kecelakaan akan lebih baik pada terminal petikemas otomatis total dengan tidak adanya keterlibatan manusia pada operasi.

Dampak lain dari alat dengan sistem listrik adalah pengurangan polusi dan kebisingan (Soberón, *et al*. 2014). Alat dengan sistem listrik akan mengganti penggunaan bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan polusi di udara. Meninjau hal tersebut, dapat disimpulkan pada terminal petikemas konvensional dengan seluruh alatnya masih manual, berpotensi memberikan efek polusi dan kebisingan yang tinggi. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa sistem kendali pada terminal petikemas semi-otomatis atau otomatis dilakukan secara otomatis atau remot. Kontroling alat dilakukan secara terpusat di *control room*. Mengenai hal tersebut, (PEMA, 2019) menyatakan bahwa untuk proses *transfer* data dan komunikasi membutuhkan internet yang stabil. Sehingga, pada terminal petikemas semi-otomatis dan otomatis total internet merupakan sebuah kebutuhan. Sedangkan pada terminal petikemas konvensional internet tidak dibutuhkan.

Aspek non-operasional menjelaskan perbedaan pada kriteria sosial, ekonomis dan *layout*. Kriteria sosial menunjukan pengaruh tingkatan otomasi terminal petikemas pada tenaga kerja di terminal petikemas. Terminal petikemas banyak memberikan lapangan pekerjaan bagi tenaga kerja. Namun, dengan adanya penerapan otomasi, kebutuhan tenaga kerja semakin berkurang. Berdasarkan laporan yang diterbitkan oleh (Prism,

2019), penerapan terminal petikemas semi-otomatis mengurangi kebutuhan tenaga kerja hingga 50%. Pengurangan semakin besar pada penerapan otomatis total, dengan jumlah pengurangan sebesar 90%. Hal ini memberikan keuntungan pada terminal petikemas dengan mengurangi biaya operasional untuk kebutuhan tenaga kerja, namun merupakan suatu kerugian terhadap sosial dikarenakan lapangan pekerjaan semakin terbatas. Kriteria lain adalah ekonomis pada aspek non-operasional adalah ekonomis. Penerapan otomasi membutuhkan investasi yang besar untuk kebutuhan pembelian alat, pembuatan infrastruktur dan juga pelatihan tenaga kerja (Soberón, *et al*. 2014). Selain itu, pengembalian investasi pada penerapan otomasi terkhususnya otomatis total justru mengakibatkan pengembalian investasi yang menurun 1% dibandingkan industri pada umumnya (Chu, *et al.*, 2018). Berbeda dengan terminal petikemas konvensional, yang tidak membutuhkan investasi besar untuk operasinya. Pada aspek ini, *layout* menjadi salah satu kriteria perbandingan. Terdapat dua jenis *layout* pada terminal petikemas, terdapat *layout* paralel dan juga *perpendicular*. Berdasarkan (Wang, *et al.*, 2017). Umumnya *layout* paralel digunakan pada terminal petikemas konvensional dan semi-otomatis. Sedangkan *layout perpendicular* umumnya digunakan untuk terminal petikemas otomatis total.

Aspek terakhir pada perbandingan adalah kegagalan operasi akibat faktor internal dan kegagalan operasi akibat faktor eksternal. Pada faktor internal, kegalalan disebabkan oleh entitas internal terminal petikemas. Contoh kegagalan yang mungkin terjadi pada terminal petikemas konvensional adalah tabrakan truk akibat kelalaian (Sunaryo, 2014). Pada terminal petikemas semi-otomatis, kegagalan yang mungkin terjadi akibat entitas internal terkait sopir truk dan operator yang beroperasi tidak sesuai dengan ekspektasi (PEMA, 2012), kemungkinan adanya *out of service* dalam operasi *remote-controlled* QC (Valentina, 2015) dan alat otomatis kurang memberikan kondisi alat secara akurat sehingga mengabaikan kerusakan minor yang justru memicu adanya kegagalan sistem (Rademaker, 2007). Sedangkan pada terminal petikemas otomatis total, kegagalan yang mungkin terjadi adalah adanya disrupsi operasi akibat rusaknya satu sistem yang mengakibatkan berhentinya keseluruhan sistem (chu, *et al.*, 2018), berhentinya operasi AGV atau ALV akibat operasinya tidak sesuai dengan yang direncanakan (Saanen, 2003).

Kegagalan operasi yang diakibatkan oleh entitas eksternal adalah adanya kapal yang menubruk dermaga atau *crane* (Sunaryo, 2014) atau penyedia listrik tidak mampu mengatasi kebutuhan alat otomatis sehingga mengakibatkan berhentinya operasi. Untuk menanggulangi kegagalan berhentinya operasi aikbat listrik atau internet yang tidak memadaik, terminal petikemas semi-otomatis dan otomatis total perlu untuk memastikan adanya penyedia listrik dan internet sesuai dengan kebutuhan (Chu, *et al.*, 2018).

2.4 Otomasi Pada Terminal *Greendfield*

Pengembangan otomasi pada terminal petikemas dapat dilakukan melalui proyek *Greenfield*. Pada proyek ini, penerapan otomasi dilakukan pada terminal petikemas baru (Soberón, *et al*. 2014). Berdasarkan hasil analisis dari Poot, sebagai *Port Consultants Rotterdam* menyatakan bahwa terdapat dua aspek penting yang perlu dipehatikan sebelum melakukan proyek *greenfield*. Dua aspek tersebut dijelaskan pada poin-poin berikut:

a. Kondisi lokasi

Kondisi lokasi yang akan dibangun perlu untuk dilakukan survey lapangan, terdapat 7 survey yang dilakukan. Survey tersebut diantaranya adalah:

- Survey bathymetric / survey *side-scan sonar*
- Survey topografis
- Survey *meteorological*
- Suver oceanografis dan hidrolis
- Analisis kandungan air
- Studi dampak lingan dan sosial

b. Kondisi pasar

Kondisi pasar menjadi salah satu apek yang esensial. Pada aspek ini, perlu adanya analisis mengenai kondisi pasar di daerah terminal yang akan bangun nantinya. Perlu diketahui *demand* dan *supply* terhadap bisnis yang akan dijalankan nantinya.

2.5 Otomasi Pada Terminal *Brownfield*

Selain pengembangan dari awal atau yang dinamakan sebagai *greenfield*, pengembangan Terminal Petikemas dapat dikembangkan dari terminal yang sedang beroperasi (Soberón, *et al*. 2014). *Brownfield* dalam pengembangan Terminal Petikemas juga disebut dengan *Retrofit*. Dalam melakukan pembangunannya, *brownfield* terminal mengembangkan alat penunjang dalam operasi terminal. Pada Terminal Petikemas, *brownfield* terminal otomasi sekarang ini menjadi sasaran.

Pengembangan otomasi *brownfield* memberikan beberapa keuntungan seperti menghembat biaya operasional dan *maintenance*, meningkatkan efesiensi dan ketersediaan alat pada terminal petikemas, meningkatkan keselamatan, mengurangi pencemaran udara dan kebisingan, dan meningkatkan kapasitas (PEMA, 2019). Hal tersebut yang menjadikan banyaknya terminal petikemas mulai melakukan pengembangan otomasi pada *brownfield*, dari total terminal petikemas yang menerapakan pengembangan otomasi sekitar 50% adalah pengembangan otomasi brownfield. Trend tersebut didapatkan berdasarkan hasil dari konferensi otomasi ANESCO yang disampaikan oleh Alho pada tahun 2019.

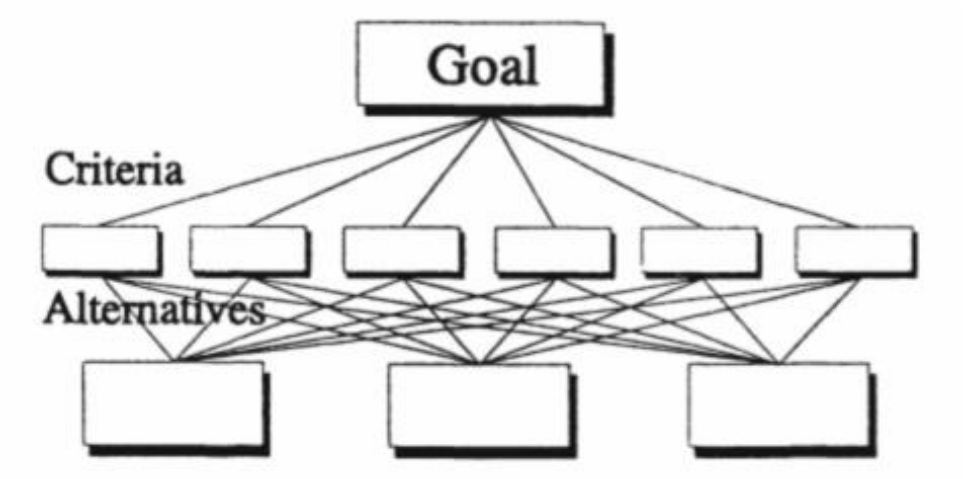
Disamping keuntungan yang didapatkan dari proyek *brownfield* pada Terminal Petikemas, nampaknya pengembangan otomasi pada *brownfield* lebih rumit karena isu mengenai kesesuaian terhadap aktivitas dan juga hambatan dalam perubahan (Soberón, *et al*. 2014). Hal tersebut juga dikemukakaan oleh (PEMA, 2019) pada *information paper* yang dipublis pada lamannya, menyatakan bahwa tantangan dari proyek *brownfield* ini akan berdampak pada operasi yang akan terdisrupsi. Tantangan lainnya adalah terkait *layout* dari terminal petikemas yang dapat menyulitkan untuk pengembangan otomasi. Solusi dari masalah tersebut adalah implementasi dari *layout* baru dan aktivitas proses kerja baru. Tentunya hal ini membutuhkan penyesuaian kepada terminal petikemasnya dalan menjalankan proses operasinya.

Selain tantangan yang berkaitan dengan proses operasi terminal petikemas, terminal petikemas juga akan menghadapi tantangan mengenai isu tenaga kerja.

Penerapan otomasi ini akan membutuhkan kebutuhan kemampuan pekerja yang berbeda untuk menyesuaikan dengan otomatisasi pada alat (PEMA, 2019). Tantangan selanjutnya mengenai tenaga kerja adalah akan adanya pereduksian jumlah tenaga kerja. Produktivitas terminal otomatis akan sangat bergantung pada desain dan pengembangan pada *control software* (Heilig *et al*, 2017). Namun, tetap keterlibatan manusia masih diperlukan. Berdasarkan *draft* mengenai pengembangan otomasi pada terminal petikemas yang ditulis oleh *Port of Los Angeles*, menyatakan bahwa pereduksian tenaga kerja masih dapat dipertimbangan jumlahnya berdasarkan perjanjian antara serikat tenaga kerja dan pihak terminal petikemas.

2.6 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Dalam penyelesaian masalah dari MADM, banyak disajikan metode yang dapat digunakan untuk penyelesaiannya. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) , menjadi salah satu metode yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah MADM. AHP digunakan untuk menentukan skala rasio dengan membandingkan didalam struktur hirarki multi*level* (Saaty & Vargas, 2001). Konsep dasar pada AHP adalah dengan membandingkan alternatif – alternatif yang telah ditentukan untuk mencapai tujuan dengan memilki beberapa kriteria pada setiap alternatifnya. Dalam penerapan AHP. Dalam mempermudah untuk mempermudah melakukan proses AHP, maka dibentuk hierarki permasalahan. Dalam penyusunan hierarki, pertimbangkan masalah lingkungan sekitar, identikasi issu atau kriteria yang mungkin dapat berkontribusi dalam penyelesaian masalah, siapa saja partisipan yang berasosiasi terhadap masalah (Saaty & Vargas, 2001).



Gambar 2. 3 Hierarki AHP
Sumber: (Saaty dan Vargas, 2001)

Sesuai dengan nama metodenya, dalam menggunakan metode ini perlu untuk membuat hierarki permaslahan seperti yang ditunjukan pada Gambar 2.3. Hierarki ini untuk mempermudah dalam mencapai tujuan yang diinginkan. Terdapat tiga komponen dalam hierarki, yaitu alternatif, kriteria dan sub-kriteria. Tujuan akhir dalam analisa AHP

adalah ditentukannya satu dari beberapa alternatif yang ditentkan yang sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan diawal. Menurut Saaty & Vargas, 2012 , Analisa AHP memilki beberapa alasan kenapa analisa AHP adalah analisa yang cukup meyakinkan. Dijelaskan bahwa :

a. Analisa AHP sangat berfokus pada tujuan dalam penyelesaian masalah
b. Analisa AHP memberikan informasi mengenai permasalahan yang dikembangkan melalui struktur dari hubungan dan keterkaitan.
c. Mendapatkan informasi dari pengalaman orang lain terhadap hal-hal berdasarkan tingkat prioritas dari seberapa pengaruh dan dominan pada struktur.
d. Menghargai perbedaan opini yang mampu mengembangkan penyelesaian yang baik.

2.7 Analisis Kinerja

Terminal petikemas memiliki peran penting sebagai tempat yang digunakan untuk melayani kegiatan bongkar muat angkutan dari kapal/ke kapal. Untuk menjaga ketepatan waktu dan kepuasan, terdapat kinerja yang harus untuk dicapai untuk menjaga pelayanan terminal petikemas dalam kondisi yang baik. Berdasarkan hasil Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut, menyebutkan bahwa terdapat Sembilan indikator untuk mengukur kinerja terminal petikemas. Pada tulisan ini, terdapat tujuh kinerja yang dianalisis seperti yang tertulis pada poin-poin berikut:

a. Produktivitas kerja alat (B/C/H)
   Total petikemas yang terangkat oleh *crane* yang terukur setiap satu jam.
b. Waktu *berth* (*Berth Time*/BT)
   Total waktu kapal pada lokasi tambat untuk melakukan operasi bongkar muat.
c. Tingkat penggunaan dermaga (*Berth Occupancy Ratio*/BOR)
   Perbandingan antara penggunaan dermaga dengan waktu yang tersedia.
d. Produktivitas dermaga (B/S/H)
   Total bongkar dan muat petikemas pada satu kapal yang terukur setiap satu jam.
e. Tingkat penggunaan lapangan (*Yard Occupancy Ratio*/YOR)
   Perbandingan antara jumlah penggunaan lapangan penumpukan dengan lapangan penumpukan yang tersedia.
f. Arus lapangan penumpukan (*Yard Throughput*/YTP)
   Arus bongkar muat yang melewati lapangan penumpukan.
g. Waktu truk menangani petikemas (*Truck Round Time*/TRT)
   Durasi yang dihabiskan oleh truk untuk menangani petikemas pada operasi bongkar muat.

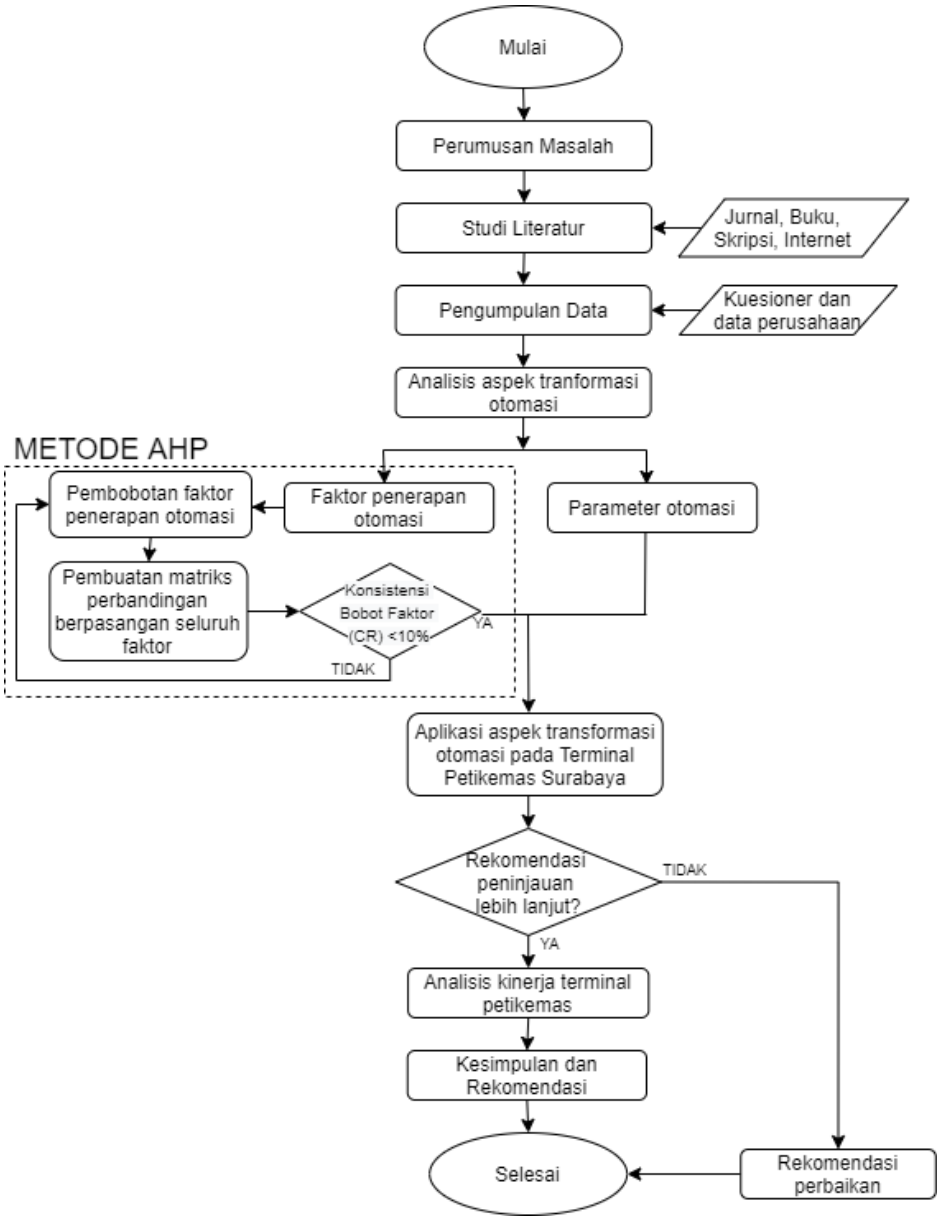
Indikator-indikator tersebut menjadi patokan terminal petikemas untuk mengukur bagaimana kinerja terminal petikemas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
PROSES PENELITIAN

3.1 Definisi Umum

Metodologi penelitian merupakan cara dalam melaksanakan penelitian yang dengan melalui tahapan-tahapan tertentu yang tersusun secara ilmiah. Pada proses penelitian juga dilakukan analisis serta menyimpulkan data sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah pengetahuan baru.



Gambar 3. 1 Diagram Proses Penelitian

Tujuan dari proses penelitian ini adalah untuk memberikan proses yang jelas dalam penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia dan juga penerapannya pada salah satu terminal petikemas di Indonesia. Berdasarkan Gambar 3.1, diketahui bahwa terdapat beberapa tahapan hingga dikatakan penelitian selesai. Untuk penjelasan tiap tahapannya, dijelaskan pada subbab berikut.

3.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terjadinya penelitian terkait analisis penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia, didapatkan rumusan masalah serta tujuan dari penelitian. Diketahui bahwa rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana aspek trasnformasi otomasi pada terminal petikemas di Indonesia, mengetahui bagaiamana penerapan otomasi pada salah satu terminal petikemas di Indonesia dan mengetahui bagaimana kinerja terminal petikemas dengan menerapkan otomasi. Subbab-subbab dibawah ini merupakah tahapan dalam menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian.

3.3 Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan studi literatur untuk membantu dalam menyelesaikan dari permasalahan yang sedang ditinjau. Studi literatur dilakukan pada jurnal, buku, hasil konferensi atau laporan tulis perusahaan mampu memberikan berbagai macam referensi sesuai dengan permasalahan yang ditinjau.

3.4 Pengumpulan Data

Setelah merumuskan masalah dan juga melakukan studi literatur sebagai pondasi teori terkait permasalahan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data untuk penyelesaian masalah tugas akhir. Pada tulisan ini, data dikumpulkan melalui dua cara:

1. Kuesioner

Cara pertama yang dilakukan dalam tugas akhir ini untuk memperoleh data dengan membuat dan menyebarkan kuesioner. Kuesioner akan dibagikan kepada responden dengan menggunakan metode *snowball*. Melalui satu responden yang memiliki pemahaman terkait topik terminal petikemas otomatis, akan menyebar kepada responden lainnya yang memiliki pemahaman serupa.

2. Pengajuan Data Perusahaan

Dengan keterbatasan kondisi, penulisan tugas akhir tidak melakukan observasi langsung pada lapangan. Sehingga, untuk menanggulangi hal tersebut perlu untuk melakukan pengajuan beberapa data operasional dari terminal petikemas yang terpilih sebagai lokasi penelitian. Data yang diajukan terkait operasi bongkar-muat pada terminal petikemas.

3.5 Analisis Aspek Transformasi Otomasi

Pada rumusan masalah pertama yaitu analisis aspek transformasi otomasi di Indonesia. Pada tahapan ini, penulis melakukan analisis pertimbangan-pertimbangan dalam penerapan otomasi. Aspek trasnformasi otomasi terdiri dari faktor penerapan otomasi dan juga parameter otomasi. Keluaran dari aspek transformasi otomasi digunakan sebagai acuan pada terminal petikemas, khususnya di Indonesia untuk menentukan tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan oleh terminal petikemas dan mengukur urgensi dalam penerapan otomasi berdasarkan tingkatan otomasi yang telah ditentukan sebelumnya.

3.6 Faktor Penerapan Otomasi

Penerapan otomasi pada terminal petikemas perlu meninjau kondisi terminal petikemas secara holistik. Pada tulisan ini, terdapat analisis terkait faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan otomasi. Faktor tersebut meninjau prospek dan juga kendala yang dihadapi oleh terminal petikemas. Faktor tersebut kemudian dibobotkan untuk mengetahui seberapa pengaruhnya terhadap penerapan otomasi pada terminal petikemas. Pembobotan ini mengguanakn metode AHP, pembobotan memiliki tahapan berikut:

3.6.1 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Penggunaan metode AHP pada tahap ini digunakan untuk melakukan pembobotan pada tiap-tiap faktor penerapan otomasi. Langkah dalam pembobotan kriteria tersebut tertulis sebagai berikut:

$$A = (a_{ij}) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Dimana a_{ij} adalah hasil perbandingan berpasangan antara dua kriteria, nilai tersebut didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \tag{3.1}$$

w = bobot yang diberikan pada kriteria i dan j

Hasil dari pembobotan tersebut diuji konsistensinya hasilnya. Untuk mendapatkan nilai dari konsistensi rasio, perlu didapatkan nilai dari (λ_{max}) , konsistensi index (CI) dan Random Index (RI). Apabila dirumuskan menjadi seperti berikut ini :

nilai λ_{max} didapat melalui persamaan berikut:

$$\lambda \max = \frac{Total\ bobot\ prioritas}{n\ kriteria} \tag{3.2}$$

Nilai CI, didapatkan menggunakan rumus berikut ini :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{3.3}$$

Dimana,
λ_{max} : nilai matriks eigen
n : jumlah alternatif

Nilai dari CI digunakan sebagai input dari nilai CR, sehingga nilai CR atau konsistensi dari hasil dapat ditentukan.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3.4}$$

Dimana,
CR : *Consistency Ratio* / Rasio Konsensitas
CI : *Consistency Index*/ Konsensitas Index
RI : *Random Index* untuk matriks berukuran 'n'

Tabel 3. 1 *Random Index*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: (Saaty, 1990)

Apabila dinyatakan konsisten, maka hasil dapat digunakan. Hasil dari perbandingan berpasangan akan menghasilkan bobot pada tiap faktor penerapan otomasi. Faktor tersebut nantinya digunakan untuk mengetahui faktor apa yang mempengaruhi penerapan otomasi. Selain itu, faktor ini juga dapat digunakan sebagai acuan terminal petikemas dalam menentukan jenis tingkatan transformasi otomasi pada terminal petikemas (semi-otomatis atau otomatis total).

3.7 Parameter Otomasi

Hasil studi literatur melalui buku, tulisan, skripsi dan juga internet akan membentuk beberapa parameter dalam menerapkan otomasi. Hasil parameter tersebut nantinya digunakan sebagai pedoman terminal petikemas untuk mengukur urgensi terminal petikemas dalam menerapkan otomasi.

3.8 Aplikasi Aspek Transformasi Otomasi pada Terminal Petikemas Surabaya

Hasil dari analisis terkait aspek transformasi kemudian diterapkan pada salah satu terminal petikemas di Indonesia. Keluaran pada tahapan ini adalah terminal petikemas dapat mengetahui tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan dan juga urgensi dalam penerapan otomasi, yang kemudian menghasilkan sebuah rekomendasi kepada terminal petikemas.

3.9 Rekomendasi Peninjauan Lebih Lanjut

Hasil dari penerapan pada salah satu terminal petikemas di Indonesia akan memberikan dua posibilitas hasil. Apabila hasil dari penerapan diketahui bahwa terminal petikemas di rekomendasikan untuk meninjau lebih lanjut terkait penerapan otomasi, maka terminal petikemas dalam melanjutkan analisisnya terkait analisis kinerja. Namun,

apabila hasil menyatakan bahwa terminal petikemas belum direkomendasikan untuk menerapkan otomasi, maka akan menuju ke tahapan rekomendasi perbaikan.

3.10 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan adalah tahapan apabila pada saat rekomendasi penerapan, terminal petikemas dinyakan belum direkomendasikan untuk menerapkan otomasi. Terminal petikemas tersebut akan diberikan rekomendasi-rekomendasi terkait apa saja yang harus dilakukan sehingga dapat direkomendasikan untuk penerapan otomasi.

3.11 Analisis Kinerja Terminal Petikemas

Analisis terkahir pada penelitian ini adalah analisis kinerja. Pada tahapan ini, kinerja terminal petikemas dengan menggunakan alat manual dibandingkan dengan kinerja terminal petikemas dengan menggunakan alat semi-otomatis dan otomatis total. Komponen kinerja yang dianalisis adalah:

a. Produktivitas alat (B/C/H)
b. *Berthing time* (BT)
c. *Berth Occupancy Ratio* (BOR)
d. Produktivitas dermaga (B/S/H)
e. *Yard Occupancy Ratio* (YOR)
f. *Yard Throughput* (YTP)
g. *Truck Round Time* (TRT)

Pada analisis kinerja juga dilakukan analisis terkait konfigurasi alat yang memiliki durasi penanganan satu petikemas yang paling cepat.

3.12 Kesimpulan dan Rekomendasi

Tahap akhir dari penulisan adalah dengan menyimpulkan hasil dari tulisan. Kemudian dari kesimpulan tersebut, diberikan rekomendasi-rekomendasi yang ditujukan kepada terminal petikemas ataupun peneliti selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISIS ASPEK TRANSFORMASI PENERAPAN OTOMASI

4.1 Definisi Umum

Dalam penerapan otomasi, terdapat beberapa aspek yang perlu ditinjau untuk mengetahui apakah otomasi memungkinkan untuk diterapkan. Berdasarkan (Nichol, 2015) menuliskan bahwa, kurang arus petikemas menjadi salah satu aspek yang mengakibatkan tidak suksesnya terminal petikemas dalam menerapkan otomasi. Adanya kondisi tersebut menjadi latar belakang untuk dilakukannya analisis terkait aspek transformasi untuk membantu terminal petikemas dalam mengukur urgensi otomasi untuk diterapakan, sehingga dapat menghindari gagalnya otomasi setelalah melakukan penerapan. Keluaran dari aspek transformasi ini, dapat menjadi dasaran terminal petikemas dalam mengetahui tingkat urgensi penerapan otomasi sesuai dengan tingkat otomasi yang berprospek untuk diterapkan. Tingkatan urgensi tersebut menentukan apakah terminal petikemas dapat direkomendasikan untuk meninjau otomasi lebih lanjut atau tidak.

4.2 Pengumpulan Data

Dalam tugas akhir ini, data didapatkan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif yang digunakan adalah dengan melakukan penyebaran kuesioner kepada beberapa orang ahli atau disebut juga sebagai *experts*. Proses penyebaran kuesioner menggunakan metode *snowball*. Dengan pertimbangan memilih metode tersebut dikarenakan topik yang kurang umum sehingga menyulitkan penulis dalam menentukan populasi yang pasti. Terdapat dua kuesioner yang disebarkan. Metode kuantitatif yang digunakan adalah metode *Analytical Hierarcy Process* (AHP).

Kuesioner dirancang dengan komponen pertanyaannya didapatkan dari poin-poin utama jurnal. Kuesioner tersebut dimuat dalam bentuk *online* pada *platform google form*. Kuesioner pertama untuk mengetahui faktor kendala terminal petikemas dalam transformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis dan lansgung atau dari semi-otomatis menjadi otomatis total. Terdapat enam *experts* yang berpartisipasi dalam pengisian kuesioner dengan latar belakang sebagai direktur utama salah satu terminal petikemas di Indonesia, sekretaris direksi dari terminal petikemas, *junior chief specialist* pada salah satu perusahaan pelabuhan di Indonesia, manajer operasional pada perusahaan bongar-muat dan pekerja pada salah satu perusahaan pelabuhan di Indonesia. Pada kuesioner dua, yaitu kuesioner pembobotan faktor penerapan otomasi dengan menggunakan metode AHP. Terdapat empat *experts* yang berpartisipasi dalam pengisian kuesioner dengan latar belakang tiap-tiap *experts* merupakan sekretaris direksi dari salah satu terminal petikemas yang telah menerapkan otomasi, *senior officer* pelayanan petikemas, *port officer*dan konsultan.

4.3 Faktor Penerapan Otomasi

Penerapan otomasi pada terminal petikemas didasari dengan adanya dorongan dari lingkungan internal dan eksternal terminal petikemas. Berdasarkan (Nichol, 2015), terdapat beberapa faktor yang menjadi dorongan terminal petikemas di Amerika Utara

untuk meninjau lebih lanjut terkait otomasi pada terminal petikemas. Faktor-faktor yang menjadi pendorong tersebut adalah kenaikan volume kapal, tingginya biaya pekerja dan permasalahan keselamatan, padatnya area terminal petikemas seiring meningkatnya volume kapal dan permasalahan terkait efesiensi energi, kekuatan kondisi alat dan pengurangan dampak pada lingkungan.

Adanya faktor ini, selain menjadi pendorong dalam penerapan otomasi juga sebagai penentu tingkatan otomasi yang dapat diterapkan oleh terminal petikemas. Seperti yang dituliskan oleh (J. Carlos, 2018), terdapat tiga faktor yang menjadi pengaruh dalam menentukan apakah otomasi dapat diterapkan dan tingkatan otomasi yang dapat diterapkan oleh terminal petikemas. Tiga faktor tersebut adalah arus petikemas, investasi awal dan biaya operasional. Dari penjelasan dua literasi tersebut menyatakan bahwa dalam menerapkan otomasi dan penentuan tingkatan otomasi yang dapat diterapkan, terminal petikemas perlu untuk mengetahui faktor-faktor yang memiliki pengaruh pada keputusan untuk menerapkan otomasi.

Faktor yang didapatkan pada literasi tidak dapat di generalisir oleh semua terminal petikemas. Pasalnya, setiap terminal petikemas memiliki kondisi yang berbeda-beda sesuai dengan lokasi terminal petikemas tersebut berada dan juga kondisi pasar di area terminal petikemas. Oleh karena itu, diperlukannya analisis terkait faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia. Analisis faktor ini meninjau dari prospek dan kendala yang dihadapi terminal petikemas di Indonesia. Dengan adanya faktor penerapan otomasi ini, terminal petikemas di Indonesia dapat mengetahui faktor apa yang sekiranya sangat mempengaruhi dalam penerapan otomasi serta dapat menjadi dasaran terminal petikemas khususnya di Indonesia dalam menentukan tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan.

4.3.1 Faktor Prospek Penerapan Otomasi

Pada subbab ini membahas terkait prospek atau kemungkinan terminal petikemas di Indonesia dalam menerapkan otomasi dengan meninjau faktor-faktor yang mendukung penerapan otomasi. Berdasarkan hasil literasi dan disesuaikan dengan kondisi di Indonesia, didapatkan bahwa terdapat empat faktor yang mendukung terminal petikemas di Indonesia dalam melakukan penerapan otomasi. Ke-empat faktor tersebut adalah:

- Semakin meningkatnya arus petikemas yang masuk ke Indonesia

Berdasarkan data dari DJPL tahun 2018, menuliskan data kadatangan kapal ke Indonesia pada tahun 2018. Dari sembilan jenis kapal yang terdata, kapal petikemas merupakan kapal yang paling banyak melakukan kunjungan dengan total 20.225 kunjungan. Hal tersebut memberikan pengaruh pada peningkatan arus petikemas yang masuk ke Indonesia. Berdasarkan ceicdata dan UNCTAD, menyatakan bahwa arus petikemas pada tahun 2008 yang masuk ke Indonesia berjumlah 7.404.831 dan terus mengalami kenaikan hingga tahun 2018 jumlah arus petikemas Indonesia berjumlah 12.853.000. Dalam waktu sepuluh tahun, arus petikemas Indonesia mengalami kenaikan yang hingga 5.448.169 TEU. Berdasarkan (J. Carlo, *et al.*, 2014) arus petikemas menjadi salah satu komponen yang ditinjau untuk menentukan tingkatan otomasi. Sehingga, dapat

diketahui bahwa semakin banyak arus petikemas, semakin memungkinkan otomasi untuk diterapkan.

- Semakin besarnya ukuran kapal petikemas yang masuk ke Indonesia

Berdasarkan laporan tahunan yang dikeluarkan oleh DJPL, pada tahun 2018 terdapat lebih dari 5.000 kapal yang memiliki GT lebih dari 10.000 berkunjung ke perairan Indonesia. Semakin besar kapal, jumlah petikemas yang diangkut pun semakin banyak. Terminal petikemas perlu mempercepat pekerjaan dalam bongkar-muatnya. Berdasarkan (Nichol, 2015), otomasi mampu mempercepat pelayanan bongkar-muat petikemas dengan jumlah yang banyak.

- Gencarnya implementasi *green port* di Indonesia

Penerapan *greenport* di Indonesia juga telah merujuk pada Peraturan Menteri Perhubungan (Menhub) No.51 Tahun 2015 pada Pasal 6 ayat 2.e yang menyebutkan bahwa pelabuhan memiliki tugas dan tanggung jawab untuk menjamin dan memelihara kelestarian lingkungan di pelabuhan. Dengan Indonesia mendukung adanya implementasi ini, terminal petikemas perlu untuk memulai mengikuti poin-poin *assesment* dari *green port*. Dengan menerapkan otomasi, pergerakan akan dikurangi seminimal mungkin sehingga energi yang digunakan lebih efisien, selain itu dengan otomasi alat digerakan dengan batrai sehingga mengurangi polusi udara dan kebisingan (Nichol, 2015).

- Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

Salah satu keutungan yang didapatkan dari otomasi adalah mengurangi biaya pekerja. Hal tersebut dikarenakan otomasi mengurangi pekerja sebagai penggerak alat di terminal petikemas (Nichol, 2015). Pengurangan biaya pekerja juga diikuti dengan tarif TKBM yang terus meningkat di beberapa pelabuhan di Indonesia seperti contohnya pada Tanjung Priok dan Tanjung Perak. Dengan otomasi, pekerja dan bantuan TKBM akan terkurangi, sehingga biaya operasional pun juga berkurang.

4.3.2 Faktor Kendala Penerapan Otomasi

Selain peninjauan prospek dalam penerapan otomasi di Indonesia, peninjauan kendala perlu juga dilakukan sebagai antitesis dari penerapan otomasi. Faktor ini didapatkan dengan meninjau hal apa yang membuat terminal petikemas untuk mempertimbangkan kembali dalam menerapkan otomasi. Pada tulisan ini, faktor kendala ditinjau dari aspek teknis, operasional dan non-operasional. Dengan melakukan studi literasi, terdapat masing-masing sepuluh faktor kendala terminal petikemas dalam bertransformasi menjadi semi-otomatis dan otomatis total. Faktor-faktor tersebut ditunjukan pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4. 1 Faktor Kendala Transformasi Semi-otomatis

Kode	Faktor kendala transformasi semi-otomatis
SO.1	Kombinasi antara alat otomatis dan manual tidak produktif

SO.2	Investasi awal yang besar untuk pembelian alat otomatis seperti *Yard Crane/Quay Crane/Automated Guided Vehicle*
SO.3	Instalasi *Optical-Character-Recognition* (OCR) pada *gate* yang membutuhkan biaya awal yang besar
SO.4	Pengurangan tenaga kerja mencapai 50%
SO.5	Biaya tambahan untuk pelatihan tenaga kerja dalam mengatasi alat otomatis
SO.6	Belum adanya penyedia listrik yang mampu menyuplai listrik untuk kebutuhan alat otomatis
SO.7	Koneksi internet belum stabil untuk kebutuhan operasi *remote controlled* pada *Yard Crane/Quay Crane*
SO.8	Sistem otomatis kurang memberikan kondisi alat secara akurat
SO.9	Kendala sinkronasi operasi antara manusia dan alat otomatis
SO.10	Gabungan operasi kerja manusia dan alat otomatis memicu permasalahan keselamatan

Tabel 4. 2 Faktor Kendala Transformasi Otomatis Total

Kode	**Faktor kendala transformasi otomatis total (*fully automated*)**
OT.1	Penerapan *Radio Frequency Identification* (RFID) pada *gate* untuk petikemas dan *external truck tracking*, membutuhkan biaya yang mahal pada setiap komponen *tag* yang terpasang pada truk dan petikemas
OT.2	Penyedia listrik dan koneksi internet belum mampu mengatasi kebutuhan seluruh alat otomatis
OT.3	Pengurangan banyak tenaga kerja memicu adanya konflik
OT.4	Investasi yang sangat besar untuk pembelian alat otomatis, pembuatan infrastruktur dan pelatihan pekerja
OT.5	Pengembalian investasi (*Return on Investment*) yang menurun
OT.6	Potensi pengurangan produktivitas akibat *Automated Guided/Lifting Vehicle* berhenti karena operasi tidak sesuai dengan yang telah direncakan (*pre-planning*)
OT.7	*Lay-out* dan lokasi terminal petikemas tidak mendukung penerapan teminal petikemas otomatis total
OT.8	Rumitnya pemeliharaan dan perbaikan alat otomatis
OT.9	Kekurangan dari Integrasi sistem keseluruhan alat yang berpotensi meningkatkan disrupsi apabila adanya satu sistem tidak bekerja
OT.10	Perencanaan operasi yang telah terstandarisasi dengan beberapa skenario, menyebabkan berkurangnya fleksibilitas operasi apabila terjadi skenario diluar perencanaan

Kedua tabel diatas menunjukan perbedaan kendala yang hadapi oleh terminal petikemas dalam bertransformasi menjadi semi-otomatis atau otomatis total. Sepuluh

faktor tersebut hanya mengacu pada literasi, sehingga relvansi kondisi dengan di Indonesia belum terbukti. Untuk mengetahui relevansinya dengan kondisi di Indonesia, faktor-faktor tersebut dimuat dalam bentuk kuesioner yang disebarkan kepada enam orang ahli (*experts*) terminal petikemas yang telah berpengalaman di bidang terminal petikemas dan otomasi terminal petikemas. Enam *experts* tersebut merupakan Direktur Utama dari salah satu terminal petikemas di Indonesia, Sekretaris direksi dari terminal petikemas di Indonesia yang telah menerapkan otomasi, *operation manager* dari perusahaan bongkar muat, *junior chief specialist* dan *port officer* dari perusahaan pelabuhan di Indonesia, dan akademisi di bidang bisnis maritim.

Pada kuesioner, *experts* diinstruksikan untuk melakukan pemeringkatan dari angka 1 – 10 terkait faktor kendala terminal petikemas di Indonesia bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis dan faktor kendala terminal petikemas di Indonesia bertransformasi langsung atau dari terminal petikemas semi-otomatis menjadi terminal petikemas otomatis total. Angka 1 – 10 menunjukan tingkat pengaruh tiap faktor, angka 1 menunjukan faktor kurang mempengaruhi dan angka 10 menunjukan bahwa faktor sangat mempengaruhi.

Hasil dari pemeringkatan tiap-tiap *experts*, kemudian tiap faktor di rata-rata secara geomatris. Hasil dari rata-rata angka pada tiap faktor akan menunjukan urutan faktor. Pada tulisan ini, diambil urutan satu hingga lima dengan alasan bahwa kelima faktor tersebut memiliki tingkat pengaruh yang tinggi pada kendala penerapan otomasi terminal petikemas.

Tabel 4. 3 Hasil Pemeringkatan Faktor Semi-otomatis

	SO.1	SO.2	SO.3	SO.4	SO.5	SO.6	SO.7	SO.8	SO.9	SO.10
R1	7	2	5	1	3	4	6	8	9	10
R2	5	3	6	8	1	4	10	7	2	9
R3	4	10	7	5	8	6	1	9	2	3
R4	5	10	9	8	0	4	7	1	6	3
R5	1	10	9	8	3	4	5	7	2	6
R6	1	6	2	3	5	9	7	4	8	10
Rata2	2,98	5,75	5,69	4,44	2,99	4,89	4,95	4,91	3,88	6,04
Urutan	10	2	3	7	9	6	4	5	8	1

Tabel 4.3 menunjukan hasil dari pemeringkatan seluruh *experts*. Berdasarkan hasil yang ditunjukan pada tabel, lima faktor yang sangat mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis secara berurutan adalah faktor dengan kode SO.10, SO.2, SO.3, SO.7 dan SO.8.

Tabel 4. 4 Hasil Pemeringkatan Faktor Otomatis Total

	OT.1	OT.2	OT.3	OT.4	OT.5	OT.6	OT.7	OT.8	OT.9	OT10
R1	8	10	4	3	7	5	2	9	6	1
R2	1	5	8	4	2	7	6	3	9	10
R3	1	2	4	10	5	3	9	8	6	7
R4	3	1	2	9	8	6	7	4	10	5
R5	6	3	8	10	9	7	4	2	1	5
R6	2	1	3	4	5	6	7	8	9	10

Rata2	2,57	2,59	4,28	5,92	5,42	5,46	5,26	4,89	5,55	5,09
Urutan	10	9	8	1	4	3	5	7	2	6

Pada Tabel 4.4 diketahui lima peringkat atas dari faktor kendala terminal petikemas di Indonesia transformasi langsung atau dari terminal petikemas semi-otomatis menjadi terminal petikemas otomatis total secara berurutan adalah OT.4, OT.9, OT.6, OT.5, dan OT.7. Hasil lima teratas kendala dalam penerapan terminal petikemas semi-otomatis atau otomatis total, kemudian disimpulkan sehingga dalam penerapan otomasi baik semi-otomatis atau otomatis total memiliki empat faktor kendala. Faktor tersebut dijelaskan pada poin-poin berikut:

- Biaya Investasi

Dengan otomasi, alat akan ditambah dengan berbagai macam fitur dan teknologi tingkat lanjut untuk dapat dioperasikan secara jarak jauh, atau tidak dioperasikan melainkan hanya diawasi. Penambahan fitur-fitur dan teknologi ini berpengaruh terhadap harga dari tiap unit alatnya. Semakin canggih alat maka harga unit pun akan semakin tinggi. Nampaknya, mahalnya alat menjadi salah satu faktor kendala terminal petikemas untuk bertrasnformasi mejadi terminal petikemas semi-otomatis.

Berdasarkan paparan dari KALMAR pada acara *Cargotec Capital Markets Day* tahun 2013, diketahui bahwa harga tiap unit dari YC tipe *Automated Stacking Cane* (ASC) mencapai 2,5 hingga 3,5 juta dollar. Berdasarkan (Carvalho, 2013), harga AGV per unitnya mencapai 500,000 dollar Amerika, dan berdasarkan (Zrnić, *et al.*, 2005) tidak tertuliskan harga dari AQC, namun diketahui bahwa harga tersebut mencapai 70% dari total biaya penerapan otomasi. Dengan harga per-unit tiap alat, tentunya biaya investasi menjadi salah satu pertimbangan dan merupakan faktor kendala dalam penerapan otomasi. Penerapan otomasi pada *gate* juga membutuhkan biaya awal yang besar, seperti *Optical-Character-Recognition* (OCR). Berdasaran (Lirn, 2013), biaya awal yang harus dikeluarkan oleh terminal petikemas sebesar 100,000 hingga 400,000 dollar Amerika. Sama halnya dengan penerapan *Rado Frequency Identification* (RFID). Walaupun harga awalnya tidak setinggi OCR, namun biaya operasionalnya dalam pembelian komponen identifikasinya (*tag*) memiliki harga yang tidak murah. Berdasarkan (Lirn, 2013), harga tiap *tag* RFID mencapai 200 dollar.

Selainnya mahalnya alat, (Soberón, *et al.* 2014) menuliskan biaya investasi yang perlu dipersiapkan oleh terminal petikemas juga digunakan untuk pembangunan infrastruktur pendukung otomasi dan juga biaya pelatihan untuk pekerja dalam menerapkan otomasi. Seperti yang tertulis pada (Orive, *et al.*, 2019), bahwa terminal petikemas perlu mempersiapkan investasi yang tinggi apabila dibandingan dengan alat-alat konvensional.

- Otomasi Memicu Permasalahan Baru

Dibalik dengan keuntungan yang ditawarkan oleh otomasi kepada terminal petikemas, otomasi juga dapat memicu permasalahan baru. Terdapat persamaan dan perbedaan yang dipicu dari penerapan semi-otomatis dan otomatis total. Persamaan masalah yang dipicu dari keduanya adalah alat otomatis memberikan kondisi alat yang

tidak akurat. Berdasarkan (Rademaker, 2007), alat otomatis cenderung kurang dapat membaca informasi-informasi terkait kondisi alat. Ia juga menuliskan bahwa sedikit getaran dan juga kebisingan terabaikan oleh alat otomatis.

Permasalahan yang berpotensi untuk muncul pada penerapan semi-otomatis adalah kendala sinkronisasi antara alat manual/manusia dan alat otomatis. Berdasarkan (PEMA, 2012), kerja supir truk dan/atau alat otomatis dapat berkerja tidak sesuai dengan ekspektasi. Argumen ini juga diperkuat pada tulisan (Saanen, 2003), menyatakan bahwa gabungan antara manusia dan alat otomatis berpotensi untuk mengurangi produktivitas. Permasalahan kendala sinkronisasinya juga berpengaruh pada aspek keselamatan. Berdasarkan (Rademaker, 2007), campuran operasi antara manusia dan alat otomatis menimbulkan permasalahan keselamatan. Hal ini disebabkan, alat otomatis hanya akan beroperasi sesuai dengan rancangan awalnya (*pre-planned*). Sehingga seluruh pergerakan sudah terprogram. Apabila terjadi kesalahan, *crane* tidak akan melakukan respon cepat untuk menghindari hal tersebut.

Dalam penerapan otomatis total, permasalahan baru yang mugkin muncul untuk dihadapi oleh terminal petikemas adalah berhentinya dan berkurangnya fleksibilitas operasi. Berdasarkan (Chu, *et al.*, (2018), integrasi sistem ini justru rentan terhadap berhentinya operasi. Dikarenakan seluruh sistem saling berhubungan satu sama lain, apabila terdapat satu alat atau sistem yang mengalami gangguan, akan berpengaruh kepada keseluruhan sistem. Integrasi sistem ini juga berpengaruh pada fleksibilitas operasi yang berkurang (Soberón, *et al*., 2014). Alat otomatis beroperasi dengan beberapa skenario. Pada saat alat menemui skenario yang tidak dalam perintahnya, alat tersebut akan berhenti dan mengakibatkan adanya berhenti operasi secara keseluruhan.

- Layout dan Kondisi Terminal Petikemas

Dengan menerapkan otomasi total, terminal petikemas perlu untuk melakukan observasi mendalam terkait infratsruktur dan menentukan kelayakan dalam otomasi pada lokasi tersebut (Nichol, 2015). Berdasarkan (P.Wang, *et al*, 2017), *layout* dari terminal petikemas sangat berdampak pada tingkatan otomasi yang dapat diterapkan. P.Wang *et al* juga menuliskan dalam analisisnya, bahwa terminal petikemas otomatis total memiliki tipe *layout* tegak lurus (*perpendicular*), Sedangkan tipe *layout* parallel umumnya diterapkan pada terminal petikemas konvensional atau semi-otomatis.

Selanjutnya, terminal petikemas perlu untuk memastikan bahwa infrastuktur pada dermaga atau lapangan dapat menahan beban seiring bertambah besarnya alat. Terminal petikemas juga perlu untuk mempertimbangkan sarat di dermaga dan sarat untuk menuju terminal petikemas. Sarat air pada area terminal petikemas harus mampu dilewati oleh kapal besar dengan sarat yang dalam. Aktivitas pengerukan (*dredging*) kemungkinan wajib untuk dilakukan untuk dapat mengakomodasi kapal dengan ukuran besar (Nichol, 2015).

- Kebutuhan Listrik dan Internet

Kebutuhan listrik dan internet menjadi salah satu aspek penting yang dibutuhkan dalam penerapan otomasi. Alat akan dimodifikasi sehingga menggunakan sistem elektrik (Soberón, *et al*., 2014). Adanya modifikasi tersebut menjadi terminal petikmeas perlu untuk memasok sumber daya listrik pada termial petikemas dalam jumlah besar. (PEMA,

2019), menuliskan bahwa sebelum menerapkan otomasi, terminal petikemas perlu untuk memastikan terlebih dahulu adanya penyedia listrik yang mampu mengatasi kebutuhan seluruh alat otomatis.

Selain modifikasi menjadi sistem elektrik, otomasi menjadikan operator melakukan pekerjaannya pada gedung kontrol terpusat atau biasa disebut dengan *control room*. Untuk merealisasikan hal tersebut, perlu adanya alat yang dapat menggantikan visual lansgung dari manusia yaitu kamera. Kamera akan terpasang dibeberapa titik *crane* sehingga operator dalam menggerakan sekaligus monitor *crane* dengan jelas. Dalam hal ini, internet dibutuhkan untuk memindahkan visual yang ditangkap oleh kamera kepada layar di *control room*. Pemindahan visual atau data ini harus secara langsung atau *real time* untuk melakukan kontrol alat dengan remot (PEMA, 2019). Kecepatan pemindahan ini bergantung pada koneksi dan stabilitas dari internet, umumnya terminal petikemas otomasi menggunakan sinyal 4G/LTE atau yang terbaru adalah 5G. Berdasarkan hasil analisis dari (Hueawei, 2020), satu unit YC perlu untuk mengunggah 5 – 16 kanal rekaman dengan kualitas 1080p sehingga membutuhkan *bandwith* sekitar 30 Mbps. Pada satu unit QC, terpasang 20 atau lebih kamera dan membutuhkan *bandwith* sekitar hingga 200 Mbps. Namun, kebutuhan tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi internet di Indonesia. Berdasarkan laman broadbanspeedchecker.co.uk, rata-rata unduh 29,74 Mbps dan unggah mencapai 22,93 Mbps. Apabila melihat dari kebutuhan *bandwith* dari peralatan otomasi, koneksi Indonesia masih belum kuat dan belum bisa dikatakan mampu dalam menangani kebutuhan koneksi alat otomasi.

4.3.3 Pembobotan Faktor

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, didapatkan delapan faktor yang mempengaruhi penerapan otomasi pada terminal petikemas. Delapan faktor tersebut merupakan gabungan dari faktor yang mendorong dalam penerapan otomasi (prospek) dan juga faktor yang menjadi penghambat dalam penerapan otomasi (kendala). Delapan faktor tersebut kemudian dibobotkan menggunakan metode *Analytical Hierarcy Process* (AHP). Hasil dari pembobotan ini, akan diketahui tingkatan pengaruh penerapan otomasi pada terminal petikemas. Selain itu, adanya pembobotan ini juga digunakan sebagai acuan dari terminal petikemas dalam menentukan tingkatan otomasi yang dapat diterapkan.

Proses awal dari penggunaan metode ini dalah menentukan komponen AHP (alternatif, kriteria atau sub-kriteria). Pada tulisan ini hanya menggunakan kriteria sebagai komponennya. Kriteria yang digunakan merupakan hasil faktor prospek dan juga faktor kendala. Uraian kriteria tertulis dibawah ini, dengan C adalah kriteria.

C1 = Peningkatan arus petikemas
Menunjukan tingkat arus petikemas Indonesia yang semakin meningkat.Semakin tinggi arus petikemas, penerapan otomasi semakin memungkinkan.

C2 = Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
menunjukan peningkatan kapal ukuran besar yang datang ke Indonesia. Semakin cepat penanganan petikemas pada satu kapal akan semakin baik.

C3 = Implementasi Green port

menunjukan gencarnya Indonesia dalam implementasi green port. Semakin berkurangnya penggunaan bahan bakar minyak pada alat, lingkungan akan semakin baik.

C4 = Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

Menunjukan semakin meningkatnya pengeluaran yang harus dikeluarkan oleh terminal petikemas untuk biaya Tenaga Kerja Bongkar Muat. Semakin berkurangnya pekerja, maka biaya pekerja akan berkurang.

C5 = Biaya investasi

menunjukan besaran kebutuhan biaya investasi yang perlu dikeluarkan oleh terminal petikemas untuk alat, infrastruktur dan pelatihan. Semakin banyak alat yang diotomasikan maka semakin besar biaya investasi.

C6 = Otomasi memicu permasalahan baru

menunjukan adanya permasalahan baru yang ditimbulkan dari penerapan semi-otomatis atau otomatis total, seperti kendala sinkronisasi dan berhentinya operasi akibat dari integrasi seluruh sistem.

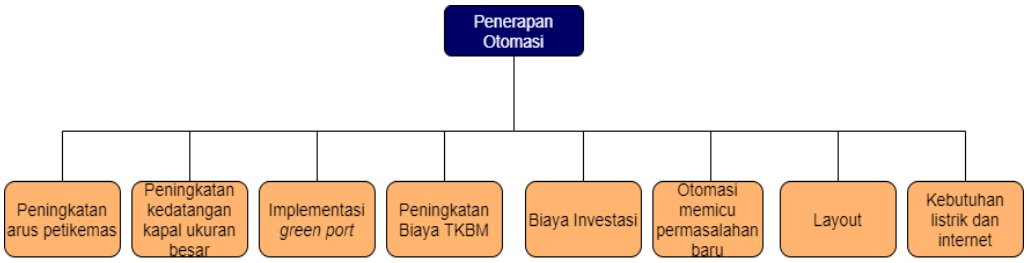
C7 = Layout dan Kondisi

menunjukan syarat dan ketentuan yang dibutuhkan dengan meninjau layout dalam penerapan otomasi, umumnya layout perpendicular untuk penerapan otomatis total dan layout parallel untuk semi-otomatis.

C8 = Kebutuhan listrik dan internet

menunjukan besarnya kebutuhan listrik dan internet untuk mengoperasikan alat otomatis. Semakin banyak alat yang diotomasikan semakin besar kebutuhannya.

Dari uraian kriteria tersebut, maka terbentuklah hierarki yang digunakan pada pembobotan faktor pengaruh penerapan otomasi. Hierarki tersebut ditunjukan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hierarki AHP

Berdasarkan Gambar 4.1, diketahui bahwa terdapat delapan kriteria yang digunakan. Kriteria tersebut didapatkan dari hasil prospek dan juga kendala dari penerapan otomasi. Ke-delapan kriteria tersebut kemudian dimuat ke dalam bentuk kuesioner yang kemudian dibagikan kepada orang ahli (*experts*) untuk melakukan pembobotan. Hasil dari bobot yang diberikan oleh *experts* kemudian dirata-rata secara

geomatris dengan pertimbangan, rata-rata geomatris lebih sensitif terhadap keseluruhan data. Rata-rata geomatris menggunakan rumus berikut:

$$G = \sqrt[n]{x_1\ x\ x_2\ x \ldots x_n} \tag{4.1}$$

Dimana,
G = rata-rata geomatrik
n = jumlah nilai dalam
x_n = nilai yang diberikan

Hasil dari rata-rata nilai menggunakan persamaan (4.1) kemudian dimasukan kedalam sebuah matriks. Dengan jumlah delapan kriteria, sehingga menghasilkan matriks 8x8. Hasil ditunjukan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Matriks Perbandingan Faktor Pengaruh Otomasi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1,00	1,32	2,59	1,32	1,32	2,48	1,32	2,59
C2	0,76	1,00	2,43	3,27	1,24	2,43	5,66	2,65
C3	0,39	0,41	1,00	1,14	0,41	2,14	0,47	1,85
C4	0,76	0,31	0,88	1,00	0,58	2,65	0,81	2,28
C5	0,76	0,81	2,43	1,73	1,00	7,45	2,28	6,44
C6	0,40	0,41	0,47	0,38	0,13	1,00	1,09	2,43
C7	0,76	0,18	2,14	1,24	0,44	0,92	1,00	2,14
C8	0,39	0,38	0,54	0,16	0,16	0,41	0,47	1,00

Hasil dari tabel diatas merupakan hasil dari rata-rata hasil perbandingan yang diberikan oleh *experts*. Langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat prioritasnya dengan cara melakukan normalisasi matriks. Tahapan normalisasi matriks diawali dengan membagi tiap elemen dari matriks dengan jumlah tiap kolommnya. Nilai tingkatan prioritas didapatkan dengan merata-rata seluruh nilai pada tiap barisnya. Hasil ditunjukan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Prioritas Kriteria

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Prioritas Kriteria
C1	1,00	1,32	2,59	1,32	1,32	2,48	1,32	2,59	0,175
C2	0,76	1,00	2,43	3,27	1,24	2,43	5,66	2,65	0,223
C3	0,39	0,41	1,00	1,14	0,41	2,14	0,47	1,85	0,083
C4	0,76	0,31	0,88	1,00	0,58	2,65	0,81	2,28	0,099
C5	0,76	0,81	2,43	1,73	1,00	7,45	2,28	6,44	0,216
C6	0,40	0,41	0,47	0,38	0,13	1,00	1,09	2,43	0,064
C7	0,76	0,18	2,14	1,24	0,44	0,92	1,00	2,14	0,098
C8	0,39	0,38	0,54	0,16	0,16	0,41	0,47	1,00	0,043

Tabel 4.6 telah menunjukan tingkat priotitas dari delapan kriteria. Namun, perlu dipastikan terlebih dahulu bahwa hasil dari pembobotan yang dilakukan oleh *experts* memiliki hasil yang konsisten. Sehingga perlu untuk dihitung nilai rasio konsistensi (CR) dari hasil pembobotan. Perhitungan rasio konsistensi memiliki syarat, CR ≤ 0,1. Apabila nilai melebihi 10%, maka penilian harus diulang. Langkah dalam perhitungan rasio konsistensi tertulis sebagai berikut:

- Menghitung bobot prioritas

Bobot prioritas didapatkan dengan mengalikan matriks perbandingan yang ditunjukan pada Tabel 4.5 dengan prioritas kriteria. Hasil dari perkalian tersebut kemudian dibagi dengan prioritas kriteria. Sehingga didapatkan bobot prioritas tiap kriteria adalah:

C1 : 1,495/0,175 = 8,54
C2 : 1,969/0,223 = 8,83
C3 : 0,704/0,083 = 8,53
C4 : 0,843/0,099 = 8,52
C5 : 1,877/0,216 = 8,70
C6 : 0,542/0,064 = 8,48
C7 : 0,815/0,098 = 8,33
C8 : 0,360/0,043 = 8,37

- Menghitung nilai eigen maksimum (λ max)

Nilai *eigen* maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 3.2, terulis hasilnya sebagai berikut:

$$\lambda \max = \frac{(8{,}54+8{,}83+8{,}53+8{,}52+8{,}70+8{,}48+8{,}33+8{,}37)}{8}$$

λ max = 8,542

- Menghitung nilai *Consistency Index* (CI)

Nilai CI didapatkan dengan menggunakan persamaan 3.3, sehingga hasilnya tertulis sebaai berikut:

$$CI = \frac{8{,}542-8}{7}$$

CI = 0,0774

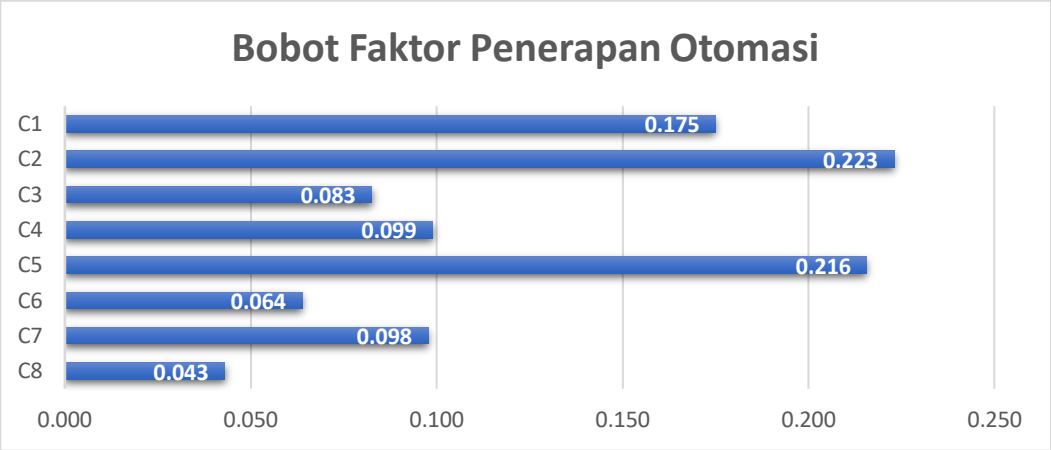
- Menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR)

Langkah terakhir untuk mengetahui nilai CR, menggunakan persamaan 3.4, hasilnya tertulis sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,0774}{1,41}$$

$$CR = 0,054$$

Berdasarkan hasil CR diatas dapat diketahui bahwa 0,054 < 0,1, sehingga dapat dikatakan bahwa pembobotan memiliki hasil yang konsisten.



Gambar 4. 2 Bobot Faktor Penerapan Otomasi

Setelah melakukan perhitungan rasio konsistensi, pembobotan dengan hasil yang ditunjukan pada Gambar 4.2 memiliki hasil yang reliabel. Terdapat delapan bar dengan keterangan C1 hingga C8 dan memiliki bobot yang berbeda-beda. C1 hingga C8 adalah kriteria atau faktor-faktor penerapan otomasi. Meninjau hasil yang ditunjukan, didapatkan bahwa terdapat tiga kriteria yang memiliki nilai tinggi dengan perbedaan yang cukup signifikan dibanding dengan kriteria lainnya. Ke-tiga kriteria tersebut adalah (C2) peningkatan kedatangan kapal ukuran besar, (C5) biaya investasi, (C1) peningkatan arus petikemas.

Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar merupakan salah satu pendorong terminal petikemas untuk menerapkan otomasi. Berdasarkan (Nichol, 2015), semakin besarnya ukuran kapal yang datang, mengakibatkan volume penanganan petikemas pada puncaknya dan mengharuskan terminal untuk menangani hal tersebut dengan waktu yang singkat. Menurutnya, otomasi menjadi solusi dalam hal ini. Namun, terminal petikemas tentunya tidak akan secepat itu dalam menentukan keputusan untuk menerapkan otomasi. Hal tersebut dikarenakan biaya investasi menjadi salah satu petimbangan dalam penerapan otomasi. Besarnya biaya investasi tentunya mempengaruhi terminal petikemas dalam penerapan otomasi. Namun, dengan adanya peningkatan arus petikemas permasalahan biaya sedikitnya akan terkurangi. Berdasarkan hasil *interview* dengan salah satu responden, mengatakan bahwa arus petikemas berkaitan dengan pendapatan terminal petikemas. Dengan adanya arus petikemas yang semakin meningkat, maka pendapatan terminal petikemas akan meningkat. Dari sini dapat diketahui, bahwa adanya kondisi peningkatan ini mendorong terminal petikemas dalam penerapan otomasi.

Namun, adanya dorongan ini juga memberikan solusi dari kendala dari terminal petikemas dalam menerapakan otomasi.

Berdasarkan (J.Carlos, 2018), tingkatan otomasi yang dapat diterapkan oleh terminal petikemas dipengaruhi oleh arus petikemas, investasi awal dan juga biaya operasional. Sehingga, mengacu pada tulisan tersebut dan hasil dari pembobotan, faktor-faktor ini sudah sesuai dan dapat digunakan sebagai acuan terminal petikemas di Indonesia dalam menentukan tingkatan otomasi yang cocok untuk diterapkan.

4.4 Analisis Parameter Otomasi

Banyak terminal petikemas dunia gagal untuk mendapatkan keuntungan dari otomasi. Menghadapi hal tersebut, terminal petikemas perlu meninjau urgensinya dalam penerapan otomasi untuk mencegah dari awal adanya kegagalan tersebut. Pengukuran urgensi meninjau kondisi internal dan ekternal terminal petikemas. Kondisi internal yang dimaksud adalah kondisi yang mampu diatasi perubahannya oleh terminal petikemas, sedangkan kondisi eksternal adalah kondisi yang perubahannya tidak dapat diatur oleh terminal petikemas. Proses pengukuran ini dipermudah dengan meninjau dan mencapai parameter.

Pada tulisan ini, dilakukan analisis terkait paramater yang perlu dicapai oleh terminal petikemas untuk tingkat urgensi untuk menerapkan otomasi. Dari hasil studi literatur, didapatkan empat parameter yang perlu dicapai oleh terminal petikemas. Parameter tersebut dibedakan berdasarkan tingkat otomasinya. Hasil dari analisis ditunjukan pada tabel berikut.

Tabel 4. 7 Parameter Otomasi Terminal Petikemas

Parameter	***Terminal Petikemas Semi-otomatis***	***Terminal Petikemas Otomatis Total***
Arus Petikemas	1.000.000 TEUs/Tahun	2.000.000 TEUs/Tahun
Biaya Investasi	Kebutuhan biaya untuk A-HT/ A-YC	Kebutuhan biaya untuk A-HT, A-YC dan A-QC
Manajemen Lingkungan	Apabila sudah melebihi dari baku mutu udara nasional yang tertulis pada PP.No.41 Tahun 1999 dan KepMen LH.No.48 Tahun 1996	
Kapasitas Yard	Apabila sudah melebihi dari standar yang tertulis pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor: UM.002/38/18/DJPL-11	

Terdapat empat parameter yang ditampilkan pada Tabel 4.7 dengan batasan yang berbeda-beda pada tiap derajat otomasinya. Penjelasan terkait batasan dari tiap parameter dijelaskan dalam poin-poin berikut.

- Arus Petikemas (*Throughput*)

Berdasarkan hasil konferensi yang kemudian dimuat dalam sebuah laporan konferensi yang ditulis oleh KALMAR, diketahui bahwa parameter sebuah terminal petikemas dalam melakukan otomasi adalah *throughput*. Berdasarkan hasil konferensi,

jumlah *throughput* yang menjadi patokan terminal petikemas untuk melakukan otomasi adalah 500.000 TEUs *throughput* untuk area yang memiliki upah tinggi. Sedangkan pada *Port Perfomance Conference* yang diadakan pada bulan Desember tahun 2019, Felix Kasiske (*consultant Port of Hamburg*) menyatakan bahwa arus petikemas untuk melakukan otomasi seminimalnya terminal petikemas telah melampaui arus petikemas 500.000 TEU/Tahun, namun alangkah lebih baik yang menjadi patokan terminal petikemas melakukan pengembangan otomasi, apabila terminal petikemas telah memilki arus petikemas sebesar 1.000.000 TEU/Tahun Dikutip dari berita yang ditulis oleh Mongelluzzo pada joc.com, menyampaikan bahwa hasil laporan *Moody's Investor Service*, tertulis bahwa untuk terminal petikemas yang masih memiliki arus petikemas 1.000.000 TEU/Tahun atau kurang belum dapat menerapkan otomatis total. Sehingga dapat dinyatakan bahwa paramater yang dicapai oleh terminal petikemas untuk menerapkan semi-otomatis adalah 1.000.000 TEU/Tahun, sedangkan untuk menerapkan otomatis total adalah 2.000.000 TEU/Tahun.

- Biaya Investasi

Berdasarkan (Carvalho, 2012), perlu adanya pertimbangan mendasar apakah pengembangan cocok dengan *budget* terminal. Otomasi membutuhkan *capital investment* (CAPEX) yang besar, hal tersebut dikarenakan terminal petikemas perlu mempersiapkan biaya untuk membeli peralatan yang diotomasikan beserta biaya pelatihan kepada sumber daya untuk dapat beradaptasi dengan otomasi (Soberón, *et al*. 2014). Biaya investasi menjadi salah satu parameter guna untuk mengukur kesiapan finansial terminal petikemas dalam menerapkan otomasi. Setiap derajajat otomasi, biaya yang perlu dipersiapkan berbeda. Semakin banyaknya alat yang diotomasikan, maka semakin besar juga biaya yang perlu dipersiapkan oleh terminal petikemas. Dalam hal ini menandakan bahwa terminal petikemas otomatis perlu mempersiapkan biaya yang lebih besar dibandingkan terminal petikemas semi-otomatis.

- Manajemen Lingkungan

Pada terminal petikemas konvensional, penggunaan peralatan bongkar muat seperti *crane* atau truk masih banyak menggunakan bahan bakar diesel. Berdasarkan KALMAR, sumber emisi pada terminal petikemas disumbangkan oleh kapal 38%, *crane* 24% dan truk 26%. Selain menyumbang polusi ke udara, peralatan bongkar muat manual juga menimbulkan kebisingan suara terhadap sekitar. Namun, dengan melakukan otomasi pada peralatan bongkar muat di terminal petikemas, permasalahan yang ditimbulkan oleh peralatan manual seperti pencemaran udara ataupun kebisingan dapat teratasi. Dalam menentukan bahwa terminal petikemas memiliki kualitas udara yang kurang baik, maka dapat mengacu pada Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999. Pada peraturan tersebut diatur terakit baku mutu udara dari kontaminan seperti SO_2, CO ataupun kontaminan lain. Sedangkan terkait kebisingan, terminal petikemas dapat mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.28 Tahun 1996. Pada peraturan tersebut tertulis baku tingkat kebisingan pada lingkungan kegiatan tertentu. Pada lingkungan kegiatan pelabuhan laut memiliki batu tingkat kebisingan dengan nilai 70 desibel.

- Kapasitas *Yard*

Dengan meningkatnya angka penggunaan petikemas dunia dan juga ukuran kapal yang semakin besar, menjadi alasan terminal petikemas untuk menjaga produktivitasnya dan kapasitas lapangan penumpukan. Peningkatan tersebut tentunya menambah tekanan pada operasi terminal petikemas lebih tinggi dari sebelumnya. Hal ini yang menjadikan alasan bahwa kebutuhan sistem operasi yang efisien pada terminal menjadi sangat penting. Operasi terminal petikemas yang efisien ini bergantung pada kehalusan dan ke-efisienan penanganan petikemas (Beškovnik, 2008). Berdasarkan (Soberón, *et al*. 2014), salah satu keuntungan dari pengembangan otomasi pada terminal petikemas adalah dengan memberikan kapasitas lebih pada area yang sama dengan memaksimalkan penumpukan secara vertikal. Untuk mengetahui apakah terminal petikemas telah mencapai parameter ini, maka menggunakan perhitungan *yard occupancy ratio* (YOR). Perhitungan ini akan menunjukan persentase utilitas kapasitas lapangan penumpukan petikemas. Berdasarkan Menteri Perhubungan pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor: UM.002/38/18/DJPL-11 disebutkan pada pasal 5 ayat 1:

a. Apabila nilai pencapaian dibawah nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinyatakan baik;
b. Apabila nilai pencapaian 0% sampai dengan 10% diatas nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai cukup baik;
c. Apabila nilai pencapaian diatas 10% dari nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai kurang baik.

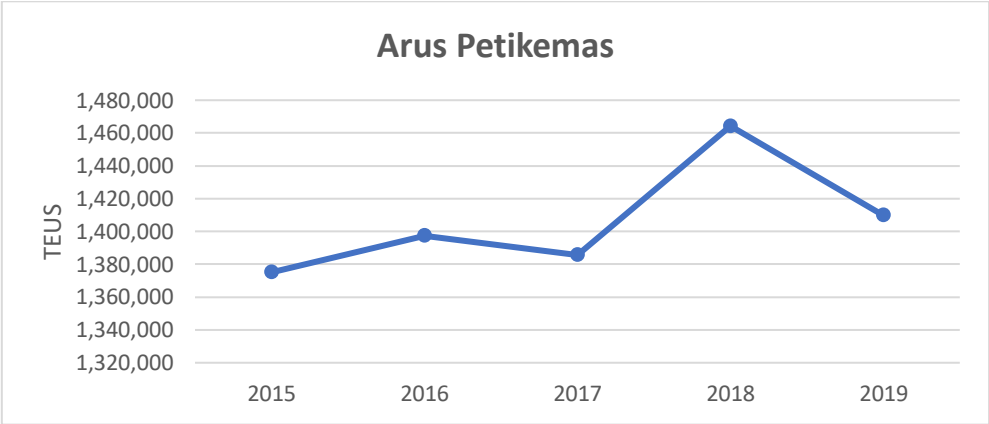
Dengan mempertimbangkan UM.002/38/18/DJPL-11 sebagai batasan nili YOR, apabila perhitungan YOR diketahui bahwa terminal petikemas pada keadaan kurang baik, dapat direkomendasikan untuk melakukan otomasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
ANALISIS PENERAPAN OTOMASI PADA TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

5.1 Terminal Petikemas Surabaya

Terminal Petikemas Surabaya (TPS) merupakan salah satu terminal petikemas yang bertempat di Kota Surabaya, Jawa Timur. TPS menjadi salah satu dari tiga terminal di pelabuhan Tanjung Perak yang memberikan layanan jasa untuk menangani petikemas domestik maupun internasional. TPS memiliki keuntungan strategis yang dimana merupakan pintu gerbang ke kawasan Indonesia Bagian Timur. Berdasarkan data perusahaan TPS diketahui bahwa hingga tahun 2019, arus petikemas TPS telah mencapai lebih dari 1.000.000 TEUs.



Gambar 5. 1 Arus Petikemas TPS
Sumber: www.tps.co.id

Pada Gambar 5.1 menunjukan jumlah arus petikemas pada TPS pada tahun 2015 hingga tahun 2019. Terjadi penurunan pada tahun 2017 dibandingkan tahun sebelumnya lalu terjadi peningkatan pada tahun 2018, namun pada tahun 2019 arus petikemas Kembali menurun. Dalam menunjuang pelayanan yang terbaik, TPS dilengkapi dengan fasilitas dan peralatan yang rinciannya ditunjukan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. 1 Fasilitas dan Peralatan TPS

Fasilitas & Peralatan Terminal	Satuan	
1. Dermaga		
a. Jumlah Dermaga	2	Dermaga
b. Panjang Dermaga Internasional	1000	m
c. Panjang Dermaga Domesti	450	m
d. Kedalaman perairan Internasional	13	m
e. Kedalaman perairan Domestik	8	m

2. Lapangan Penumpukan		
a. Luas Lapangan Penumpukan Internasional	35	Ha
b. Luas Lapangan Penumpukan Domestik	4,4	Ha
c. Kapasitas Lapangan Penumpukan Internasional	32.223	TEUs
d. Kapasitas Lapangan Penumpukan Domestik	2.029	TEUs
3. Peralatan Bongkar Muat		
a. *Quay Crane* (QC)		-
- Jumlah QC	15	Unit
b. *Yard Crane* (YC)		
- Jumlah YC	30	Unit
c. *Yard Truck* (YT)		
- Jumlah YT	80	Unit

Pertimbangan dalam memilih TPS menjadi salah satu terminal petikemas yang di analisis pada tulisan ini dikarenakan pada TPS merupakan gerbang Indonesia Kawasan Timur dan merupakan terminal yang telah menangani petikemas hingga mencapai lebih dari 1.000.000 TEUs. Selain itu, alat bongkar muat yang digunakan masih belum diotomasikan dan TPS memiliki rencana untuk melakukan pengembangan otomasi. Melihat dari pertimbangan tersebut dan juga rencana TPS dalam menerapkan otomasi, pada subbab berikut dilakukan analisis terkait prospek penerapan TPS, aplikasi parameter otomasi pada TPS, analisis faktor kendala transformasi dan analisis kinerja.

5.2 Kondisi Terminal Petikemas Surabaya

Berdasarkan (Nichol, 2015), terdapat beberapa faktor pendorong untuk menentukan otomasi dapat ditinjau lebih lanjut atau tidak. Pada terminal petikemas di Amerika Utara faktor pendorong terebut adalah volume kenaikan ukuran kapal, permasalahan keselamatan, padatnya terminal, dan pengurangan dampak lingkungan. Mengacu pada literasi tersebut, kondisi TPS saat ini memiliki arus petikemas yang terus meningkat. Tren arus petikemas TPS meningkat ditunjukan pada Gambar 5.1. Adanya peningkatan petikemas tersebut juga sejalan dengan besarnya ukuran kapal *container* yang masuk ke TPS. Berdasarkan berita perusahaan yang diunggah pada laman resmi TPS, tertulis bahwa TPS mencetak rekor dengan melayani kapal bermuatan sekitar 4.600 TEUs. Datangnya kapal besar ke TPS ternyata telah menjadi tren di TPS. Pada berita juga tertulis bahwa sejak tahun 2016 pengoperasian kapal dengan kapasitas muat lebih dari 4.000 TEUs di TPS terus meningkat.

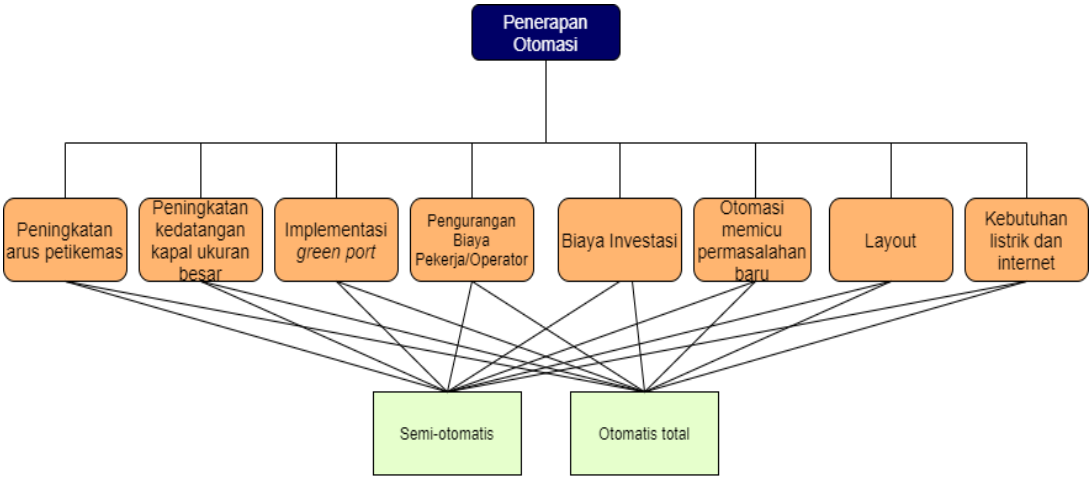
Faktor pendorong selanjutnya adalah terkait peningkatan biaya Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM) di kawasangan Pelabuhan Tanjung Perak. Berdasarkan hasil kumpulan data, biaya TKBM di Tanjung Perak, Surabaya, semakin meningkat. Pada tahun 2016, tarif upah TKBM Tanjung Perak, Surabaya berada pada nominal Rp 169.000/org/shift. Tahun 2017, nominal tersebut meningkat 7.99% menjadi Rp 182.000/org/shift. Kesepakatan terus meningkat hingga ke tahun-tahun berikutnya dengan rincian, tahun 2018 tarif upah sebesar Rp 196.300/org/shift dan tahun 2019 Rp

210.001/org/shift. Dengan kenaikan tarif ini, merupakan sebuah prospek dari TPS untuk menerapkan otomasi dengan tujuan mengurangi biaya operasional di TPS.

Meninjau kondisi TPS saat ini dan mengacu pada (Nichol, 2015), menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor pendorong yang menyatakan bahwa otomasi dapat dilanjutkan untuk ditinjau. Proses selanjutnya, TPS perlu mengetahui jenis transformasi otomasi yang berporspek untuk diterapkan. Penentungan tingkat transformasi otomasi ini dijelaskan pada subbab beruikutnya.

5.3 Analisis Tingkatan Otomasi Terminal

Melihat kondisi yang mendorong TPS untuk menerapkan otomasi, peninjauan dalam penerapan otomasi di TPS dilanjutkan pada proses berikutnya, yaitu penentuan tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan oleh TPS. Penentuan tingkatan otomasi ini menggunakan metode AHP dengan faktor penerapan otomasi sebagai kriterianya. Bentuk hierarki AHP yang digunakan ditunjukan pada gambar berikut.



Gambar 5. 2 Hierarki AHP TPS

Hierarki pada Gambar 5.2 menjadi acuan dalam penentuan tingkatan otomasi. Terdapat delapan kriteria yang bobotnya telah didapatkan dan dijelaskan lebih lanjut pada subbab 4.3.3. Dua alternatif yang digunakan dalam analisis adalah tingakatan otomasi terminal petikemas, yaitu semi-otomatis dan otomatis total. Dari pembentukan hierarki, tahapan selanjutnya adalah melakukan penyebaran kuesioner tahap dua kepada TPS. Isi dari kuesioner berupa perbandingan berpasangan antara alternatif dan kriteria. Kuesioner dibuat dalam bentuk *online* yang dimuat dalam *google form*.

Hasil penyebaran kuesioner diisi oleh empat orang, dengan rician jabatan sebagai *Operation Planning and Business Process Manager*, *Manager*, *Assitant Manager* Pengembangan Bisnis dan *Assistant Manager*. Hasil dari pembobotan alternatif terhadap kriteria dirata-rata geomatris menggunakan persamaan (4.1), hasilnya ditunjukan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Perbandingan Berpasangan Kriteria dan Alternatif

Kriteria		Bobot perbandingan berpasangan Kriteria dan Alternatif		
			Semi-otomatis	Otomatis total
C1	Peningkatan Arus Petikemas	Semi-otomatis	1,00	2,28
		Otomatis total	0,44	1,00,
C2	Peningkatan Kedatangan Kapal Ukuran Besar	Semi-otomatis	1,00	5,54
		Otomatis total	0,18	1,00
C3	Implementasi *green port*	Semi-otomatis	1,00	3,64
		Otomatis total	0,27	1,00
C4	Pengurangan Biaya Pekerja/Operator	Semi-otomatis	1,00	1,63
		Otomatis total	0,61	1,00
C5	Biaya Investasi	Semi-otomatis	1,00	7,94
		Otomatis total	0,13	1,00
C6	Memicu Permasalahan Baru	Semi-otomatis	1,00	7,30
		Otomatis total	0,14	1,00
C7	*Layout*	Semi-otomatis	1,00	5,54
		Otomatis total	0,18	1,00
C8	Kebutuhan Listrik dan Internet	Semi-otomatis	1,00	5,92
		Otomatis total	0,17	1,00

Tabel diatas adalah hasil dari perbandingan berpasangan yang telah di rata-rata secara geomatris. Secara keseluruhan, hasil perbandingan berpasangan menunjukan bobot semi-otomatis lebih besar dibandingkan dengan otomatis total. Nilai tersebut didapatkan dari empat orang dari TPS yang meninjau kriteria yang tertulis dari C1 hingga C8 dibandingkan dengan kondisi TPS saat ini, kemudian menentukan tingkatan otomasi mana yang sekiranya lebih baik untuk diterapkan.

Untuk mempermudah penjelasan, pada baris C1 adalah kriteria peningkatan arus petikemas. Tahapan awal adalah input bobot hasil dari kuesioner pada tiap-tiap pertanyaan, kemudian disortir berdasarkan kriteria yang dipilih. Nilai perbandingannya kemudian dirata-rata secara geomatris. Pada tabel menunjukan hasil perbandingan semi-otomatis dan otomatis total dengan meninjau kriteria satu, didapatkan bahwa hasil rata-rata pada kriteria pertama mimiliki bobot 2,28. Nilai 0,44 didapatkan dengan membagi 2,28 dengan angka 1. Hasil dari pembobotan ini kemudian dinormalisasi dengan membagi tiap elemen dari matriks dengan jumlah tiap kolommnya. Nilai tingkatan prioritas didapatkan dengan merata-rata seluruh nilai pada tiap barisnya. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang telah didapatkan bobotnya pada pembahasan subbab 4.3.3. Hasil tersebut ditunjukan pada tabel berikut.

Tabel 5. 3 Bobot Alternatif

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Bobot Akhir
	0,175	0,223	0,083	0,099	0,216	0,064	0,098	0,043	
SO	0,61	0,84	0,77	0,50	0,88	0,87	0,84	0,85	0,8041

OT	0,39	0,16	0,23	0,50	0,12	0,13	0,16	0,15	0,1959

Pada Tabel 5.3, nilai yang berada pada tulisan C1 hingga C8 adalah bobot kriteria. Dan nilai yang tertulis secara horizontal setelah huruf SO dan OT adalah tingkatan prioritas tiap-tiap perbandingan alternatif dan kriteria. Kedua nilai tersebut dikali satu sama lain yang membentuk perkalian matriks 2x1. Hasil dari perkalian tersebut menunjukan bobot akhir dari alternatif.

Hasil yang ditunjukan pada Tabel 5.3, diketahui bahwa bobot akhir SO memiliki nilai sebesar 0,8041 dan bobot akhir OT memiliki nilai sebesar 0,1959. Hasil tersebut menunjukan bahwa TPS lebih berprospek untuk bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis dibandingkan dengan terminal petikemas otomatis total.

5.4 Aplikasi Parameter

Hasil analisis sebelumnya, menyatakan bahwa penerapan semi-otomatis berprospek untuk diterapkan oleh TPS. Langkah selanjutnya adalah mengaplikasikan parameter otomasi untuk mengetahui urgensi TPS dalam menerapkan terminal petikemas semi-otomatis. Dari parameter tersebut diukur ketercapaiannya dengan meninjau kondisi di TPS. Tabel 5.4, menunjukan ketercapaian TPS pada parameter otomasi.

Tabel 5. 4 Aplikasi Parameter TPS

Parameter	Tolok Ukur	Status
Arus Petikemas	Melebihi 1 juta TEUs/tahun	✓
Biaya Investasi	Biaya dibutuhkan untuk pembelian *Automated Quay Crane/Automated Guided Vehicle/Automated Yard Crane*, pembangunan infrastruktur and program pelatihan	X
Manajemen Lingkungan	Apabila sudah melebihi dari baku mutu udara nasional yang tertulis pada PP.No.41 Tahun 1999 dan KepMen LH.No.48 Tahun 1996	X
Kapasitas Yard	Apabila sudah melebihi dari standar yang tertulis pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor: UM.002/38/18/DJPL-11	X

Berdasarkan data tahun 2018, diketahui bahwa TPS memiliki arus petikemas mencapai 1.464.258 TEUS. Dengan jumlah volume tersebut menyatakan bahwa TPS telah mencapai parameter pertama. Meninjau parameter selanjutnya adalah biaya investasi, dalam hal ini otomasi masih menjadi pertimbangan dikarenakan biaya dari otomasi yang cukup tinggi dan juga TPS telah memiliki rencana lain dalam menggunakan simpanan investasinya. Meninjau manajemen lingkungan, salah satu responden dari TPS menyatakan bahwa kondisi polusi dan kebisingan belum menjadi permasalahan. Parameter terakhir adalah kapasitas *yard* dengan mengukur nilai YOR, TPS memiliki

nilai YOR dibawah standar maksimum yang ditetapkan oleh UM.002/38/18/DJPL-11 dengan nilai 52,40%.

Hasil dari aplikasi parameter otomasi diketahui TPS hanya mampu mencapai satu dari empat parameter. Hal tersebut menyatakan bahwa TPS memiliki tingkat urgensi yang rendah dalam penerapan otomasi. Namun, apabila meninjau hasil dari kuesioner, TPS memiliki rencana untuk menerapkan otomasi. Sehingga, analisis penerapan otomasi tetap dilanjutkan untuk mengetahui kinerja serta konfigurasi yang baik untuk diterapkan oleh TPS.

5.5 Analisis Kinerja

Analisis kinerja yang akan dianalisis adalah Produktivitas alat (B/C/H), *Berthing Time* (BT), *Berth Occupany Ratio* (BOR), Produktivitas dermaga (B/S/H), *Yard Occupancy Ratio* (YOR), *Truck Round Time* (TRT) dan *Yard Throughput* (YTP). Analisis menggunakan data dari TPS pada tahun 2018 dan data alat dari spesifikasi manufaktur yang digunakan oleh TPS dan manufaktur yang dipililih oleh penulis. Pada analisis ini dibandingkan penggunaan alat dengan tingkatan sistem kontrol yang berbeda-beda yang mempengaruhi kinerja.

5.5.1 Produktivitas Alat (B/C/H)

Berdasarkan (Supriyono, 2010), B/C/H atau *Box Crane per Hour* digunakan untuk mengukur produktivitas alat pada terminal petikemas. Pengukurannya dengan meninjau jumlah boks petikemas yang tangani oleh *crane* dalam satu jam. Pengukuran produktivitas menggunakan *motion study* dengan melakukan analisis tiap gerakan *crane* dalam satu siklus. Berdasarkan (Abhinaya, 2019), pengukuran *motion study* menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\textit{Hoist Up} = \frac{Tinggi\ Crane}{Hoisting\ speed\ Unloaded} + \frac{(Tinggi\ Crane + 8\ m)}{Hoisting\ Speed\ Loaded} \quad (5.1)$$

$$\textit{Hoist Down} = \frac{Tinggi\ Crane}{Hoisting\ Speed\ Loaded} + \frac{(Tinggi\ Crane + 8\ m)}{Hoisting\ Speed\ Unloaded} \quad (5.2)$$

$$\textit{Trolley Forward} = \frac{Rail\ Gauge}{Trolley\ Speed\ Loaded} \quad (5.3)$$

$$\textit{Trolley Backward} = \frac{Rail\ Gauge}{Trolley\ Speed\ Unloaded} \quad (5.4)$$

$$\textit{Gantry Loaded} = \left(\frac{Jarak\ block\ terjauh}{Gantry\ Speed\ Loaded} + \frac{Jarak\ block\ terdekat}{Gantry\ speed\ unloaded}\right):2 \quad (5.5)$$

$$\textit{Gantry Unloaded} = \left(\frac{Jarak\ block\ terjauh}{Gantry\ Speed\ Unloaded} + \frac{Jarak\ block\ terdekat}{Gantry\ speed\ Unloaded}\right): 2 \quad (5.6)$$

Pada perhitungan *motion study*, terdapat beberapa asumsi-asumsi pada perhitungan, seperti:

- *Rail gauge* diambil (*outreach* + *backreach*) x 0,75
- Terdapat penambahan 8 meter untuk mengetahui jarak hoist terjauh dari crane
- *Truck Positioning* berdurasi 0,5 menit
- Jarak block terdekat 5 meter dan jarak *block* terjauh 247 meter

a.1 Produktivitas QC

Produktivitas QC dengan sistem kontrol manual dapat ditemukan menggunakan persamaan (5.1), (5.2), (5.3) dan (5.4). Untuk mengetahui produktivitas QC semi-otomatis dan otomatis total, penulis menaksir persentase kenaikan produktivitas. Penaksiran persentase tersebut didasari dari literasi yang didapatkan bahwa berdasarkan (Zrnić & Bošnjak, 2005) bahwa otomasi QC mampu menjawab kebutuhan untuk kecepatan dan produktivitas yang tinggi. Kemudian, berdasarkan Michael Jordan selaku *Lifetech Consutants Inc*. pada presentasinya di TOC Americas di Miami tahun 2002 mengatakan bahwa otomasi akan terus berkembang dan meningkatkan produktivitasnya, tercatat bahwa bahwa konsep otomasi mampu meningkatkan produktivitas 5 sampai 20%. Pada *website* logisticmidleeast.com menuliskan bahwa pada *Hutchison Port SOHAR* penerapan otomasi pada QC meningkatkan produktivitas hingga 40%. Sehingga penulis menaksir angkar QC semi-otomatis terjadi peningkatan produktivitas sebesar 10% dari produktivitas QC manual, sedangkan pada QC otomatis total terjadi peningkatan produktivitas sebesar 20% dai produktivitas QC manual.

- QC manual : 28 B/C/H
- QC semi-otomatis : 32 B/C/H
- QC otomatis total : 34 B/C/H

a.2 Produktivitas YC

Pada tulisan ini YC yang digunakan adalah jenis *Rubber Tyred Gantry* (RTG) *crane*. Pertimbangan memilih RTG dikarenakan TPS menggunakan jenis YC ini. Perhitungan produktivitas YC dengan sistem kontrol manual dapat menggunakan persamaan (5.1) hingga (5.6) dengan menggunakan data dari spesifikasi alat yang sedang digunakan saat ini. Untuk perhitungan YC otomatis total, pada tulisan ini menggunakan spesifikasi manufkatur Automated RTG (ARTG). Sedangkan untuk produktivias RTG semi-otomatis penulis menaksir nilai diantara nilai produktivitas YC dengan sistem kontrol manual dan otomatis total. Hasil dari perhitungan tertulis dibawah ini:

- YC manual : 13 B/C/H
- YC sem-otomatis : 14 B/C/H
- YC otomatis total : 15 B/C/H

5.5.2 Berthing Time (BT)

BT adalah waktu dari kapal melakukan tambat di dermaga hingga kapal tersebut meninggalkan dermaga. Nilai BT dapat ditentukan dengan mengakumulasikan nilai *Berth Working Time* (BWT) dan *Not Operation Time* (NOT). Berdasarkan (Supriyono, 2013), nilai BT dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini:

$$BT = BWT + NOT \tag{5.7}$$

Dimana,
BWT : *Berth Working Time* (jam)
NOT : *Not Operation Time* (jam)

BWT adalah waktu kerja bongkar muat kapal di dermaga. Berdasarkan (Radmilović, Z. & Jovanović, 2006), Nilai BWT dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{BWT} = \frac{S_{bc}}{n_c \, x \, P_B \, x \, L_{sc} \, x \, W_{ct}} \tag{5.8}$$

Dimana,
S_{bc} : jumlah petikemas yang dibongkar/muat dalam 1 kapal (box)
n_c : Jumlah QC pada dermaga yang melayani 1 kapal
P_B : Produktivitas QC (B/C/H)
L_{sc} :Waktu bekerja terhadap awal dan berakhirnya operasi,nilai berkisar 0.8 – 0.95
W_c : nilai waktu *crane* bekerja terhadap total waktu *berthing*. Nilai berkisar 0.7 – 0.9

NOT adalah waktu tidak kerja yang telah terencana, seperti contohnya waktu istirahat. (Duran, 2016), menyatakan bahwa otomasi mampu meminimalisir kehilangan waktu dalam operasi bongkar muat.

Tabel 5. 5 *Not Operating Time*

Aktivitas	Manual	SO	OT
Pergantian Shift	✓	-	-
Kehilangan waktu diluar kendali	✓	-	-
Kecelakaan Penumpukan	✓	-	-
Istirahat	✓	-	-
Waktu stabilitas kapal	✓	✓	✓

Sumber: (Duran, 2016) & Data Operasi TPS

Tabel diatas menunjukan lima aktivitas yang mempengaruhi proses bongkar muat di TPS. Dengan menggunakan QC manual, maka kelima aktivitas tersebut dapat menghambat proses bongkar muat. Sedangkan pada QC otomatis, hanya terdapat dua aktivitas yang mempengaruhi proses bongkar muat. Terdapat empat aktivitas yang tidak mempengaruhi proses bongkar muat pada QC otomatis dikarenakan tempat kerja yang berbeda serta kontrol dengan bantuan fitur sensor dan kamera yang menambah akurasi dari proses bongkar muat, sehingga akan mengurangi hambatan hilangnya kendali *crane* atau kecelakaan pada saat proses bongkar-muat. Kemudian, tempat kerja menjadi salah satu yang mempengaruhi waktu kerja pada proses bongkar muat. Pada QC manual, tempat kerja berada pada lokasi *crane*/dermaga sehingga membutuhkan waktu untuk pekerja menuju tempat kerja pada saat pergantian *shift* yang akan memberikan penambahan NOT pada saat operasi bongkar-muat.

Dari penjelasan tersebut, dengan menggunakan persamaan (5.7) dan (5.8) akan diketahui nilai BT QC dengan tingkat otomasi yang berbeda-beda. Untuk nilai NOT dan S_{bc}, dari data operasi bongkar-muat TPS 2018 seluruh aktivitas NOT dicari rata-ratanya. Perhitungan berikut merupakan *berthing time* dari 1 kapal yang melakukan bongkar-muat sebanyak 1633 boks.

n_c = 3
S_{bc} = 1633 boks
NOT manual = 5,983 jam
NOT semi-otomatis = 0,2 jam
NOT otomatis total = 0,2 jam

- BT QC Manual $= \left(\frac{S_{bc}}{n_c \, x \, P_B \, x \, L_{sc} \, x \, W_{ct}}\right) + \text{NOT}$

  $= \left(\frac{1633}{3 \, x \, 28 \, x \, 0{,}8 \, x \, 0{,}7}\right) + 5{,}983$

  = 40,70 jam

- BT QC Semi-otomatis $= \left(\frac{S_{bc}}{n_c \, x \, P_B \, x \, L_{sc} \, x \, W_{ct}}\right) + \text{NOT}$

  $= \left(\frac{1633}{3 \, x \, 32 \, x \, 0{,}8 \, x \, 0{,}7}\right) + 0{,}2$

  = 30,58 jam

- BT QC Otomatis total $= \left(\frac{S_{bc}}{n_c \, x \, P_B \, x \, L_{sc} \, x \, W_{ct}}\right) + \text{NOT}$

  $= \left(\frac{1633}{3 \, x \, 34 \, x \, 0{,}8 \, x \, 0{,}7}\right) + 0{,}2$

  = 28,79 jam

Menggunakan proses perhitungan yang sama, dihitung nilai BT pada penanganan jumlah boks yang serupa dengan variasi jumlah *crane* yang ditugaskan. Hasil tersebut ditunjukan pada tabel berikut:

Tabel 5. 6 Hasil BT pada 1 Kapal

Sistem Kontrol QC	***Berthing Time* (BT) (jam)**		
	Jumlah QC = 2	**Jumlah QC = 3**	**Jumlah QC = 4**
Manual	58,06	40,70	32,02
Semi-Otomatis	45,76	30,58	22,98
Otomatis Total	43,08	28,76	21,64

Pada Tabel 5.6 ditunjukan hasil dari BT yang berbeda dengan variasi jumlah QC yang ditugaskan berjumlah dua hingga tiga. Jumlah QC yang ditugaskan ini mengacu pada TPS yang lebih sering melakukan penugasan QC dengan jumlah tersebut. Hasil yang ditunjukan pada tabel menunjukan bahwa semakin banyaknya QC yang ditugaskan

dan tingginya tingakatan otomasi kontrol yang diterapkan pada QC akan mengurangi durasi waktu kapal bertambat. Hal tersebut dikarenakan semakin tingginya tingkatan otomasi sistem kontrol memiliki produktivitas yang semakin cepat seperti yang dijelaskan pada perhitungan produktivitas.

Berdasarkan persamaan yang ditulis oleh (Radmilović, Z. & Jovanović, 2006), jumlah QC dan juga produktivitas menjadi salah satu variabel didalamnya. Sehingga dua variabel tersebut lah yang mempengaruhi durasi dari waktu tambat kapal. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa produktivitas QC dan jumlah QC yang ditugaskan, akan mempengaruhi nilai BT.

5.5.3 *Berth Occupancy Ratio* (BOR)

Analisis kinerja terminal petikemas selanjutnya adalah pengukuran nilai BOR. Nilai BOR menunjukan persentase total waktu penanganan kapal pada ukuran tertentu pada dermaga yang terhitung dalam setahun. BOR menjadi salah satu pengukuran kinerja terminal petikemas berdasarkan paraturan DJPL. Nilai BOR dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

$$BOR = \frac{\Sigma((LOA\ kapal+10)xBT}{Tt\ x\ L_b} \text{ x } 100\% \qquad (5.9)$$

Dimana,

BT : *Berthing Time* (jam)

ΣLOA : rata-rata *length overall* kapal dalam n periode (tahun/bulan/minggu)

Tt : Waktu pelayanan operasional dermaga dalam 1 rentang waktu (jam)
- Untuk tinjauan dalam 1 tahun = 24 x waktu operasional terminal petikemas dalam 1 tahun
- Untuk tinjauan dalam 1 bulan = 24 x waktu operasional terminal petikemas dalam 1 bulan

L_b : Panjang dermaga (m)

Untuk analisis BOR pertahun, perlu untuk mengetahui nilai LOA dan BT dari jumlah kapal yang datang ke terminal. Menggunakan persamaan (5.9), nilai BOR dengan diasumsikan melakukan penugasan tiga QC tertulis dibawah ini:

dengan diketahui L_b = 1000 m

- BOR QC Manual $= \frac{\Sigma((LOA\ kapal+10)xBT)}{L_b\ x\ 365\ x\ 24}$

$= \frac{4.276.759}{1000\ x\ 365\ x\ 24}$ x 100%

= 60%

- BOR QC Semi-Otomatis $= \frac{\Sigma((LOA\ kapal+10)xBT)}{L_b\ x\ 365\ x\ 24}$

$$= \frac{3.512.387}{1000\ x\ 365\ x\ 24} \text{ x } 100\%$$

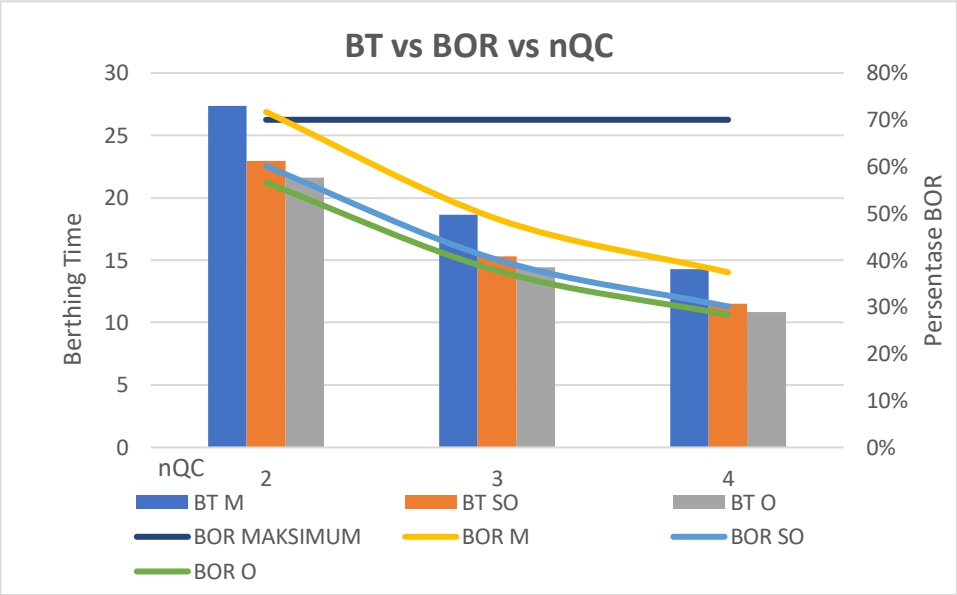
$$= 40\%$$

- BOR QC Otomatis Total $= \frac{\Sigma((LOA\ kapal+10)xBT)}{L_b\ x\ 365\ x\ 24}$

$$= \frac{3.306.429}{1000\ x\ 365\ x\ 24} \text{ x } 100\%$$

$$= 30\%$$

Hasil perhitungan diatas merupakan nilai BOR dengan melakukan penugasan pada tiga QC. Pada tulisan ini, dilakukan analisis untuk mengetahui nilai BOR dengan variasi jumlah QC sebanyak dua hingga empat. Menggunakan persamaan (5.9) dan proses perhitungan yang serupa dengan hitungan tertulis diatas, maka hasil BOR dengan variasi jumlah QC ditunjukan pada Gambar berikut.



Gambar 5. 3 Nilai BOR, BT dan nQC

Berdasarkan Gambar 5.3 ditunjukan grafik nilai BT, BOR dan nQC. Perhitungan ini untuk mengetahui persentase nilai BOR dengan tingkatan otomasi pada sistem kontrol alat dan jumlah penugasan QC yang berbeda. Hasil dari BOR tersebut akan menunjukan kondisi utilitas dermaga pada TPS seperti yang dijelaskan pada UM.002/38/18/DJPL-11 disebutkan pada pasal 5 ayat 1, menuliskan bahwa:

a. Apabila nilai pencapaian dibawah nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinyatakan baik;
b. Apabila nilai pencapaian 0% sampai dengan 10% diatas nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai cukup baik;

c. Apabila nilai pencapaian diatas 10% dari nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai kurang baik.

Pada gambar ditunjukan grafik yang semakin menurun seiring ditambahkannya jumlah QC yang ditugaskan pada proses bongkar-muat kapal. Dalam pembahasan ini, yang menjadi pengaruh nilai BOR ada nilai BT. Semakin kecil nilai BT makan persentase nilai BOR akan semakin kecil. Selain itu, jumlah QC yang ditugaskan dan tingkatan otomasi sistem kontrol alat juga mempengaruhi nilai BOR pada terminal petikemas. Dari hasil diketahui bahwa terdapat satu kondisi dimana kondisi utilitas dermaga berada pada kondisi cukup baik. Kondisi tersebut merupakan hasil penugasan dua QC dengan tingkatan otomasi sistem kontrol manual memberikan hasil BOR sebesar 72%. Apabila meninjau hasil yang ditunjukan pada Gambar 5.3, TPS mampu mengupayakan kondisi utilitas dermaga dalam kondisi baik apabila melakukan penugasan QC sebanyak tiga dan empat pada QC manual, melakukan penugasan QC sebanyak dua hingga empat pada QC semi-otomatis atau QC otomatis total.

5.5.4 Produktivitas Dermaga (B/S/H)

Produktivitas dermaga memiliki satuan B/S/H atau *Box Ship per Hour* merupakan satuan yang didapatkan dari perhitungan produktivitas *crane* terhadap kapal dengan menghitung jumlah petikemas yang dapat dibongkar dari kapal atau dimuat kedalam kapal. B/S/H juga digunakan untuk mengukur nilai kompetitif terminal petikemas berdasarkan fasilitas yang tersedia. Berdasarkan (Limanto, 2018) , nilai B/S/H dapat dikur dengan persamaan berikut:

$$\text{B/S/H} = \frac{S_{bc}}{BT} \tag{5.10}$$

Dimana,
S_{bc} : jumlah petikemas yang dibongkar/muat dalam satu kapal (box)
BT : *Berthing Time* (jam)

Dari data-data yang telah didapatkan, menggunakan persamaan (5.10) untuk mengetahui nilai B/S/H pada QC dengan tingkatan otomasi yang berbeda-beda. Perhitungan ini meninjau proses bongkar-muat pada satu kapal jenis *panamax* dengan total boks yang dibongkar dari kapal ataupun dimuat sebanyak 1633 boks.

- B/S/H QC Manual $= \frac{S_{bc}}{BT}$

  $= \frac{1633}{45{,}07}$

  = 40 B/S/H

- B/S/H QC Semi-otomatis $= \frac{S_{bc}}{BT}$

  $= \frac{1633}{32{,}77}$

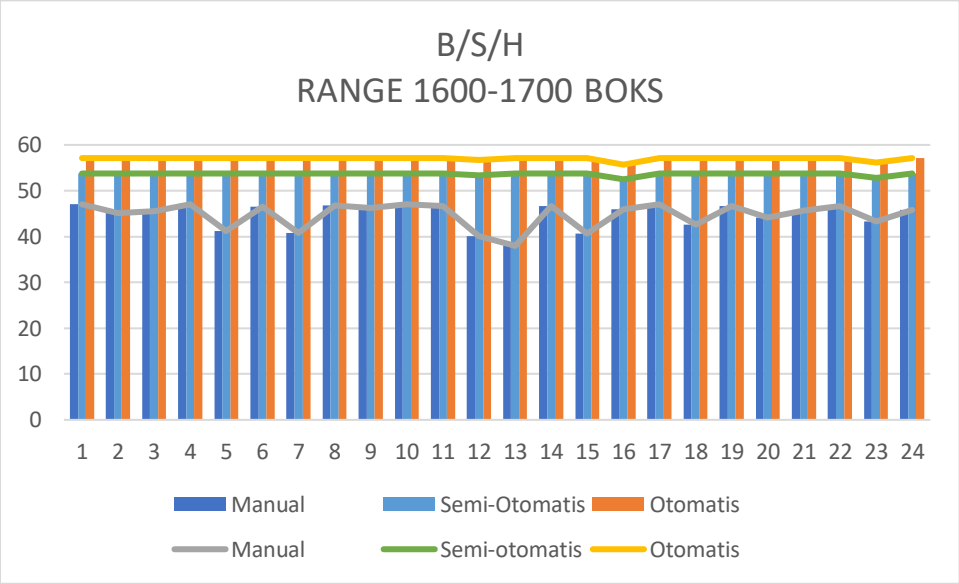
= 53 B/S/H

- B/S/H QC otomatis total $= \frac{S_{bc}}{BT}$

$= \frac{1633}{30,26}$

= 57 B/S/H

Hasil perhitungan diatas adalah perhitungan pada satu kapal yang melakukan bongkar-muat dengan total 1633 boks. Menggunakan persamaan yang sama pada perhitungan diatas, dianalisis nilai B/S/H pada seluruh kapal yang melakukan bongkar-muat dengan rentang 1600 - 1699 boks di TPS. Gambar berikut menunjukan B/S/H dari hasil perhitungan.



Gambar 5. 4 Nilai B/S/H Kapal

Selama tahun 2018 terdapat 24 kapal jenis *panamax* melakukan bongkar-muat petikemas dengan *range* 1600 - 1700 boks. Dari data 24 kapal tersebut dapat diketahui nilai B/S/H dengan menggunakan QC manual, semi-otomatis dan otomatis total. Hasil dari penggunaan QC dengan tingakatan otomasi pada kontrol alat yang berbeda, dibandingkan hasilnya ditunjukan pada bar atau *line*.

Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa nilai B/S/H pada QC manual memiliki nilai yang fluktuatif, sedangkan nilai B/S/H pada QC semi-otomatis dan otomatis total mampu memberikan nilai B/S/H yang konsisten. Adanya perbedaan ini dikarenakan pada QC manual memiliki produktivitas yang bergantung pada kerja operator dan juga adanya waktu yang terbuang pada saat aktivitas proses bongkar-muat seperti yang dieketahui pada Tabel 5.6. QC semi-otomatis atau otomatis total memiliki produktivitas yang

bergantung pada pada fitur dan juga *software*, sehingga dapat menghilangkan waktu-waktu terbuang tersebut. Seperti yang tertulis pada hasil analisis (Duran, 2016), otomasi mampu memberikan produktivitas dengan mengurangi adanya waktu terbuang (*loss time*) akibat pergantian *shift*, istirahat, tidak tepatnya penumpukan atau kecelakaan kerja. Hasil dari perhitungan ini diperkuat oleh (Slutej dan Kolonic, 2009) yang menyatakan pada tulisannya bahwa otomasi mampu memberikan kontribusi terhadap performa jangka panjang yang konsisten.

Perhitungan diatas didapatkan dengan mengukur lama waktu tambat atau *berthing time* kapal yang melakukan bongkar-muat dengan jumlah yang serupa. Pada perhitungan ini, jumlah yang digunakan berkisar antara 1600 – 1700 boks petikemas. Tiap tingkatan otomasi sistem kontrol alat dihitung durasi tambatnya. Yang membedakan antara ketiga tingkatan sistem kontrol tersebut adalah banyaknya penambahan waktu operasi bongkar-muat akibat adanaya aktivitas-aktivitas yang membuang waktu. Sehingga didapatkan hasil yang ditunjukan pada Gambar 5.4.

5.5.5 *Yard Occupancy Ratio* (YOR)

Kapasitas petikemas dalam terminal petikemas perlu dijaga untuk mengetahui kemampuan tempat penumpukan petikemas pada terminal petikemas. Perhitungan YOR menentukan status kondisi utilitas lapangan penumpukan. Berdasarkan DJPL, YOR menjadi salah satu tolok ukur kinerja yang perlu diukur dari terminal petikemas. Melalui perhitungan YOR, perbandingan antara YC manual dan YC otomatis dapat diketahui. Menggunakan persamaan berikut, nilai YOR akan didapatkan.

$$YOR = \frac{A}{A_T} x100\% \tag{5.11}$$

Dimana,
A : Luas kebutuhan lapangan penumpukan (m^2)
A_T : Luangan lapangan penumpukan tersedia (m^2)

Terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai YOR. Dimulai dengan mengetahui nilai dari luas lapangan yang dibutuhkan berdasarkan jumlah arus petikemas yang datang ataupun keluar terminal petikemas. Kemudian hasil dari kebutuhan lapangan penumpukan tersebut dibandingkan dengan luas lapangan yang tersedia pada terminal petikemas untuk mengetahui prosentasi nilai YOR.

a. Perhitungan Kebutuhan Lapangan

Sebelum mengetahui nilai YOR, perlu diketahui kebutuhan luas lapangan penumpukan melihat kenaikan arus petikemas. Perhitungan luas kebutuhan lapangan didapatkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$A = \frac{T\ x\ D\ x\ ATEU}{H\ x\ 365\ x\ m} \tag{5.12}$$

Dimana,
A : Kebutuhan lapangan penumpukan (m^2)
T : Arus petikemas per tahun (TEUS/tahun)

D : Rata-rata lama *dwelling time* tiap tahunnya
ATEU : Luasan yang diperlukan untuk 1 TEU, nilai tersebut tergantung pada sistem penanganannya dan juga ketinggian penumpukan petikemas. Nilai ATEU didapatkan dalam Tabel 5.7.
H :rasio tinggi rata-rata / tinggi rencana tumpukan petikemas (0.5 s/d 0.9)
m : *yard occupancy ratio* yang dapat diterima (0.6 s/d 0.7)

Menggunakan persamaan (5.12) akan diketahui luas lapangan penumpukan yang dibutuhkan. Dalam perhitungan, nilai arus petikemas menggunakan nilai arus petikemas internasional pada tahun 2018. Variabel selanjutnya dalam persamaan (5.12) adalah *Dwelling Time* (D). Nilai D didapatkan dari hasil rata-rata *dwelling time* sepanjang tahun 2018 di TPS, sehingga didapatkan nilai D adalah 3.94 hari.

Nilai ATEU berbeda untuk tiap jenis YC. Nilai tersebut meninjau ketinggian penumpukan dan juga lebar dan jalur petikemas. Pada Tabel 5.7 menunjukan bahwa nilai ATEU dari tiap-tiap alat bongkar muat dengan tinggi penumpukan dan lebar yang beragam. Dalam perhitungan ini, alat bongkar muat yang digunakan adalah YC dengan tiper RTG. Penentuan nilai ATEU ditentukan dengan mengetahui nilai tinggi penumpukan serta lebar baris petikemas.

Tabel 5. 7 Nilai A_{TEU}

Alat Bongkar Muat	**Tinggi Penumpukan**	**Jumlah baris peti kemas (lebar)**				
		1	2	5	7	9
Reach Stacker	1	72	72			
	2		36			
	3		24			
	4		18			
Straddle Carrier	1 *over* 1	30				
	1 *over* 2	16				
	1 *over* 3	12				
RTGC	1 *over* 2			21	18	15
	1 *over* 3			14	12	10
	1 *over* 4			11	9	8
	1 *over* 5			8	7	6

Sumber: (Thoresen, 2014)

Berdasarkan spesifikasi manufaktur dari YC manual yang digunakan oleh TPS, memiliki ketinggian penumpukan 1 *over* 4 atau YC tersebut mampu menumpuk petikemas hingga empat tumpukan. Kemudian, untuk lebar penumpukan petikemas pada YC manual adalah 7 petikemas. Dari data spesifikasi tersebut didapatkan nilai ATEU pada YC manual adalah sembilan. Dengan proses yang sama, nilai ATEU pada YC semi-otomatis dan otomatis total dengan tinggi penumpukan 1 *over* 5 dan lebar penumpukan petikemas 7 petikemas adalah tujuh.

Nilai ATEU akan berpengaruh pada hasil dari luasan penumpukan yang dibutuhkan oleh terminal petikemas. Semakin kecil nilai dari ATEU maka nilai luas lapangan penumpukan juga akan semakin kecil. Maka perhitungan luas lapangan penumpukan yang dibutuhkan pada kedua YC, dengan data yang telah didapatkan serta penetuan nilai H dan m yang ditentukan oleh penulis tertulis sebagai berikut:

H = 0,8

m = 0,7

- A untuk YC manual $= \frac{T\ x\ D\ x\ ATEU}{H\ x\ 365\ x\ m}$

  $= \frac{1.355.360\ x\ 3{,}94\ x\ 9}{0{,}9\ x\ 365\ x\ 0{,}7}$

  = 209.006,591 m^2

- A untuk YC Semi-otomatis $= \frac{T\ x\ D\ x\ ATEU}{H\ x\ 365\ x\ m}$

  $= \frac{1.355.360\ x\ 3{,}94\ x\ 7}{0{,}9\ x\ 365\ x\ 0{,}7}$

  = 162.560,682 m^2

- A untuk YC Otomatis total $= \frac{T\ x\ D\ x\ ATEU}{H\ x\ 365\ x\ m}$

  $= \frac{1.355.360\ x\ 3{,}94\ x\ 7}{0{,}9\ x\ 365\ x\ 0{,}7}$

  = 162.560,682 m^2

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui kebutuhan luas lapangan penumpukan apabila TPS menggunakan YC manual sebesar 209.006,591 m^2, sedangkan apabila TPS menggunakan YC semi-otomatis dan otomatis sebesar 162.560,682 m^2. Nilai kebutuhan lapangan penumpukan YC semi-otomatis dan otomatis total memiliki hasil yang sama dikarenakan memiliki ketinggian lapangan penumpukan yang sama. Hasil dari perhitungan ini digunakan pada tahap selanjutnya dalam perhitungan YOR.

b. Perhitungan YOR

Dengan membandingkan nilai A terhadap nilai A_T, maka persentase nilai YOR akan diketahui. Persentase nilai YOR akan menunjukan status kondisi utilitas lapangan penumpukan pada terminal petikemas.

Menggunakan persamaan 5.11 dan juga nilai A yang telah dianalisis sebelumnya, maka didapatkan persentase YOR pada tahun 2020 adalah:

- YOR YC Manual $= \frac{A}{A_T}$ x 100%

$$= \frac{209.006,591}{350.000} \text{ x } 100\%$$

$$= 60\%$$

- YOR YC Semi-otomatis $= \frac{A}{A_T}$ x 100%

$$= \frac{162.560,682}{490.000} \text{ x } 100\%$$

$$= 46\%$$

- YOR YC Otomatis total $= \frac{A}{A_T}$ x 100%

$$= \frac{162.560,682}{490.000} \text{ x } 100\%$$

$$= 46\%$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa persentase nilai YOR pada YC manul, YC semi-otomatis dan YC otomatis total mampu mengupayakan utilitas lapangan internasional dalam kondisi baik.

5.5.6 *Yard Throughput* (YTP)

YTP adalah arus bongkar-muat yang melewati lapangan penumpukan. Nilai dari YTP ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$YTP = \frac{Throughput}{Luas\ efektif} \tag{5.13}$$

Pada tulisan ini, nilai *throughput* pada lapangan penumpukan dihitung terlebih dahulu. Nilai *throughput* didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$Throughput = \frac{W_{HD}}{D} \text{ x YOR x } C_s \tag{5.14}$$

Dimana,
Periode : jumlah hari dalam 1 tahun (hari)
YOR : *Yard Occupancy Ratio* (%)
C_s : Kapasitas lapangan penumpukan (TEUs)
D : *Dwelling Time* (hari)

Dengan menggunakan nilai YOR telah ditentukan sebelumnya, dan nilai kapasitas lapangan penumpukan yang dipengaruhi oleh ketinggian penumpukan. Perhitungan YTP tertulis dibawah ini:

- YTP manual $= \frac{(W_{HD}/D)\ x\ YOR\ x\ \ C_S)}{Luas\ efektif}$

$$= \frac{(365/3.49)\ x\ 60\%\ x\ \ 46916)}{312.000}$$

$= 8{,}36$ TEU/m^2

- YTP semi-otomatis $= \frac{(W_{HD}/D)\ x\ YOR\ x\ C_S)}{Luas\ efektif}$

$= \frac{(365/3.49)\ x\ 46\%\ x\ 58645)}{312.000}$

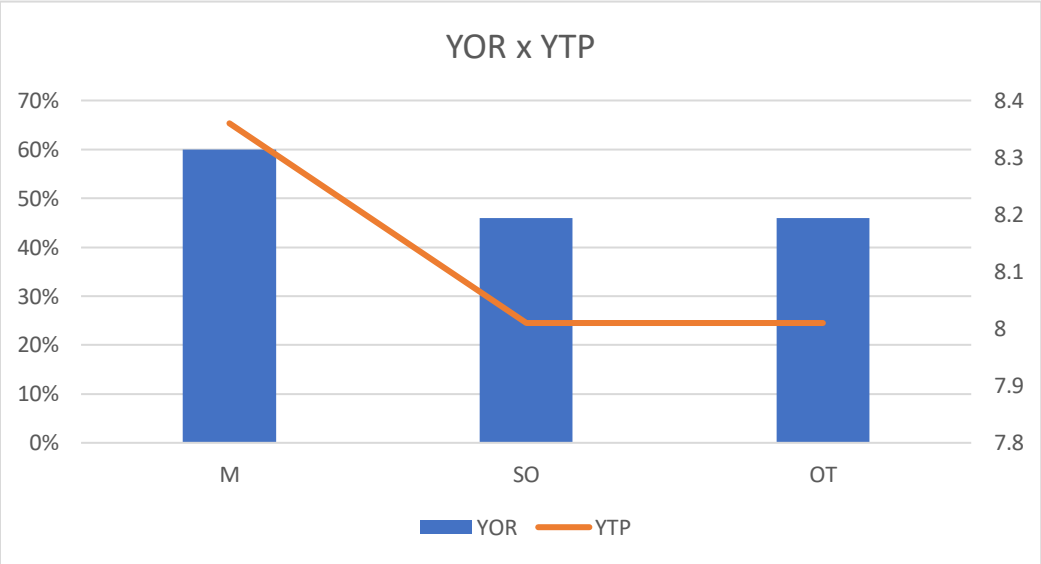
$= 8{,}01$ TEU/m^2

- YTP otomatis total $= \frac{(W_{HD}/D)\ x\ YOR\ x\ C_S)}{Luas\ efektif}$

$= \frac{(365/3.49)\ x\ 46\%\ x\ 58645)}{312.000}$

$= 8{,}01$ TEU/m^2

Pada persamaan (5.14), diketahui bahwa YOR menjadi salah satu variabel yang mempengaruhi nilai YTP. Oleh karena itu, Gambar dibawah ini menunjukan hubungan antara YOR dan YTP.



Gambar 5. 5 Perbandingan YTP dan YTP

Gambar 5.5 menunjukan grafik perbandingan nilai YOR dan YTP. *Bar* berwarna biru adalah nilai YOR dengan sistem kontrol manual (M), semi-otomatis (SO) dan juga otomatis total (OT). Garis oranye pada gambar adalah nilai YTP dengan sistem kontrol M, SO dan OT.

Pada Gambar 5.5. ditunjukan adanya penurunan *bar* dan juga garis dari manual ke otomatis total. Penurunan tersebut dikarenakan nilai YOR pada YC manual sebesar 60% dan nilai YOR semi-otomatis dan otomatis total sebesar 46%, mempengaruhi nilai YTP.

Nilai YTP akan naik apabila nilai YOR juga naik. Berdasarkan hal ini, dapat diketahui bahwa YTP dan YOR memiliki tren yang sebanding. Tingginya nilai YTP menunjukan bahwa utilitas lapangan memiliki persentase yang tinggi. Sedangkan YTP yang rendah menunjukan bahwa utilitas lapangan memiliki persentase yang rendah.

5.5.7 *Truck Round Time* (TRT)

Dalam tulisan ini, HT yang digunakan adalah truk konvensional dan AGV. Untuk mengukur produktivitas HT menggunakan *Truck Round Time* dari truk. Berdasarkan data dan spesifikasi yang diperoleh, diketahui bahwa kecepatan truk konvensional di TPS adakah 25 km/h atau setara dengan 6,94 m/s. Dari manufaktur yang dipilih penulis, kecepatan maksimum AGV adalah 7 m/s. Namun, diambil nilai 6 m/s pada kecepatan AGV dengan asumsi AGV akan melaju dibawah kecepatan maksimumnya. Produktivitas HT diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$TRT = (2 \times Wt) + Wq + Wnot \tag{5.13}$$

Dimana,
Wt = Waktu tempuh HT dari dermaga ke lapangan penumpukan
Wq = waktu antre
Wnot = waktu tidak bekerja

Selain dari kecepatan yang membedakan antara keduanya, terdapat variabel lain yaitu waktu tidak bekerja (Wnot). Wnot menunjukan waktu-waktu yang terbunag pada saat proses pengantaran petikemas dari dermaga menuju lapangan atau sebaliknya. Nilai Wnot dipengaruhi oleh pekerja/operator dan sistem dari HT. (Fedorko, *et al.*, 2017) menuliskan bahwa AGV mampu mengeleminasi error yang disebabkan aktivitas manusia dikarenakan kerja AGV telah ditentukan sebelumnya sehingga dapat lebih tepat. Berdasarkan (PEMA, 2012), adanya manusia pada operai bongkar muatan dari truk dengan menggunakan *crane* otomatis akan membahayakan keselamatan. Berdasarkan literasi tersebut, penulis mengasumsikan adanya *Not Operation Time* pada saat operasi bongkar-muat dengan menggunakan truk konvensional. Berbeda dengan AGV yang memiliki ketersediaan alat lebih dibandingkan dengan truk konvensional. Sehingga tidak adanya waktu tidak bekerja. Perhitungan TRT antara truk konvensional dan AGV tertulis dibawah ini dengan asumsi,

Kecepatan Truk	: 25 km/h = 6,94 m/s
Kecepatan AGV	: 6,5 m/s
Waktu antre bongkar	: 1 menit
Waktu antre muat	: 1 menit
Driver menuju truk	: 1 menit
Operasi erorr	: 1 menit

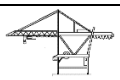
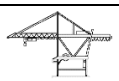
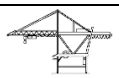
- TRT Truk Konvensional = (2 x Wt) + Wq + Wnot
  = (2 x 6,08) + 2 + 2
  = 16,15 menit/boks

- TRT AGV = (2 x Wt) + Wq + Wnot
  = (2 x 6,49) + 2 + 1
  = 15,97 menit/boks

5.6 Konfigurasi Alat

Dalam menerapakan otomasi, perlu diketahui konfigurasi alat yang memiliki durasi penanganan satu petikemas paling cepat, untuk diterapkan di terminal petikemas. Pemilihan konfigurasi alat berdasarkan durasi penanganan satu petikemas paling singkat.

Tabel 5. 8 Konfigurasi Alat

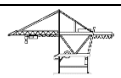
Konfigurasi	**Tingkat Otomasi**	***Produktivitas tiap Alat***		
Konfigurasi 1	Manual	 QC manual	Truk Konvensional	YC manual
Konfigurasi 2	Semi-otomatis	 QC manual	Truk Konvensional	YC otomatis
Konfigurasi 3	Semi-otomatis	QC manual	Truk Konvensional	YC semi-otomatis
Konfigurasi 4	Semi-otomatis	 QC manual	AGV	YC manual
Konfigurasi 5	Semi-otomatis	QC otomatis	Truk Konvensional	YC otomatis
Konfigurasi 6	Semi-otomatis	QC otomatis	Truk Konvensional	YC otomatis

Tabel 5.8 menunjukan konfigurasi penerapan terminal petikemas semi-otomatis pada TPS dengan memvariasikan alat yang digunakan dan tingkat otomasi pada kontrol alat. Terdapat enam konfigurasi yang dihitung pada tulisan ini. Durasi penanganan setu petikemas akan didapatkan menggunakan perhitungan produktivitas alat dan TRT.

Dari tabel 5.9 diketahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penanganan satu petikemas. TPS dengan dengan alatnya yang masih manual digambarkan dengan konfigurasi 1, merupakan konfigurasi durasi paling lama dengan total waktu 22,91 menit/boks. Hasil dari perhitungan menunjukan bahwa konfigurasi 5 dengan AQC dan AYC memiliki durasi waktu operasi paling singkat dalam menangani satu petikemas dengan waktu 21,92 menit/boks. Hasil dari perhitungan ini diperkuat dengan hasil

analisis terkait otomasi pada terminal petikemas yang ditulis oleh (Soberón, *et al*. 2014) yang menyatakan bahwa otomasi mampu meningkatkan produktivitas terminal petikemas.

Tabel 5. 9 Durasi Tiap Konfigurasi

Konfigurasi	***Produktivitas tiap Alat***			***Durasi***
Konfigurasi 1	QC manual	Truk Konvensional	YC manual	22,91 menit/boks
Konfigurasi 2	QC manual	Truk Konvensional	YC otomatis	22,29 menit/boks
Konfigurasi 3	QC manual	Truk Konvensional	YC semi-otomatis	23,58 menit/boks
Konfigurasi 4	 QC manual	AGV	YC manual	22,73 menit/boks
Konfigurasi 5	QC otomatis	Truk Konvensional	YC otomatis	21,92 menit/boks
Konfigurasi 6	QC otomatis	Truk Konvensional	YC otomatis	22,31 menit/boks

Konfigurasi 5 memiliki durasi paling singkat dikarenakan pada perhitungan produktivitas alat dengan satuan B/C/H, AQC dan AYC memiliki produktivitas paling baik. Dari hasil produktivitas tersebut dapat diketahui bahwa durasi AQC dalam menangani satu petikemas adalah 1,76 menit/boks dan AYC adalah 4 menit/boks. Ditambah dengan TRT truk konvensional, sehingga didapatkan nilai 21,92 menit/boks sebagai durasi penanganan satu petikemas pada terminal petikemas secara teoritis.

5.7 Persiapan Otomasi

Setelah melakukan analisis pada fase satu dan dua, maka sampailah TPS pada proses pembuatan keputusan. TPS menentukan hasil pertimbangannya dalam menerapkan otomasi. Apabila TPS memilih untuk menerapkan otomasi, maka beralih ke fase tiga yaitu persiapan otomasi. Pada fase ini, dianalisis terkait persiapan-persiapan dalam penerapan otomasi yang ditinjau dari aspek teknis serta opersional dan non-

operasional. Analisis persiapan ini didapatkan dari hasil studi literasi. Dari fase ini, TPS akan mengetahui hal apa saja yang perlu diperbaiki atau dipersiapkan. Persiapan-persiapan tersebut divisualisasikan pada Gambar 5.6. Penjelasan mengenai Gambar 5.6, tertulis dalam bentuk poin-poin berikut.

- Persiapan Teknis

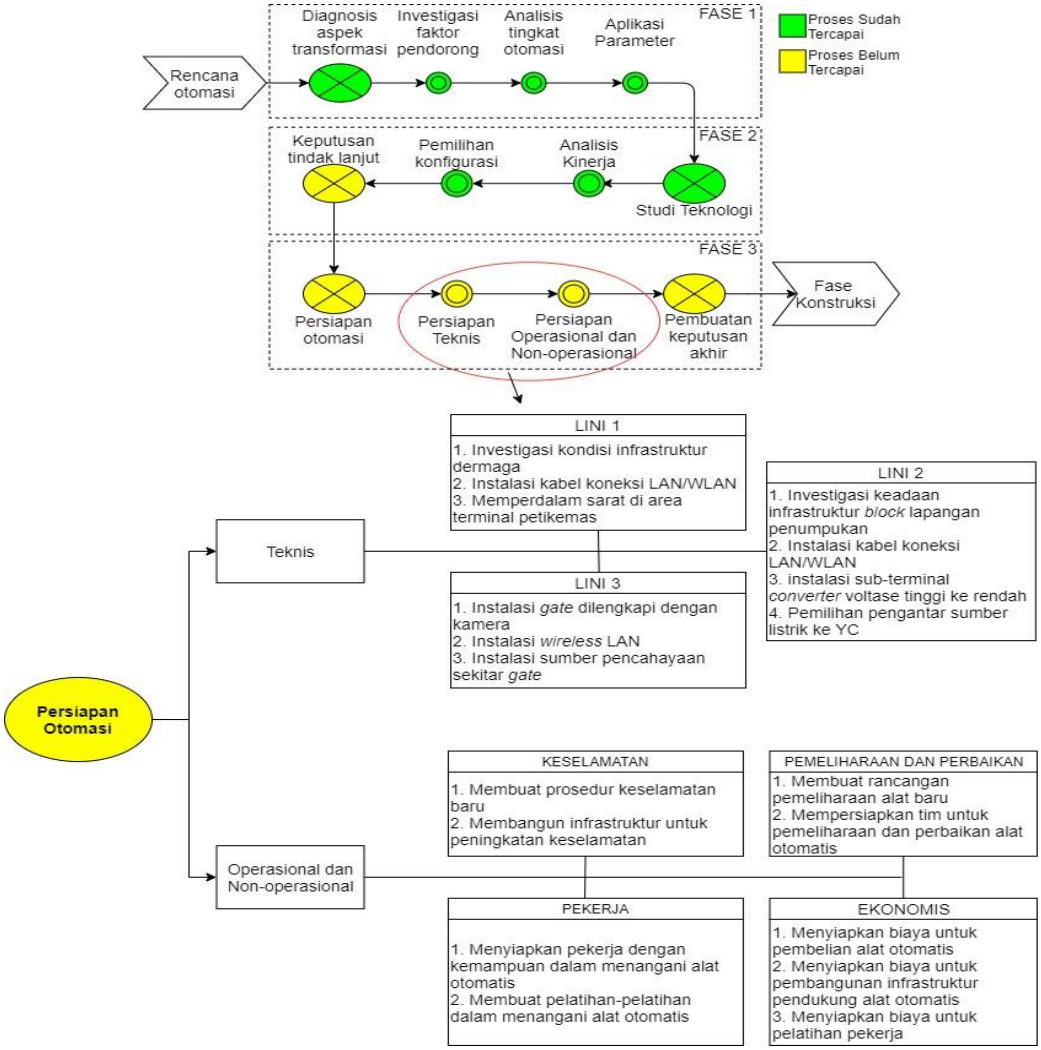
Pada persiapan teknis, TPS perlu untuk mempersiapkan atau memperbaiki untuk kebutuhan otomasi yang ditinjau pada lini satu hingga lini tiga. Umumnya persiapan tersebut meliputi investigasi infrastruktur, instalasi kabel LAN/WLAN, instalasi kebutuhan penyediaan listrik sebagai sumber penggerak *crane*. Investigasi pada infrastruktur adalah hal yang perlu untuk diperhatikan terlebih dahulu. Berdasarkan (Nichol, 2015), terminal petikemas perlu untuk mengetahui kemampuan infrastrukturnya dalam mengakomodasi alat dengan beban berat dengan perkembangan strukturnya. Sehingga, untuk menerapkan otomasi dengan AQC dan AYC, TPS perlu memastikan kondisi infrastruktur pada dermaga dan infrastruktur pada *block* di lapangan penumpukan. Dengan penggunaan alat otomatis, sistem akan dimodifikasi menjadi sistem elektrik. Adanya modifikasi tersebut mengharuskan TPS untuk membangun infrastruktur pendukung elektrifikasi, seperti sub-terminal *converter* dari volatase tinggi ke rendah.

Penggunaan alat otomasi ini juga mengubah kendali operasi yang semula manusia bekerja satu area dengan alat bongkar-muat (*crane*), kini operasi dikendalikan terpusat pada *control room*. Untuk mendukung hal tersebut, *crane* akan terpasang dengan banyak kamera yang berfungsi untuk memberikan visual kerja *crane* pada layar di *control room*. Hasil tangkapan gambar dari kamera perlu untuk ditransmisikan secara *real time*. Sehingga, dibutuhkannya koneksi internet dalam proses tersebut. Berdasarkan laporan yang dipublis oleh Huawei, *bandwith* yang dibutuhkan pada proses transmisi gambar ini berkisar 30 – 200 Mbps. TPS perlu memastikan terlebih dahulu bahwa adanya penyedia internet yang dapat mengakomodasi kebutuhan otomasi. Apabila sudah dipastikan ada, TPS perlu untuk melakukan instalasi kabel LAN/WLAN yang terhubung dengan kamera-kamera yang terpasang pada *crane*. LAN/WLAN pun dibutuhkan pada operasi di lini tiga atau *gate* dengan penerapan *Optical-Character-Recognition* (OCR). Dengan menerapkan OCR, *gate* akan terpasang dua jenis kamera yaitu *area scane* dan *line scane* (PEMA, 2013). Kamera ini membutuhkan internet yang kuat serta listrik yang kuat, ditambah dengan pencahayaan yang terang. Dalam menerapkan ini TPS perlu untuk melakukan instalasi *gate* yang terpasang kamera, LAN/WLAN dan juga sumber pencahayaan.

- Persiapan Operasional dan Non-operasional

Selanjutnya, TPS perlu untuk melakukan persiapan atau perbaikan pada operasional dan non-operasional yang ditinjau dari aspek keselamatan, pemeliharaan dan perbaikan, pekerja dan biaya investasi. Otomasi memberikan keuntungan dalam meningkatkan keselamatan (Soberón, *et al.*, 2014). Peningkatan tersebut didasari dengan mengurangi hingga menghilangkan gabungan operasi antara manusia dengan alat berat. Penerapan semi-otomatis pada TPS hanya pada tingkat mengurangi gabungan operasi. Masih adanya manusia sebagai pengendara *truck*, hal tersebut menjadi salah satu yang

harus diperhatikan oleh TPS. Berdasarkan (Rademaker, 2007), gabungan operasi ini dapat memicu permasalahan keselamatan. Namun, Gylling pada *port technology* menyatakan bahwa permasalahan tersebut dapat dikurangi dengan adanya batasan antara alat otomatis dan manusia. Seperti contohnya, pada lapangan penumpukan dibuat pagar pembatas. Untuk mengurangi permasalahan-permasalahan lain, TPS juga perlu untuk membuat prosedur keselamatan baru.



Gambar 5. 6 Persiapan Otomasi

Pada alat otomatis, pemeliharaan dan perbaikan merupakan salah satu hal yang sangat esensial terhadap operasi. Berdasarkan KALMAR pada *information paper* yang dipublis pada tahun 2017 menyatakan bahwa alat manual masih dapat bekerja walaupun dalam kondisi yang tidak baik, namun pada alat otomatis kerusakan kecil dapat mempengaruhi performa dari terminal petikemas. Sehingga alat otomatis membutuhkan

program pemeliharaan yang rutin. Dengan kondisi seperti ini, TPS perlu untuk membuat jadwal pemeliharaan dan perbaikan baru sesuai dengan kebutuhan alat otomatis. Selain itu, TPS juga perlu mencari dan membuat tim khusus yang mampu untuk melakukan perbaikan dan pemeliharaan alat otomatis.

TPS perlu untuk membuat berbagai macam pelatihan dengan meninjau dua aspek diatas dan hal lainnya dalam menangani otomasi. Berdasarkan (Duran, 2016), program pelatihan yang perlu dipersiapkan untuk menangani otomasi adalah pengenalan otomasi dan juga sistem otomasi serta pemeliharaan dan perbaikan alat otomatis. TPS juga perlu mengadakan pelatihan keselamatan pada lingkungan kerja, pelatihan keselamatan pada saat pemeliharaan dan perbaikan.

Aspek ekonomis adalah aspek terakhir yang perlu dipersiapkan oleh TPS. Aspek ini sangat krusial untuk dipersiapkan karena menjadi kunci dalam penentu terlaksananya penerapan otomasi. Berdasarkan (Soberón, *et al.*, 2014), biaya yang keluarkan dalam penerapan otomasi dialokasikan untuk pembelian alat, pembanganunan infrastruktur pendukung dan juga pelatihan. Sehingga dapat disimpulkan, TPS perlu untuk mempersiapan biaya untuk pembeliatan AQC dan AYC dan instalasi OCR, pembuatan infrastruktur pendukung otomasi seperti instalasi LAN/WLAN atau sub-terminal volatase *converter* serta pengadaan pelatihan-pelatihan kepada pekerja untuk menangani dan mengahadapi alat otomatis.

5.8 Perbandingan Kondisi Terminal

Pada subbab ini menjelaskan terkait perbandingan kondisi eksisting TPS dengan kondisi TPS apabila bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis. Perbandingan kondisi ini meninjau dari aspek teknis, operasional, non-operasional, dan kinerja. Penjelasan perbandingan tertulis pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Perbandingan Kondisi Terminal

Aspek	Kondisi Eksisting	Kondisi Penerapan Semi-otomatis
Teknis	a. Produktivitas dan efesiensi bergantung pada operator b. Ketepatan penumpukan bergatung pada operator c. Terdapat limitasi jam operasional	a. Fitur *skew control system* dan *position control* pada AQC meningkatkan produktivitas b. Penambahan sensor dan kamera membantu dalam kecepatan dan ketepatan penumpukan. c. Ketersediaan operasi d. *Gate* ditambah dengan bantuan kamera
Operasional	a. Sistem kendali sepenuhnya digerakkan oleh manusia b. Kebutuhan listrik rendah c. Resiko kecelakaan tinggi	a. Sistem kendali sebagian menggunakan alat otomatis b. Kebutuhan listrik tinggi c. Resiko kecelakaan tereduksi d. Membutuhkan internet stabil

Non-Operasional	a. Biaya operasional tinggi	a. Mengurangi biaya operasional
Kinerja	a. Memiliki produktivitas yang fluktuatif b. Durasi penanganan petikemas secara teoritis adalah 23,41 menit/boks	a. Memiliki produktivitas kerja yang konsisten b. Durasi penanganan petikemas secara teoritis adalah 22,42 menit/boks

Perbedaan teknis antara kondisi eksisting dan kondisi TPS apabila menerapkan semi-otomatis berada pada produktivitas, ketepatan dan kecepatan kerja dengan "tenaga" yang berbeda. Kondisi eksting TPS saat ini, semua alat masih digerakkan oleh manusia. Sehingga, produktivitas, ketepatan dan kecepatan kerja masih begantung pada kondisi manusia. Apabila TPS menerapkan semi-otomatis dengan AQC, AYC serta penerapan OCR pada *gate*, operasi bergantung pada kerja komputer. Selain meningkatkan produktivitas ketepatan dan kecepatan kerja, berdasarkan (Duran, 2016) operasi akan lebih akurat dan terprediksi.

Menggunakan alat manual, sistem kendali pada TPS saat ini sepenuhnya digerakan oleh operator. Sehingga manusia dan *crane* masih dalam satu area kerja yang sama, hal ini tentunya berdampak pada resiko kecelakaan yang tinggi. Dengan TPS menerapkan semi-otomatis dengan AQC dan AYC, sistem kendali sebagian digerakkan secara otomatis atau dengan remot yang berdampak pada pengurangan manusia untuk bekerja pada area yang sama sehingga mengurangi resiko kecelakaan. Perubahan sistem kontrol yang menjadi otomatis mengharuskan TPS untuk menyediakan internet sebagai pendukung operasi alat otomatis. Dengan penerapan otomasi, alat berkerja menggunakan sistem elektrik (Soberón, *et al*., 2014). Penggunaan sistem elektrik ini memberikan keuntungan dalam mengurangi polusi udara dan kebisingan. Namun, TPS akan membutuhkan kebutuhan listrik yang tinggi.

Aspek yang membedakan selanjutnya adalah biaya operasional. Berdasarkan (Duran, 2016), terminal otomatis akan menurunkan biaya operasional. Hal tersebut dikarenakan adanya pengurangan pegawai dan juga akibat dari modifikasi menjadi sistem elektrik yang tidak lagi membutuhkan bahan bakar. Pengurangan biaya operasional juga dikarenakan, semakin berkurangnya perbaikan alat akibat tubrukan, ketidak tepatan penangan petikemas atau kesalahan manusia (Kalmar, 2017).

Aspek kinerja menjadi aspek terakhir yang membedakan kondisi eksiting dan kondisis TPS setelah menerapkan semi otomatis. Kondisi saat ini, semua alat masih digerakkan secara manual. Hal ini berpengaruh dalam produktivitas penanganan kapal yang fluktuatif. (Duran, 2016) pada tulisannya menyebutkan bahwa otomasi mendukung operasi yang mulus tanpa adanya aktivitas-aktivtas yang membuang waktu seperti pergantian *shift*, makan siang atau lainnya. Dengan otomasi, produktivitas penanganan kapal lebih konsisten atau stabil (Slutej dan Kolonic, 2009). Kondisi eksisting TPS dengan konfigurasi alat seluruhnya manual, apabila dikalkukasi scara teoritis memiliki durasi 22,91 menit/boks. Durasi ini lebih lama dibandingkan dengan TPS menerapkan semi-otomatis dengan durasi 21,92 menit/boks.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Pada subbab ini menjelaskan kesimpulan dari topik penelitian mengenai analisis penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia. Kesimpulan tersebut dijelaskan pada poin-poin berikut.

1. Aspek transformasi otomasi yang terdiri dari faktor penerapan otomasi dari parameter otomasi. Aspek trasnformasi otomasi digunakan untuk mengukur urgensi terminal petikemas dalam meninjau lebih lanjut terkait penerapan otomasi berdasarkan tingkatan otomasi yang diterapkan. Penentuan tingkatan otomasi menggunakan delapan faktor penerapan otomasi sebagai kriterianya yang diolah menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*. Kemudian, pengukuran tingkat urgensi otomasi menggunakan parameter otomasi yang meninjau empat hal, yaitu arus petikemas, biaya investasi, manajemen lingkungan dan kapasitas yard.
2. Lokasi pengaplikasian aspek transformasi yang terpilih adalah Terminal Petikemas Surabaya (TPS). Hasil dari penerapan aspek transformasi tersebut menyatakan bahwa TPS memiliki faktor pendorong dikarenakan semakin meningkatnya arus petikemas, kapal berukuran besar yang datang dan juga tarif Tenaga Kerja Bongkar Muat yang semakin tinggi. Dengan meninjau faktor penerapan otomasi, dinyatakan bahwa TPS berprospek untuk bertrasnformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis. Kemudian, parameter otomasi diaplikasikan untuk mengetahui urgensi TPS dalam menerapkan otomasi dengan tingkatan semi-otomatis. Hasil dari aplikasi parameter menyatakan bahwa urgensi dalam tingkatan yang rendah. Dengan melihat rendahnya urgensi tersebut, TPS belum direkomendasikan untuk meninjau lebih lanjut penerapan otomasi. Namun, hasil dari kuesioner yang diisi oleh empat responden dari TPS yang memiliki jabatan yang cukup tinggi menyatakan bahwa TPS memiliki rencana untuk menerapkan otomasi. Sehingga, analisis dilanjutkan untuk mengetahui kinerja dan konfigurasi TPS.
3. Hasil dari analisis kinerja dan konfigurasi, TPS direkomendasikan untuk menerapkan terminal petikemas semi-otomatis dengan QC dan YC otomatis. Menggunakan konfigurasi tersebut, TPS mampu menangani satu petikemas dengan durasi 21,92 menit/boks, memiliki nilai BOR dan YOR dibawah standar maksimum regulasi dan produktivitas QC yang konsisten.

Tulisan ini memberikan pembahasan mendalam terkait penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia dan merupakan yang pertama dalam membahas topik ini. Ttulisan ini diharapkan dapat menjadi pedoman bagi terminal petikemas khususnya di Indonesia untuk menerapkan otomasi. Tulisan ini berhasil diselesaikan ditengah kondisi pandemi COVID-19. Tentunya terdapat beberapa tantangan yang dihadapi penulis, salah satunya adalah pengambilan data melalui kuesioner maupun observasi langsung.

6.2 Rekomendasi

Melihat hasil dari analisis yang telah dilakuka, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat diberikan kepada terminal petikemas secara umum di Indonesia, TPS dan juga kepada peneliti selanjutnya.

1. Rekomendasi kepada terminal petikemas:
- Apabila terminal petikemas di Indonesia ingin menerapkan otomasi, langkah awal yang perlu dilakukan adalah melakukan analisis terhadap faktor-faktor pendorong dibutuhkannya penerapan otomasi.
- Terminal petikemas di Indonesia sangat direkomendasikan untuk meninjau dan mengaplikasikan "aspek transformasi" untuk menentukan tingkatan otomasi yang berprospek untuk diterapkan dan mengetahui urgensi dalam penerapan otomasi.

2. Rekomendasi kepada Terminal Petikemas Surabaya:
- Hasil analisa menunjukan bahwa dengan kondisi saat ini, TPS berprospek untuk bertransformasi mejadi terminal petikemas semi-otomatis dibandingkan otomatis total.
- Penggunaaan QC otomatis dan YC otomatis adalah konfigurasi yang memberikan durasi penanganan satu petikemas paling singkat yang cocok diterapkan oleh TPS.
- Mulai untuk mempersiapkan segala bentuk persiapan teknis maupun persiapan operasioanl dan non-operasional.

3. Rekomendasi kepada peneliti:
- Menambahkan perbandingan analisis kinerja antara terminal petikemas yang telah menerapkan otomasi dengan terminal petikemas manual
- Melakukan simulasi untuk menentukan konfigurasi yang sesuai dengan kondisi ril terminal petikemas.

DAFTAR PUSTAKA

Abhinaya, A., 2019. *Analisis Efesiensi Terminal Kontainer Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis di Terminal Petikemas Surabaya, Terminal TPK KOJA, dan Terminal Petikemas Semarang,* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Alho, T., 2019. *Latest Automation Technologu Developments for Ports and Terminals.* [Online] Available at: https://anesco.org/wp-content/uploads/2019/02/TIMO-ALHO-Kalmar-ANESCO-Automation-TA-presentation-20190219.pdf [Accessed 18 Jnue 2020].

Allianz, 2019. *Safety and Shipping Review.* [Online] Available at: https://www.agcs.allianz.com/content/dam/onemarketing/agcs/agcs/reports/AGCS-Safety-Shipping-Review-2019.pdf [Accessed 14 June 2020].

Carvalho, H. D. D., 2012. *Information Technology Applied to Container Terminals Automation,* Milano: s.n.

Choi, H.R, Park, N.K., Park, B.J., Yoo, D.H., Kwon, H.K., Shin, J.J., 2006. *An Automated Gate System Based on RFID Technology*. Athens, WSEAS International Conference on SYSTEMS.

Chu, F., Gailus, S., Liu, L. & Ni, L., 2018. *The Future of Automated Ports.* [Online] Available at: mckinsey.com [Accessed 18 June 2020].

Duran, G., 2016. *Managing the Implementation of Container Terminal Automation.* [Online] Available at: http://csum-dspace.calstate.edu/handle/10211.3/173269 [Accessed 13 June 2020].

Fedorko, Gabriel, Stanislav Honus, and Roland Salai., 2017. *Comparison of the Traditional and Autonomous AGV Systems*. In *MATEX Web of Conference.* Vol.134. EDP Sciences. doi:10.1051/matecconf/201713400013.

Heilig, L., Schwarze, S. & Voß, S., 2017. *An Analysis of Digital Transformation in the History and Future of Modern Ports.* Hawaii, Hawaii International Conference on System Sciences.

Hirvonen, A., Salonen, H. & Soderberg, P., 2017. *Reducing Air Emission in a Container Terminal.* [Online] Available at: https://www.kalmarglobal.com [Accessed 19 February 2020].

Ikemachi, M., 2019. *Modernization of Container Port Operation and Management.* [Online] Available at: https://www.pianc.org/uploads/files/EVENTS/1st-PIANC-CAMBODIA-SEMINAR/08-Mr.-lkemachi-PIANC_seminar_JACMS_handout1.pdf [Accessed 13 July 2020].

Jordan, M. A. & S.E., 2002. *Quay Crane Productivity.* [Online] Available at: http://www.liftech.net/wp-content/uploads/2002/11/Quay-Crane-

Productivity-Paper.pdf
[Accessed 20 July 2020].

Kementerian Perhubungan DJPL, 2018. *Data dan Informasi Angkutan Laut 2018.* [Online]
Available at: http://hubla.dephub.go.id/publikasi/Statistik/Forms/AllItems.aspx
[Accessed 26 June 2020].

Limanto, W., 2018. *Penentuan Jumlah Crane Pada Proses Bongkar Muat Peti Kemas di Terminal Jamrud Selatan Pelabuhan Tanjung Perak Menggunakan Metode Simulasi Diskrit*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lirn, T. & Chiu, M., 2009. *A Study of the SMART container monitoring system in the ocean shipping industry.* Istanbul, ISL

Madekivi, T., 2018. *Container Terminal Automation and Intelligent Cargo Handling.* [Online]
Available at: http://www.imsf.info
[Accessed 6 February 2020].

Martín-Soberón, A. M. et al., 2014. Automation in Port Container Terminals. *Procedia,* Volume 160, pp. 195-204.

Mongelluzzo, B., 2016. *Terminal automation: Expensive, unsexy but consistent.* [Online]
Available at: https://www.joc.com/port-news/port-equipment/terminal-automation-expensive-unsexy-consistent_20161228.html
[Accessed 18 February 2020].

Mongelluzzo, B., 2019. *More North American Port Automation Expected.* [Online]
Available at: https://www.joc.com/port-news/port-productivity/more-north-american-port-automation-coming-moody%E2%80%99s_20190704.html
[Accessed 15 April 2020].

Nichol, J., 2015. *The Automation Market for North American Container Terminals.* Vallejo: California Maritime Academy.

Orive, A. C., José Ignacio Parra Santiago, Corral, M. & Nicoletta González-Cancelas, 2020.
Strategic Analysis of the Automation of Container Port Terminals through BOT (Business Observation Tool). *Logistics,* 4(1).

PEMA, 2011. R*FID in Ports and Terminals*. [Online] Available at: www.pema.org

PEMA, 2013. *OCR in Ports and Terminals.* [Online] Available at: https://www.pema.org/wp-content/uploads/downloads/2013/01/PEMA-IP4-OCR-in-Ports-and-Terminals.pdf.

PEMA, 2016. *Container Terminal Automation.* [Online]
Available at: www.pema.org
[Accessed 20 February 2020].

PEMA, 2019. *Automating Yard Operation in Brownfield Container Terminals: Infrastructure.* [Online]
Available at: https://www.pema.org/pema-publishes-brownfield-automation-information-paper/
[Accessed 26 June 2020].

Poot, M., 2017. *Development of Greenfields.* [Online]
Available at: https://www.westernharboursalliance.com/wp-content/uploads/2018/03/2017-06-16-Rotterdam-port-consultants-presentation-

M-Poot.pdf
[Accessed 20 February 2020].

Port Of Los Angeles, 2014. *Container Terminal Automation.* [Online] Available at: https://kentico.portoflosangeles.org/getmedia/146d2a00-d871-4886-9c79-6f43e5ba3388/042014_item5_transmittal_3
[Accessed 17 February 2020].

PRISM. 2019. *Economic Impact Study of Digitization and Automation of Marine Port Terminal Operations in British Columbia.* [Online] Available at: https://ilwu.ca/wp-content/uploads/prism-ilwu_report-a3-aug14.pdf.

Rademaker, W.C.A., 2007. *Container Terminal Automation: Feasibility of terminal automation for mid-sized terminals*.

Radmilović, Z. & Jovanović, S., 2006. Berth Occupancy at Container Terminals: Comparison of Analytical and Empirical Results. *Traffic & Transportation,* Volume 18.

Saanen, Yvo, 2003. *The Design and Assessment of Next Generation Automated Container terminals*.

Saaty, T. L. & Vargas, L. G., 2012. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process.* 1st ed. s.l.:Springer; Softcover reprint of the original.

Shi, X. & Voss, S., 2011. RIFD Technology and its Application to Port-Based Container Logistics. *Organizational Computing and Electronic Commerce,* 21(4), pp. 332-347.

Slutej, Alojz, Kolonić & Fetah, 2009. *Advances in Container Cranes Automation.* Dubrovnik, s.n.

Stoilova, S. D. & Martinov, S. V., 2019. *Choosing the Container Handling Equipment*

Sunaryo & Hamka, M. A., 2017. Safety Risks Assessment on Container Terminal Using Hazard Identification and Risk Assessment and Fault Tree Analysis Methods. *Procedia Engineering,* Volume 194, pp. 307-314.

Supriyono, 2013. Analisis Kinerja Terminal Petikemas di Tanjung Perak Surabaya (Study Kasus: PT. Terminal Petikemas Surabaya). *Media Komunikasi Teknik Sipil,* 19(1).

Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designer Handbook (3rd ed)*. London: ICE Publishing.

UNCTAD, 2008 - 2018. *Indonesia Container Port Throughput.* [Online] Available at: https://www.ceicdata.com/en/indicator/indonesia/container-port-throughput
[Accessed 26 June 2020].

UNCTAD, 2018. Review of Maritime Transport. *2018*.

UNCTAD, 2019. *Review of Maritime Transport.* 2019

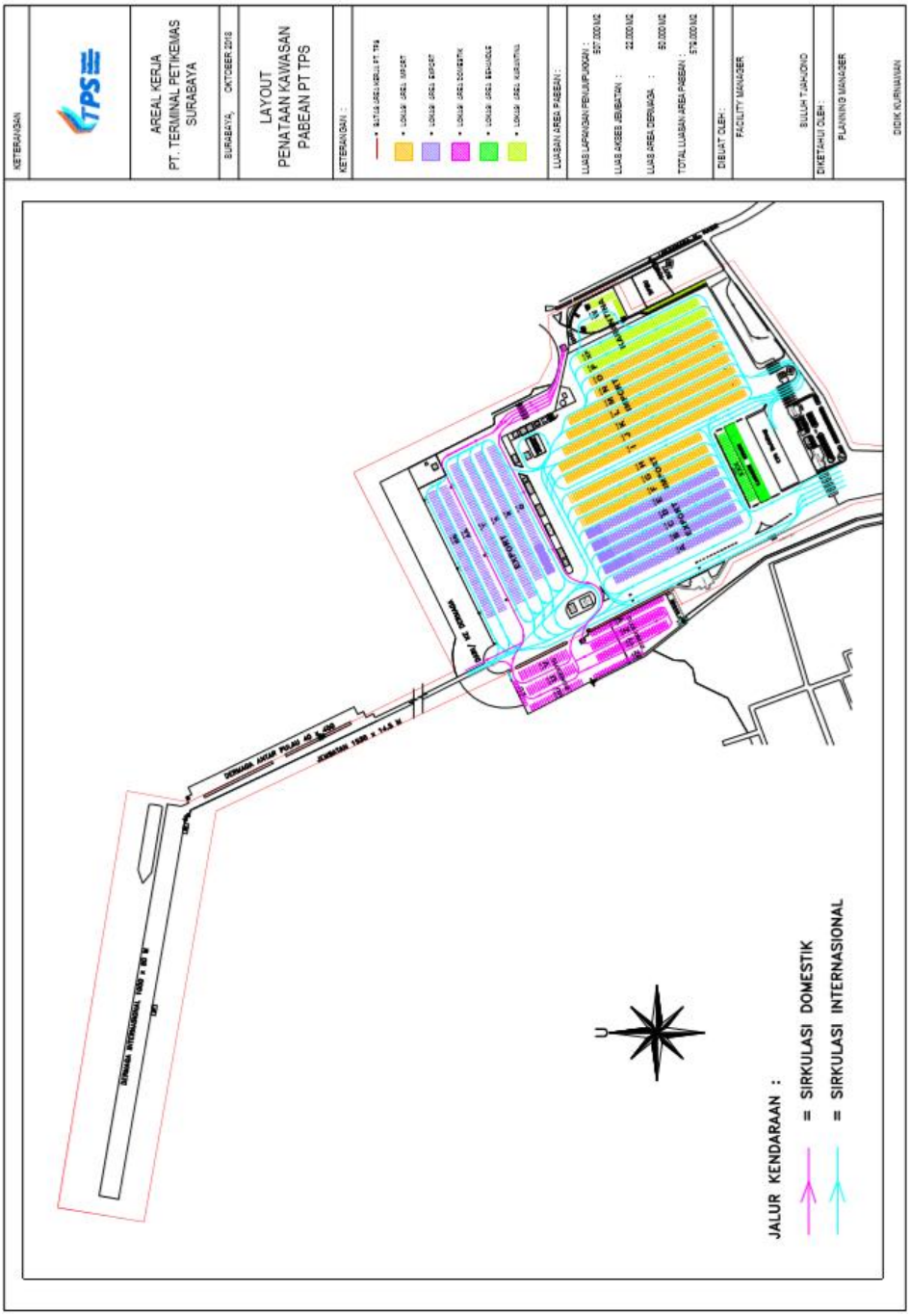
Valentina, G., 2015. *New Technology Used for Automation of Container Handling at Terminal*. *Marine Technology and Environment*.

Zrnić, N., Petković, Z. & Bošnjak, S., 2015. *Automation of Ship-To-Shore Container Cranes: A Review of Stateof-the-Art.* [Online].

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
Layout Terminal Petikemas Surabaya

Lampiran A.1 *Layout* Terminal Petikemas Surabaya



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN B
Kuesioner Pembobotan Faktor Penerapan Otomasi

Lampiran B.1 Kuesioner Pembobotan Faktor Penerapan Otomasi

Bapak/Ibu yang saya Hormati,

Perkenalkan nama saya Bagas Pamungkas, mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan.

Kuesioner ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dari Tugas Akhir dengan judul "Analisa Penerapan Otomasi pada Terminal Petikemas di Indonesia" dibawah bimbingan Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beberapa faktor dalam penerapan otomasi menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Bapak/Ibu dapat menghubungi saya melalui:
Telp/Whatsapp :081232913111
E-mail : bagas0706@gmail.com

Nama :
Perusahaan/Instansi :
Jabatan :
Kontak/Alamat E-mail :

PENJELASAN

Sejak tahun 1993 hingga tahun 2019, tren otomasi pada terminal petikemas semakin meningkat. Terdapat 66 terminal petikemas dunia telah menerapkan otomasi. Melihat tren tersebut tidak menutup kemungkinan akan terdapat banyak terminal petikemas mulai menerapkan otomasi. Dengan meninjau kondisi di Indonesia, melalui kuesioner ini akan diketahui pengaruh beberapa faktor dalam penerapan otomasi pada terminal petikemas di Indonesia dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

PEMBOBOTAN KRITERIA

Pembobotan kriteria digunakan untuk menilai tingkat kepentingan dari masing-masing kriteria.

PENJELASAN KRITERIA

kriteria 1 = Peningkatan arus petikemas

menunjukan tingkat arus petikemas Indonesia yang semakin meningkat. [Semakin tinggi arus petikemas, penerapan otomasi semakin memungkinkan.]

kriteria 2 = Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar

menunjukan peningkatan kapal ukuran besar yang datang ke Indonesia. [semakin cepat penanganan petikemas pada satu kapal akan semakin baik.]

kriteria 3 = Implementasi green port

menunjukan gencarnya Indonesia dalam implementasi green port. [Semakin berkurangnya penggunaan bahan bakar minyak pada alat, lingkungan akan semakin baik.]

kriteria 4 = Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

Penerapan otomasi akan mengurangi pekerja/operator, hal tersebut tentunya akan mengurangi biaya pekerja/operator yang harus dikeluarkan terminal petikemas. [semakin berkurangnya pekerja/operator, maka pengeluaran biaya pekerja/operator akan berkurang.]

kriteria 5 = Biaya investasi

menunjukan besaran kebutuhan biaya investasi yang perlu dikeluarkan oleh terminal petikemas untuk alat, infrastruktur dan pelatihan. [Semakin banyak alat yang diotomasikan maka semakin besar biaya investasi.]

kriteria 6 = Otomasi memicu permasalahan baru

menunjukan adanya permasalahan baru yang ditimbulkan dari penerapan semi-otomatis atau otomatis total, seperti sulitnya sinkronisasi dan berhentinya operasi akibat dari integrasi seluruh sistem.

kriteria 7 = Layout

menunjukan syarat dan ketentuan yang dibutuhkan dengan meninjau layout dalam penerapan otomasi, umumnya layout perpendicular untuk penerapan otomatis total dan layout parallel untuk semi-otomatis.

kriteria 8 = Kebutuhan listrik dan internet

menunjukan besarnya kebutuhan listrik dan internet untuk mengoperasikan alat otomatis. [semakin banyak alat yang diotomasikan semakin besar kebutuhannya.]

CARA PENGISIAN

1. Bapak/Ibu memilih satu dari dua kriteria
2. Bapak/Ibu memberikan bobot dengan skala 1 - 5

Angka 1 = kedua kriteria tersebut sama penting.
Angka 2 = kriteria terpilih sedikit lebih penting dibandingkan kriteria tidak terpilih
Angka 3 = kriteria terpilih lebih penting dibandingkan kriteria tidak terpilih
Angka 4 = kriteria terpilih sangat penting dibandingkan kriteria tidak terpilih
Angka 5 = kriteria terpilih mutlak lebih penting dibandingkan kriteria tidak terpilih

PEMBOBOTAN

1. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.1

	1	2	3	4	5	Mutlak Lebih Penting
Sama Penting	O	O	O	O	O	

2. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Implementasi *green port*

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.2

	1	2	3	4	5	Mutlak Lebih Penting
Sama Penting	O	O	O	O	O	

3. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.3

	1	2	3	4	5	Mutlak Lebih Penting
Sama Penting	O	O	O	O	O	

4. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Biaya investasi

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.4

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

5. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Otomasi memicu permasalahan baru

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.5

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

6. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Layout

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.6

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

7. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Arus petikemas meningkat
   - Kebutuhan listrik dan internet

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.7

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

8. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
   - Implementasi *green port*

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.8

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

9. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
   - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.9

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

10. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
   - Biaya investasi

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.10

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

11. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
   - Otomasi memicu permasalahan baru

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.11

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

12. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar
   - Layout

   Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.12

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

13. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
   - Peningkatan kedatangan kapal ukuran besar

- Kebutuhan listrik dan internet

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.13

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

14. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Implementasi *green port*
    - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.14

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

15. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Implementasi *green port*
    - Biaya investasi

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.15

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

16. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Implementasi *green port*
    - Otomasi memicu permasalahan baru

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.16

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

17. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Implementasi *green port*
    - Layout

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.17

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

18. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Implementasi *green port*
    - Kebutuhan listrik dan internet

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.18

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

19. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator
    - Biaya investasi

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.19

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

20. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator
    - Otomasi memicu permasalahan baru

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.20

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

21. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator
    - Layout

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor. 21

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

22. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Pengurangan Biaya Pekerja/Operator
    - Kebutuhan listrik dan internet

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.22

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

23. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Biaya investasi
    - Otomasi memicu permasalahan baru

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.23

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

24. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Biaya investasi
    - Layout

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.24

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

25. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Biaya investasi
    - Kebutuhan listrik dan internet

    Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.25

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

26. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Otomasi memicu permasalahan baru

- Layout

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.26

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

27. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Otomasi memicu permasalahan baru
    - Kebutuhan listrik dan internet

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.27

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

28. Dalam konteks penerapan otomasi, kriteria mana yang lebih penting untuk ditinjau?
    - Layout
    - Kebutuhan listrik dan internet

Sebarapa penting kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.28

	1	2	3	4	5	Mutlak
Sama Penting	O	O	O	O	O	Lebih Penting

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN C
Uji Realibilitas Kuesioner Tahap Satu

Lampiran C.1 Uji Reliabilitas menggunakan SPSS kuersioner tahap satu

```
RELIABILITY
  /VARIABLES=X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14
X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21 X22 X23 X24 X25 X26 X27 X28
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
  /MODEL=ALPHA.
```

Reliability

[DataSet0]

Scale: ALL

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	4	100.0
	Excluded[a]	0	.0
	Total	4	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.982	28

Cronbach's alpha	Internal consistency
$\alpha \geq 0.9$	Excellent
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	Good
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	Acceptable
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	Questionable
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	Poor
$0.5 > \alpha$	Unacceptable

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D
Perhitungan Rasio Konsistensi Kuesioner Tahap Satu

Lampiran D.1 Hasil perbandingan berpasangan kriteria

PERBANDINGAN KRITERIA								
Kriteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1,00	1,32	2,59	1,32	1,32	2,48	1,32	2,59
C2	0,76	1,00	2,43	3,27	1,24	2,43	5,66	2,65
C3	0,39	0,41	1,00	1,14	0,41	2,14	0,47	1,85
C4	0,76	0,31	0,88	1,00	0,58	2,65	0,81	2,28
C5	0,76	0,81	2,43	1,73	1,00	7,45	2,28	6,44
C6	0,40	0,41	0,47	0,38	0,13	1,00	1,09	2,43
C7	0,76	0,18	2,14	1,24	0,44	0,92	1,00	2,14
C8	0,39	0,38	0,54	0,16	0,16	0,41	0,47	1,00
SUM	5,21	4,81	12,48	10,22	5,27	19,49	13,09	21,38

Lampiran D.2 Perhitungan prioritas kriteria

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	SUM	Prioritas Kriteria
C1	1,00	1,32	2,59	1,32	1,32	2,48	1,32	2,59	1,40	0,175
C2	0,76	1,00	2,43	3,27	1,24	2,43	5,66	2,65	1,78	0,223
C3	0,39	0,41	1,00	1,14	0,41	2,14	0,47	1,85	0,66	0,083
C4	0,76	0,31	0,88	1,00	0,58	2,65	0,81	2,28	0,79	0,099
C5	0,76	0,81	2,43	1,73	1,00	7,45	2,28	6,44	1,73	0,216
C6	0,40	0,41	0,47	0,38	0,13	1,00	1,09	2,43	0,51	0,064
C7	0,76	0,18	2,14	1,24	0,44	0,92	1,00	2,14	0,78	0,098
C8	0,39	0,38	0,54	0,16	0,16	0,41	0,47	1,00	0,34	0,043

Lampiran D.3 Perhitungan Bobot Prioritas

1,00	1,32	2,59	1,32	1,32	2,48	1,32	2,59		0,175			1,495393
0,76	1,00	2,43	3,27	1,24	2,43	5,66	2,65		0,223			1,969816
0,39	0,41	1,00	1,14	0,41	2,14	0,47	1,85		0,083			0,70488
0,76	0,31	0,88	1,00	0,58	2,65	0,81	2,28	X	0,099	=		0,843728
0,76	0,81	2,43	1,73	1,00	7,45	2,28	6,44		0,216			1,877109
0,40	0,41	0,47	0,38	0,13	1,00	1,09	2,43		0,064			0,541908
0,76	0,18	2,14	1,24	0,44	0,92	1,00	2,14		0,098			0,814724
0,39	0,38	0,54	0,16	0,16	0,41	0,47	1,00		0,043			0,360425

1,495393		0,18		8,540725
1,969816		0,22		8,83211
0,70488		0,08		8,533267
0,843728	:	0,10	=	8,526152
1,877109		0,22		8,701659
0,541908		0,06		8,487997
0,814724		0,10		8,336951
0,360425		0,04		8,37554

Menghitung nilai eigen maksimum (λ max)

$$\lambda \max = \frac{\text{Total bobot prioritas}}{\text{n kriteria}} = \frac{68{,}33439993}{8} = 8{,}5418$$

Menghitung nilai Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{\lambda \max - n}{n - 1} = \frac{8{,}542 - 8}{\text{08-Jan}} = 0{,}0774$$

Menghitung nilai Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

nilai RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$CR = \frac{0{,}0774}{1{,}41} = 0{,}05489$$

nilai CR < 10%, hasil konsisten

LAMPIRAN E
Kuesioner Prospek Tingkatan Otomasi

Lampiran E.1 Kuesioner Prospek Tingkatan Otomasi

Bapak/Ibu yang saya Hormati,

Perkenalkan nama saya Bagas Pamungkas, mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan.

Kuesioner ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dari Tugas Akhir dengan judul "Analisa Penerapan Otomasi pada Terminal Petikemas di Indonesia" dibawah bimbingan Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.

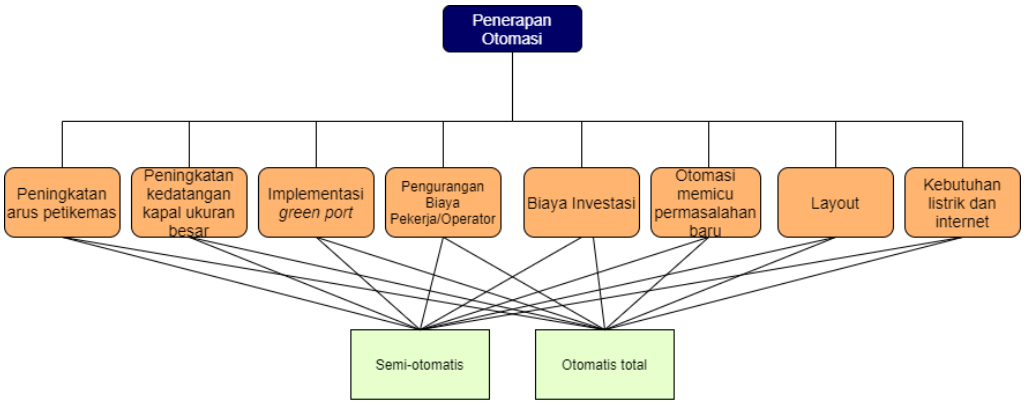
Kuesioner ini bertujuan untuk menentukan prospek Terminal Petikemas Surabaya (TPS) dalam menerapkan semi-otomatis atau otomatis total dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

Bapak/Ibu dapat menghubungi saya melalui:
Telp/Whatsapp :081232913111
E-mail : bagas0706@gmail.com

Nama :
Perusahaan/Instansi :
Jabatan :
Kontak/Alamat E-mail :

PENJELASAN

Sejak tahun 1993 hingga tahun 2019, tren otomasi pada terminal petikemas semakin meningkat. Terdapat 66 terminal petikemas dunia telah menerapkan otomasi. Melihat tren tersebut tidak menutup kemungkinan akan terdapat banyak terminal petikemas mulai menerapkan otomasi. Dengan meninjau kondisi di TPS, melalui kuesioner ini akan diketahui prospek Terminal Petikemas Surabaya (TPS) dalam menerapkan semi-otomatis atau otomatis total dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).



PERBANDINGAN ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA

Pada bagian ini dilakukan pembobotan alternatif (semi-otomatis dan otomatis total) berdasaran seluruh kriteria

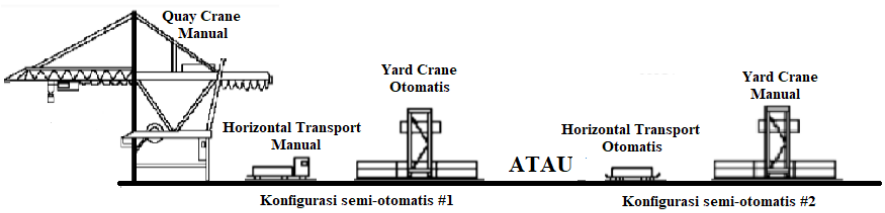
TERMINAL PETIKEMAS SEMI-OTOMATIS

Terminal petikemas semi-otomatis adalah pergantian tenaga manusia sebagian dengan teknologi otomatis. Dituliskan sebagian dikarenakan hanya beberapa alat saja yang diotomasikan (lihat gambar konfigurasi). sehingga, keterlibatan manusia masih dibutuhkan. Hal ini menyebabkan adanya gabungan operasi antara alat manual dan juga alat otomatis. Terminal petikemas semi-otomatis baik diterapkan untuk terminal petikemas yang ingin mengotomasikan pada beberapa jenis alat saja.

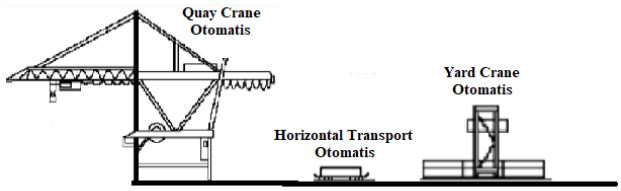
TERMINAL PETIKEMAS OTOMATIS TOTAL

Terminal petikemas otomatis total adalah pergantian tenaga manusia dengan teknologi otomatis. Pada penerapan ini, keterlibatan manusia sangat minim. Tugasnya hanya melakukan pengawasan atau penanganan pada kondisi tak terduga. Penerapan ini mengintegrasikan sistem dari keseluruhan alat di terminal petikemas (lihat gambar konfigurasi). Sehingga operasi sangat bergantung pada kerja komputer/software.

Terminal Petikemas Semi-Otomatis



Terminal Petikemas Otomatis Total



Konfigurasi alat terminal petikemas semi-otomatis dan otomatis total

CARA PENGISIAN

1. Bapak/Ibu memilih satu dari dua kriteria
2. Pengisi memberikan bobot dengan skala 1 - 5

1 = Kedua kriteria sama baiknya
2 = Kriteria terpilih sedikit lebih baik dibanding kriteria tidak terpilih
3 = kriteria terpilih lebih baik dibanding kriteria tidak terpilih
4 = kriteria terpilih sangat lebih baik dibanding kriteria tidak terpilih
5 = kriteria terpilih mutlak lebih baik dibanding kriteria tidak terpilih

PEMBOBOTAN

3.a Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Peningkatan Arus Petikemas

Terdapat patokan volume arus petikemas dalam menentukan tingkat otomasi. 1 juta TEUs adalah patokan dalam penerapan semi-otomatis dan 2 juta TEUs adalah patokan dalam penerapan otomatis total.

1. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau volume arus petikemas di TPS saat ini. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh terminal petikemas di Indonesia secara umum?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.1

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.b Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Peningkatan Kedatangan Kapal Ukuran Besar

Saat ini penangangan kapal ukuran besar dengan 4.000 TEUs atau lebih semakin meningkat di TPS. Semakin besar kapal yang membawa banyak petikemas, menekan terminal petikemas untuk dapat menangani bongkar-muat petikemas dengan cepat. [semakin cepat penanganan petikemas pada satu kapal akan semakin baik.]

2. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau peningkatan kedatangan kapal ukuran besar ke TPS saat ini. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.2

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.c Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria implementasi *green port*

Saat ini Indonesia sudah mulai gencar dalam menerapkan green port.Implementasi green port didukung oleh regulasi pemerintah yang menyatakan bahwa setiap pelabuhan bertanggung jawab dalam menjaga lingkungannya. [Semakin berkurangnya penggunaan bahan bakar minyak pada alat, lingkungan akan semakin baik.]

3. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau implementasi greenport di TPS. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh terminal petikemas di Indonesia secara umum?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.3

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.d Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan Pengurangan Biaya Pekerja/Operator

Penerapan otomasi akan mengurangi pekerja/operator, hal tersebut tentunya akan mengurangi biaya pekerja/operator yang harus dikeluarkan terminal petikemas. [semakin berkurangnya pekerja/operator, maka pengeluaran biaya pekerja/operator akan berkurang.]

4. Menurut Bapak/Ibu, dengan pengurangan biaya pekerja/operator. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

    Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.4

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.e Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Biaya Investasi

Terminal petikemas perlu untuk mempersiapkan biaya investasi yang besar untuk pembelian alat, pembangunan infrastruktur dan pelatihan pekerja. [Semakin banyak alat yang diotomasikan maka semakin besar biaya investasi.]

5. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau biaya investasi. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

    Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.5

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.f Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Otomasi Memicu Permasalahan Baru

Penerapan semi-otomatis memicu permasalahan keselamatan akibat sulitnya sinkronisasi operasi manusia (alat manual) dan alat otomatis. Penerapan otomatis total memicu permasalahan integrasi sistem yang mengakibatkan apabila satu sistem rusak akan mempengaruhi keseluruhan sistem.

6. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau otomasi memicu permasalahan baru. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.6

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.g Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Layout

Umunya terminal petikemas otomatis total memiliki layout perpendicular. Sedangkan, terminal petikemas semi-otomatis memiliki layout parallel. Baik semi-otomatis atau otomatis total membutuhkan sarat air yang dalam untuk mengakomodasi kapal berukuran besar datang dan juga kondisi dermaga dan yard block yang baik untuk mengakomodasi alat otomatis.

7. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau Layout TPS. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.7

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

3.h Pembobotan semi-otomatis atau otomatis total berdasarkan kriteria Kebutuhan Listrik dan Internet

Alat otomatis membutuhkan internet dengan bandwith 30 - 200 Mbps. Untuk mendukung penambahan fitur tersebut, alat tersebut dimodifikasi menjadi elektrik. [semakin banyak alat yang diotomasikan semakin besar kebutuhannya.]

8. Menurut Bapak/Ibu, dengan meninjau kebutuhan listrik dan internet otomasi. Manakah yang lebih baik untuk diterapkan oleh TPS?
    - Terminal petikemas semi-otomatis
    - Terminal petikemas otomatis total

Sebarapa baik kriteria pilihan Bapak/Ibu pada pertanyaan nomor.8

Sama Baiknya	1	2	3	4	5	Mutlak
	O	O	O	O	O	Lebih Baik

LAMPIRAN F
Perhitungan Bobot Alternatif

Lampiran F.1 Perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria

PENINGKATAN ARUS PETIKEMAS		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	2,28
OT	0,44	1,00
SUM	1,44	3,28

PENINGKATAN KEDATANGAN KAPAL		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	5,54
OT	0,18	1,00
SUM	1,18	6,54

IMPLEMENTASI GREEN PORT		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	3,64
OT	0,27	1,00
SUM	1,27	4,64

PENGURANGAN BIAYA PEKERJA		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	1,63
OT	0,61	1,00
SUM	1,61	2,63

BIAYA INVESTASI		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	7,94
OT	0,13	1,00
SUM	1,13	8,94

MEMICU PERMASALAHAN BARU		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	7,30
OT	0,14	1,00
SUM	1,14	8,30

LAYOUT		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	5,54
OT	0,18	1,00
SUM	1,18	6,54

KEBUTUHAN LISTRIK DAN INTERNET		
Kriteria	SO	OT
SO	1,00	5,92
OT	0,17	1,00
SUM	1,17	6,92

Lampiran F.2 Perhitungan Bobot prioritasn alternatif

PENINGKATAN ARUS PETIKEMAS

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,70	0,70	0,70
OT	0,30	0,30	0,30

PENINGKATAN KEDATANGAN KAPAL

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,85	0,85	0,85
OT	0,15	0,15	0,15

IMPLEMENTASI GREEN PORT

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,78	0,78	0,78
OT	0,22	0,22	0,22

PENGURANGAN BIAYA PEKERJA

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,62	0,62	0,62
OT	0,38	0,38	0,38

BIAYA INVESTASI

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,89	0,89	0,89
OT	0,11	0,11	0,11

MEMICU PERMASALAHAN BARU

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,88	0,88	0,88
OT	0,12	0,12	0,12

LAYOUT

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,85	0,85	0,85
OT	0,15	0,15	0,15

KEBUTUHAN LISTRIK DAN INTERNET

Kriteria	SO	OT	AVERAGE
SO	0,86	0,86	0,86
OT	0,14	0,14	0,14

Lampiran F.3 Pembobotan Alternatif terhadap kriteria

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
SO	0,70	0,85	0,78	0,62	0,89	0,88	0,85	0,86
OT	0,30	0,15	0,22	0,38	0,11	0,12	0,15	0,14

X

C1	0,175
C2	0,223
C3	0,083
C4	0,099
C5	0,216
C6	0,064
C7	0,098
C8	0,043

HASIL AKHIR

SO	0,80406
OT	0,19594

LAMPIRAN G
Uji Reliabilitas Kuesioner Tahap Dua

Lampiran G.1 Uji reliabilitas menggunakan SPSS pada kuesioner tahap dua

```
RELIABILITY
  /VARIABLES=X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
  /MODEL=ALPHA.
```

Reliability

[DataSet0]

Scale: ALL

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	4	100.0
	Excluded[a]	0	.0
	Total	4	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.952	8

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN H
Kuesioner Faktor Kendala Trasnformasi Otomasi

Lampiran H.1 Kuesioner faktor kendala transformasi otomasi terminal petikemas

Bapak/Ibu yang saya hormati,
Perkenalkan nama saya Bagas Pamungkas, mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan.

Kuesioner ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dari Tugas Akhir dengan judul "Analisa Penerapan Otomasi pada Terminal Petikemas di Indonesia" dibawah bimbingan Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D.

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui:
- Faktor yang mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia eksis bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis
- Faktor yang mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia eksis bertransformasi langsung atau dari terminal petikemas semi-otomatis menjadi terminal petikemas otomatis total (*fully automated*)

Bapak/Ibu dapat menghubungi saya melalui:
Telp/Whatsapp : 081232913111
E-mail : bagas0706@gmail.com

Nama :
Perusahaan/Instansi :
Jabatan :
Kontak/Alamat E-mail :

Penjelasan :
Sejak tahun 1993 hingga tahun 2019, tren otomasi pada terminal petikemas semakin meningkat. Terdapat 66 terminal petikemas dunia telah mengimplementasi otomasi. Di Indonesia, otomasi baru diimplementasikan pada empat terminal petikemas. Melihat kondisi tersebut, melalui kuesioner ini akan diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia eksis bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis dan tranformasi langsung atau dari terminal petikemas semi-otomatis menjadi terminal petikemas otomatis total (*fully automated*).

Cara Pengisian :
1. Bapak/Ibu mengurutkan 10 faktor yang disediakan dari angka 1 – 10

2. Angka 1 menunjukan faktor kurang mempengaruhi, angka 10 menunjukan faktor sangat mempengaruhi
3. Setiap faktor tidak boleh memiliki angka yang sama
4. Bapak/Ibu dapat menambahkan faktor lain

Pengisian :

1.a) Urutkan faktor dibawah ini dari angka 1 – 10 (angka 10 menunjukan faktor sangat mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia eksis bertransformasi menjadi terminal petikemas semi-otomatis, tiap faktor tidak boleh memiliki angka yang sama)

	Faktor Semi-otomatis	**Urutan**
SO.1	Kombinasi antara alat otomatis dan manual tidak produktif	
SO.2	Investasi awal yang besar untuk pembelian alat otomatis seperti *Yard Crane/Quay Crane/Automated Guided Vehicle*	
SO.3	Instalasi *Optical-Character-Recognition* (OCR) pada *gate* yang membutuhkan biaya awal yang besar	
SO.4	Pengurangan tenaga kerja mencapai 50%	
SO.5	Biaya tambahan untuk pelatihan tenaga kerja dalam mengatasi alat otomatis	
SO.6	Belum adanya penyedia listrik yang mampu menyuplai listrik untuk kebutuhan alat otomatis	
SO.7	Koneksi internet belum stabil untuk kebutuhan operasi *remote controlled* pada *Yard Crane/Quay Crane*	
SO.8	Sistem otomatis kurang memberikan kondisi alat secara akurat	
SO.9	Kendala sinkronasi operasi antara manusia dan alat otomatis	
SO.10	Gabungan operasi kerja manusia dan alat otomatis memicu permasalahan keselamatan	

1.b) Mohon Bapak/Ibu untuk menambahkan faktor lain (Jika ada):

_____

_____

2.a) Urutkan faktor dibawah ini dari angka 1 - 10 (angka 10 menunjukan faktor sangat mempengaruhi kendala terminal petikemas Indonesia eksis

bertransformasi langsung atau dari terminal petikemas semi-otomatis menjadi terminal petikemas otomatis total, tiap faktor tidak boleh memiliki angka yang sama)

Kode	**Faktor Otomatis total (*fully automated*)**	**Urutan**
OT.1	Penerapan *Radio Frequency Identification* (RFID) pada *gate* untuk petikemas dan *external truck tracking*, membutuhkan biaya yang mahal pada setiap komponen *tag* yang terpasang pada truk dan petikemas	
OT.2	Penyedia listrik dan koneksi internet belum mampu mengatasi kebutuhan seluruh alat otomatis	
OT.3	Pengurangan banyak tenaga kerja memicu adanya konflik	
OT.4	Investasi yang sangat besar untuk pembelian alat otomatis, pembuatan infrastruktur dan pelatihan pekerja	
OT.5	Pengembalian investasi (*Return on Investment*) yang menurun	
OT.6	Potensi pengurangan produktivitas akibat *Automated Guided/Lifting Vehicle* berhenti karena operasi tidak sesuai dengan yang telah direncakan (*pre-planning*)	
OT.7	*Lay-out* dan lokasi terminal petikemas tidak mendukung penerapan teminal petikemas otomatis total	
OT.8	Rumitnya pemeliharaan dan perbaikan alat otomatis	
OT.9	Kekurangan dari Integrasi sistem keseluruhan alat yang berpotensi meningkatkan disrupsi apabila adanya satu sistem tidak bekerja	
OT.10	Perencanaan operasi yang telah terstandarisasi dengan beberapa skenario, menyebabkan berkurangnya fleksibilitas operasi apabila terjadi skenario diluar perencanaan	

2b) Mohon Bapak/Ibu untuk menambahkan faktor lain (Jika ada):

_____

_____

3) Apabila Bapak/Ibu memilki masukan/saran terhadap penelitian ini, mohon ditulis dibawah ini?

_____

_____

4) Apabila Bapak/Ibu mempunyai rekomendasi atau kerabat yang dapat membantu dalam pengisian, mohon perkenankan saya untuk mendapatkan nama beserta kontak yang dapat saya hubungi dengan menuliskannya dibawah ini.

_____

_____

Bapak/Ibu yang terhormat,

Terimakasih telah mengisi kuesioner dari Tugas Akhir saya. Hasil dari penelitian ini akan saya kirimkan melalui e-mail Bapak/Ibu.

LAMPIRAN I
Spesifikasi Manufaktur

Lampiran I.1 Spesifikasi QC TPS, KoneCrane

Lifting Capacity			
	40-50 tons	50-65 tons	50-70 tons
Dimensions			
Outreach	up to 13 rows	up to 18 rows	22-24 rows
Lifting height	28-32 m	32-36 m	36-40 m
Speeds			
Gantry travel speed		45 m/min	
Hoisting speed empty	120 m/min	150 m/min	180 m/min
Hoisting speed laden	60 m/min	75 m/min	90 m/min
Trolley speed	150 m/min	180 m/min	210-240 m/min
Trolley type			
	Semi-rope trolley or BoxHunter (with Active Load Control)		
Spreader			
Spreader drive	Electrical (Hydraulic)		
Floating twistlocks	ISO		
Positions	20 ft, 30 ft, 40 ft, 45 ft, twin, single, twin twenty and long twin		
Quay Interface			
Rail span	15-23 m	18-30,48 m	26-30,48 m
Bogie arrangements	8 wheels per corner, or more depending on maximum admissible wheel loads		
Typical wheel loads			
	35-45 tons/wheel	45-70 tons/wheel	46-90 tons/wheel
	30-40 tons/m	35-55 tons/m	45-65 tons/m
	* wheel loads are calculated case-by-case, according to the crane dimensions and the local conditions.		
Maintenance			
Konecranes Crane Management System			
GPRS connection for Remote Diagnostics			

Container Crane (KONE) New			
Capacity			
- under spreader		65	ton
- under beam&hook			kn
Speeds			
- Trolley Travel		180	m/min
- Gantry Travel			m/min
- Hoist	lift loaded	75	m/min
	lower loaded		m/min
	no load	150	m/min
- Boom hoisting/Lowe			min
- Number off wheels			units
- Driving wheels			units
- Driven wheels			units
-Outreach		46	
-Backreach		16	
-Lifting Height		33	

Lampiran F.2 Spesifikasi YC (RTG) TPS, FELS

Rubber Tyred Gantry (FELS)			
Rated Load		40,7	MT
Lift Height		15,1	m
Span		27,06	m
Drive System			
Main Hoist Drive Speed	Loaded	18	m/min
	Unloaded	36	m/min
	Motor Rating	130kW/390 VDC/ 1unit	
Trolley Drive Speed		52	m/min
	Motor Rating	15kW/330 vdc/1 unit	
Gantry Drive Speed	Loaded	25	m/min
	Unloaded	134	m/min
	Motor Rating	25kw/390vdc/4 unit	

Lampiran F.3 Spesifikasi YC otomatis (ARTG), KoneCrane

ARTG PERFORMANCE

Dimensions with max. 1 over 5 and max. 7 + truck lane, mm	
Max. lifting height 1 over 5 / Max. span 7 + truck lane	18100/29500
Crane width over bogie guards/wheel spacing in bogie	12060/2100

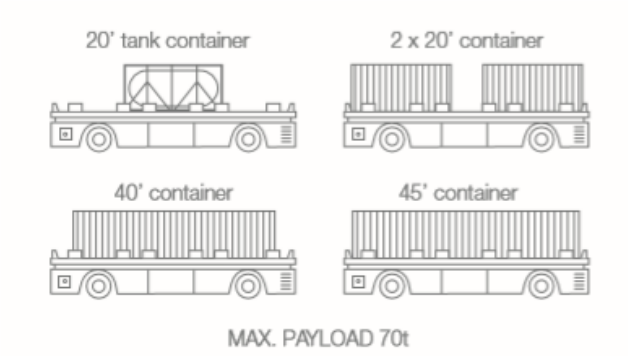
Max. speeds, m/min.	
Hoist with 50-ton load/empty spreader	31/62
Trolley traversing standard/optional	70/76
Gantry travel with empty spreader/50-ton load	135/90

Lampiran F.4 Spesifikasi *Automated Guided Vehicle* (AGV), Kalmar

Dimensions / physical characteristics

Lenght	Width	Height	Weight
15m	3m	2m	25t

Transportable container types



Operational characteristics

Acceleration (max payload)	Acceleration (unladen)	Max speed (straight)	Max speed (curve)	Max speed (crab)
0,4m/s2	1,5m/s2	7m/s	2,5m/s	2m/s

Maneuverability & positioning

Position accuracy	Docking accuracy	Min inner turn radius	Min outer turn radius
±25mm	±50mm @ 0,1m/s	5,8m	11,35m

Power unit & energy storage

Power unit type	Battery capacity	Max. output power	Max. charging time & power
Battery powered (Li-On)	36 or 72kWh	280kW	5min @ 600kW 10min @ 300kW

KALMAR

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN J
Perhitungan Motion Study

Lampiran J.1 *motion study* pada QC

QUAY CRANE

Manufacturer : **KONECRANE**

Specs			Productivity		
Outreach	37,25	m	Trolley Backward	0,26625	min
Backreach	16	m	Hoisting Up	0,458333	min
Lifting height	13	m	Hoisting Down	0,391667	min
Tier	8	m	Trolley Forward	0,332813	min
Rail gauge	39,9375	m/min	Waiting Time	0,5	min
Trolley Speed (L)	120	m/min	Truck Positioning	0,2	min
Trolley Speed (UL)	150	m/min			min
Hoisting Speed (L)	60	m/min	Net Total Time/BOX	2,149063	min
Hoisting Speed (UL)	120	m/min			
B/C/H				27,91915079	

Lampiran JI.2 *motion study* pada YC manual

RUBBER TYRED GANTRY CRANE

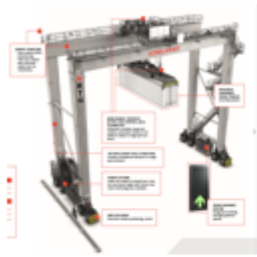
Manufacturer : **FELS**
Stack : **1 over 4**
Span : **7 + truck**

Performance			Productivity		
Nearest Block distar	5	m	Waiting Time	0,5	
Furthest Block dista	247	m	Truck Positioning	0,2	min
Trolley distance	13,8	m	Gantry Positioning (UL)	0,940299	min
Furthest Hoist D	9,36	m	Trolley Positioning (UL)	0,265385	min
Nearest Hoist D	3,4	m	Hoisting Down (UL)	0,199375	min
Gantry Speed (L)	85	m/min	Hoisting Up (L)	0,354444	min
Gantry Speed (UL)	134	m/min	Gantry Positioning (L)	1,482353	min
Trolley Speed (L)	52	m/min	Trolley Positioning (L)	0,265385	min
Trolley Speed (UL)	52	m/min	Hoisting Down (L)	0,354444	min
Hoisting Speed (L)	18	m/min	Hoisting Up (UL)	0,199375	min
Hoisting Speed (UL)	32	m/min			
Net Total Time/BOX				4,76106	min
B/C/H				12,60	13

Lampiran J.3 *motion study* pada YC otomatis

PENGEMBANGAN OTOMASI TPS

AUTOMATED RUBBER TYRED GANTRY CRANE



ARTG PERFORMANCE

Dimensions with max. 1 over 5 and max. 7 + truck lane, mm	
Max. lifting height 1 over 5 / Max. span 7 + truck lane	18100/29500
Crane width over bogie guards/wheel spacing in bogie	12060/2100

Max. speeds, m/min.	
Hoist with 50-ton load/empty spreader	31/62
Trolley traversing standard/optional	70/76
Gantry travel with empty spreader/50-ton load	135/90

sumber : website konecrane, RTG brosur

Manufacturer : **KONE CRANE**
Stack : **1 over 5**
Span : **7 + truck**

Performance			Productivity		
Nearest Block distar	5	m	Waiting Time	0,5	
Furthest Block dista	247	m	Truck Positioning	0,2	min
Trolley distance	13,5	m	Gantry Positioning (UL)	0,933333	min
Furthest Hoist D	9,36	m	Trolley Positioning (UL)	0,192857	min
Nearest Hoist D	3,4	m	Hoisting Down (UL)	0,102903	min
Gantry Speed (L)	90	m/min	Hoisting Up (L)	0,205806	min
Gantry Speed (UL)	135	m/min	Gantry Positioning (L)	1,4	min
Trolley Speed (L)	70	m/min	Trolley Positioning (L)	0,192857	min
Trolley Speed (UL)	70	m/min	Hoisting Down (L)	0,205806	min
Hoisting Speed (L)	31	m/min	Hoisting Up (UL)	0,102903	min
Hoisting Speed (UL)	62	m/min			
Net Total Time/BOX				4,036467	min
B/C/H				14,86	15

LAMPIRAN K
Perhiutngan *Berthing Time*

Lampiran K.1 Perhitungan *Berthing Time*

Bulan	nQC = 2			nQC = 3			nQC = 4		
	BT M	BT SO	BT O	BT M	BT SO	BT O	BT M	BT SO	BT O
Januari	24,90	20,37	19,17	17,16	13,59	12,80	13,29	10,21	9,61
Februari	25,95	21,35	20,10	17,85	14,26	13,43	13,80	10,72	10,09
Maret	27,51	22,70	21,37	18,92	15,18	14,30	14,62	11,42	10,76
April	27,53	23,50	22,12	18,60	15,68	14,76	14,13	11,77	11,08
Mei	29,43	25,01	23,54	19,93	16,69	15,71	15,17	12,53	11,80
Juni	25,45	21,77	20,49	17,16	14,52	13,67	13,02	10,90	10,26
Juli	33,83	28,75	27,06	22,89	19,17	18,05	17,42	14,39	13,54
Agustus	7,40	5,85	5,51	5,18	3,91	3,68	4,07	2,94	2,77
September	31,70	27,03	25,44	21,42	18,03	16,97	16,27	13,53	12,73
Oktober	31,02	26,64	25,08	20,89	17,78	16,74	15,83	13,35	12,56
November	31,10	26,14	24,61	21,18	17,46	16,43	16,22	13,11	12,35
Desember	32,75	27,02	25,43	22,45	18,01	16,95	17,31	13,51	12,72

Lampiran K.2 Perhitungan *Berthing Time* x *Length overall* kapal

Bulan	nQC = 2			nQC = 3			nQC = 4		
	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT	LOA x BT
Januari	5213,17	4260,62	4010,52	3593,43	2843,36	2676,62	2783,56	2134,72	2009,67
Februari	5417,69	4461,00	4199,62	3724,95	2979,86	2805,60	2878,58	2239,28	2108,59
Maret	5867,34	4833,12	4550,57	4037,48	3232,00	3043,63	3122,55	2431,44	2290,16
April	5925,57	5059,69	4762,58	4001,42	3376,05	3177,98	3039,34	2534,24	2385,68
Mei	6525,30	5548,60	5222,92	4416,19	3703,12	3486,01	3361,63	2780,38	2617,55
Juni	5633,16	4821,12	4537,78	3798,19	3215,52	3026,63	2880,70	2412,72	2271,05
Juli	7510,25	6375,45	6000,78	5083,79	4252,30	4002,51	3870,56	3190,72	3003,38
Agustus	3621,52	2879,06	2710,24	2528,23	1922,43	1809,89	1981,59	1444,12	1359,71
September	7103,93	6046,58	5691,19	4802,38	4032,72	3795,79	3651,60	3025,79	2848,09
Oktober	6849,64	5879,18	5533,94	4613,82	3922,84	3692,68	3495,91	2944,67	2772,05
November	6859,67	5762,42	5424,47	4671,05	3847,37	3622,07	3576,74	2889,85	2720,88
Desember	7218,53	5949,24	5599,28	4952,15	3966,16	3732,86	3818,96	2974,62	2799,64

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN L
Perhitungan *Box Ship per Hour*

Lampiran L.1 Perhitungan B/S/H pada penanganan rentang 1600 – 1700 boks

NOT M	NOT SO	NOT O	BT M	BT SO	BT O	B/S/H M	B/S/H SO	B/S/H O
0	0	0	34,2687	29,9851	28,2213	47,04	53,76	57,12
1,46667	0	0	35,8204	30,0595	28,2913	45,1139	53,76	57,12
1,13333	0	0	35,4871	30,0595	28,2913	45,5377	53,76	57,12
0	0	0	34,3963	30,0967	28,3263	47,04	53,76	57,12
4,86667	0	0	39,2842	30,1153	28,3438	41,2125	53,76	57,12
0,35	0	0	34,7888	30,1339	28,3613	46,5667	53,76	57,12
5,33333	0	0	39,8146	30,1711	28,3964	40,7388	53,76	57,12
0,18333	0	0	34,6859	30,1897	28,4139	46,7914	53,76	57,12
0,56667	0	0	35,1543	30,2641	28,4839	46,2817	53,76	57,12
0	0	0	34,6726	30,3385	28,5539	47,04	53,76	57,12
0,3	0	0	34,9939	30,3571	28,5714	46,6367	53,76	57,12
5,98333	0,2	0,2	40,6985	30,5757	28,7889	40,1244	53,4083	56,7232
8,3	0	0	43,0364	30,3943	28,6064	37,9679	53,76	57,12
0,26667	0	0	35,0668	30,4501	28,659	46,6823	53,76	57,12
5,53333	0	0	40,4185	30,5246	28,729	40,6002	53,76	57,12
0,8	0,75	0,75	36,1316	31,6652	29,8466	45,9985	52,4867	55,6847
0	0	0	35,3316	30,9152	29,0966	47,04	53,76	57,12
3,66667	0	0	39,0621	30,971	29,1492	42,6245	53,76	57,12
0,33333	0	0	36,0051	31,2128	29,3768	46,6045	53,76	57,12
2,3	0	0	37,9718	31,2128	29,3768	44,1907	53,76	57,12
1,08333	0	0	36,8827	31,3244	29,4818	45,6583	53,76	57,12
0,3	0	0	36,1418	31,3616	29,5168	46,6495	53,76	57,12
3,06667	0,53333	0,53333	39,0786	32,0438	30,1902	43,3486	52,8652	56,1109
1	0	0	37,0757	31,5662	29,7094	45,7712	53,76	57,12

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN M
Perhitungan Durasi Penanganan Satu Petikemas

Lampiran M.1 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 1

Konfigurasi 1	=	Terminal Petikemas Konvensional		
Degree Automation	=	manual		
Konfigurasi alat	=	Manual QC - Manual YT - Manual RTG		
QC Productivity	=	28,00	B/C/H	
	=	2,14	menit/box	
RTG Productivity	=	13,00	B/C/H	
	=	4,62	menit/box	
Time YT	=	16,65	menit/box	
Total Time	=	23,41	menit/box	

Lampiran M.2 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 2

Konfigurasi 2	=	Terminal Petikemas Semi-Otomatis		
Degree Automation	=	Otomatis Total		
Konfigurasi alat	=	Manual QC - Manual YT - ARTG		
QC Productivity	=	28,00	B/C/H	
	=	2,14	menit/box	
RTG Productivity	=	15,00	B/C/H	
	=	4,00	menit/box	2,6322
Time YT	=	16,65	menit/box	10,6375
Total Time	=	22,79	menit/box	

Lampiran M.3 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 3

Konfigurasi 3	=	Terminal Petikemas Semi-Otomatis	
Degree Automation	=	Semi-otomatis	
Konfigurasi alat	=	Manual QC - Manual YT - ARTG	
QC Productivity	=	28,00	B/C/H
	=	2,14	menit/box
RTG Productivity	=	14,00	B/C/H
	=	4,29	menit/box
Time YT	=	16,65	menit/box
Total Time	=	23,08	menit/box

Lampiran M.4 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 4

Konfigurasi 4	=	Terminal Petikemas Semi-Otomatis	
Degree Automation	=	Otomatis Total	
Konfigurasi alat	=	Manual QC - AGV - Manual RTG	
QC Productivity	=	28,00	B/C/H
	=	2,14	menit/box
RTG Productivity	=	13,00	B/C/H
	=	4,62	menit/box
Time YT	=	16,06	menit/box
Total Time	=	22,81	menit/box

Lampiran M.5 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 5

Konfigurasi 5	=	Terminal Petikemas Otomatis Total	
Degree Automation	=	Otomatis Total	
Konfigurasi alat	=	AQC - AGV - ARTG	
QC Productivity	=	34,00	B/C/H
	=	1,76	menit/box
RTG Productivity	=	15,00	B/C/H
	=	4,00	menit/box
Time YT	=	16,06	menit/box
Total Time	=	21,82	menit/box

Lampiran M.6 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 6

Konfigurasi 6	=	Terminal Petikemas Otomatis Total	
Degree Automation	=	Semi-otomatis	
Konfigurasi alat	=	AQC - AGV - ARTG	
QC Productivity	=	32,00	B/C/H
	=	1,88	menit/box
RTG Productivity	=	14,00	B/C/H
	=	4,29	menit/box
Time YT	=	16,06	menit/box
Total Time	=	22,22	menit/box

Lampiran M.7 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 7

Konfigurasi 7	=	Terminal Petikemas Semi-Otomatis		
Degree Automation	=	Otomatis Total		
Konfigurasi alat	=	AQC - Manual YT - ARTG		
QC Productivity	=	34,00	B/C/H	
	=	1,76	menit/box	3,52941
RTG Productivity	=	15,00	B/C/H	
	=	4,00	menit/box	8
Time YT	=	16,65	menit/box	
Total Time	=	22,42	menit/box	28,18

Lampiran M.8 Durasi penanganan satu petikemas menggunakan konfigurasi 8

Konfigurasi 8	=	Terminal Petikemas Semi-Otomatis		
Degree Automation	=	Semi-otomatis		
Konfigurasi alat	=	AQC - Manual YT - ARTG		
QC Productivity	=	32,00	B/C/H	
	=	1,88	menit/box	3,75
RTG Productivity	=	14,00	B/C/H	
	=	4,29	menit/box	8,57143
Time YT	=	16,65	menit/box	
Total Time	=	22,81	menit/box	28,97

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Bagas Pamungkas adalah nama lengkap penulis yang lahir di Bandung pada tanggal 7 Juni 1998. Penulis merupakan anak ke-empat dari empat bersaudara dari Achmad Sobandi dan Yani Hendrayani. Menyelesaikan pendidikan tingakt atas di SMAN 4 Sidoarjo dan melanjutkan pendidikan tingginya di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis pernah mengikuti kerja pratek di PT PAL Indonesia (Persero) dan PT Pelindo Marine Service. Penulis juga aktif dalam mengikuti berbagai macam acara kepanitiaan dan pernah dipercayai menjadi ketua acara wisuda departemen dan koordinator hubungan masyarakat pada salah satu acara tingkat nasional. Selain kepanitiaan, penulis juga aktif dalam mengikuti organisasi dan dipercayai menjadi Wakil Ketua Eksternal Himpunan Departemen Teknik Sistem Pekapalan periode 2019. Selama penelitian tugas akhir, penulis menjadi member Laboratorium Reliability, Availability, Management, and Safety (RAMS).