



TESIS PM-147501

**MENGURANGI WAKTU MENGGANGGUR PADA
KEGIATAN *STEVEDORING* DI TERMINAL TELUK
LAMONG**

**NURUL KHAFID
09211650023021**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. BAMBANG SYAIRUDIN, MT**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NURUL KHAFID
NRP. 09211650023021

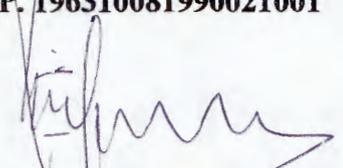
Tanggal Ujian : 8 Agustus 2018

Periode Wisuda : September 2018

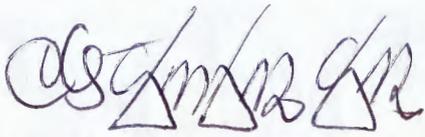
Disetujui oleh:


1. Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT
NIP. 196310081990021001

(Pembimbing)


2. Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc
NIP. 195904301989031001

(Penguji)


3. Christiono Utomo, ST, MT, PhD.
NIP. 197005231997021001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,



Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 195903181987011001

**MENGURANGI WAKTU MENGGANGGUR PADA KEGIATAN
STEVEDORING
DI TERMINAL TELUK LAMONG**

Mahasiswa Nama : Nurul Khafid
Mahasiswa ID : 09211650023021
Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT

ABSTRAK

Arus barang masih didominasi oleh angkutan laut dibanding dengan angkutan mode lainnya sehingga peran terminal container sangat penting dalam sistem ekonomi suatu negara. Ukuran utama kinerja suatu terminal container adalah total throughput container dalam TEUs per tahun. Pencatatan kinerja dilakukan pada proses stevedoring. Didapati bahwa waktu mengganggu container crane (CC) meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan kenaikan throughput yakni 77% dibanding dengan 22%. Hal ini seharusnya berlaku sebaliknya. Menunggu muatan dan menunggu Combined Terminal Tractor (CTT)/truck adalah penyumbang terbesar waktu mengganggu CC. Tidak ada yang bisa memastikan bahwa muatan tidak ada karena tidak ada CTT yang membawa atau memang benar-benar muatan tidak siap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengubah-ubah aransemen CC dan CTT didapatkan utilisasi rata-rata peralatan bongkar muat tertinggi yakni 50,5% pada Pola 13 CTT. Dari pola ini didapatkan rata-rata jumlah kapal yang ditolak paling rendah yakni 0,54 kapal dalam kurun waktu 1 bulan. Dengan menggunakan data rata-rata jumlah muatan kapal pada bulan Oktober 2017 sebesar 488 container per kapal maka didapatkan potensi kehilangan throughput terendah sebanyak 167 box.

Kata kunci: Stevedoring, waktu mengganggu, simulation modeling, CTT

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

REDUCE IDLE TIME ON STEVEDORING IN THE TERMINAL TELUK LAMONG

Student Name : Nurul Khafid
Student ID : 09211650023021
Supervisor : Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT

ABSTRACT

The flow of goods is still dominated by sea transport compared with other modes of transport so that the container terminal is very important role in the economic system of a country. The main indicator of performance of a container terminal is the total container throughput in TEUs per year. Recording is done in the process of stevedoring activities. It was found that the idle container cranes (CC) increases higher than the increase in throughput that is 77% compared with 22%. This should not apply instead. Waiting for a load and Combined Terminal Tractor (CTT) / truck are the largest contributor to the idle CC. No one can be sure that the cargo does not exist because there is no CTT which brings, or the container is not ready. The results showed that with the changes of CC and CTT arrangement, the highest average equipment utilization was 50,5% in Pattern 13 CTT. The number of ships rejected on this pattern was found to be the lowest of 0.54 vessels in a period of 1 month. Using the average number of vessels in October 2017 of 488 containers per vessel, the lowest throughput throughput total is 167 boxes.

Keywords: Stevedoring, idle time, simulation modeling, CTT

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis haturkan pada Allah SWT untuk semua rahmat yang diberikan. Untuk proposal tesis ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan penuh.
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T. Selaku pembimbing utama tesis atas arahan dan bimbingannya.
3. Seluruh dosen pengajar dan karyawan di MMT ITS pada jurusan Manajemen Proyek.
4. Para pimpinan dan rekan kerja di PT. Terminal Teluk Lamong.
5. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Manajemen Proyek di MMT ITS kelas C tahun 2016.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dari isi maupun susunannya karena itu masih membutuhkan saran dan kritiknya. Namun demikian semoga tesis ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan pada kehidupan.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
1.4. Ruang Lingkup Penelitian, Batasan, dan Asumsi.....	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1. Layout dan Fasilitas Terminal Container	7
2.2. Operasi Terminal Container	9
2.3. Kinerja Operasional Terminal	10
2.4. Model Simulasi.....	12
2.5. Verifikasi & Validasi Model dan Jumlah Replikasi.....	14
2.5. Benefit Cost Ratio	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1. Survey Lapangan, Pengumpulan Data Awal Dan Studi Literatur.....	21
3.2. Merumuskan Masalah Penelitian.....	21
3.3. Mengumpulkan Data	23
3.4. Simulasi Stevedoring.....	23
3.5. Interpretasi dan Analisis Hasil Simulasi	23
3.6. Membuat Kesimpulan Penelitian.....	24
BAB 4 MEMBUAT MODEL STEVEDORING	25
4.1. Pengumpulan data.....	25
4.2. Tempat Membuat Model	25
4.3. Komponen-Komponen Sistem Riil	26

4.4. Hubungan Antar Komponen.....	27
4.5. Penentuan Data Distribusi	30
4.6. Model Konseptual.....	33
4.7. Komponen Sistem Simulasi.....	36
4.8. Skenario Simulasi	38
4.9. Logika Pemodelan	39
4.9.1. Logika pemodelan kedatangan Kapal.....	39
4.9.2. Logika pemodelan bongkar container dari kapal	40
4.9.3. Logika pemodelan muat container ke kapal	44
4.9.4. Logika Pemodelan di Container Yard	46
4.10. Verifikasi Model.....	50
4.11. Validasi Model	50
4.12. Jumlah Replikasi.....	52
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRESTASI DATA.....	53
5.1. Durasi Operasi CC versus CTT	54
5.2. Utilisasi Peralatan	56
5.3. Waktu Efektif	57
5.4. Analisis Benefit to Cost Ratio	59
BAB 6 PENUTUP	63
6.1. Kesimpulan.....	63
6.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta lokasi PT. Terminal Teluk Lamong.....	1
Gambar 1.2. Rekap kejadian stevedoring berhenti pada tahun 2017 pada berth International	3
Gambar 1.3. Breakdown waktu tunggu pada kegiatan Stevedoring di dermaga Internasional	4
Gambar 1.4. Breakdown waktu tunggu pada kegiatan Stevedoring di dermaga domestik	5
Gambar 2.1. Intermodal Container	7
Gambar 2.2. Foto udara Terminal Teluk Lamong pada tahun 2014	8
Gambar 2.3. Area utama terminal container.....	9
Gambar 2.3. Kinerja pelayanan kapal	11
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	22
Gambar 4.1. Model Kegiatan Stevedoring secara umum	29
Gambar 4.2. Flowchart kegiatan bongkar/muat	35
Gambar 4.3. Data distribusi kedatangan kapal	36
Gambar 4.4. Logika kedatangan kapal	40
Gambar 4.5. Logika assignment CC dan CTT	40
Gambar 4.6. Aktivasi CTT	41
Gambar 4.7. Pemecahan entitas kapal	42
Gambar 4.8. Pemisahan antrian container domestic-internasional.....	42
Gambar 4.9. Antrian container bongkaran	43
Gambar 4.10. Container dimuat pada CTT	43
Gambar 4.11. Pemisahan entitas container muat masing-masing kapal.....	45
Gambar 4.12. Antrian entitas di ASC.....	46
Gambar 4.13. SC membawa entitas container muat.....	46
Gambar 4.14. Kedatangan entitas container di Station 1	47
Gambar 4.15. Pemisahan entitas container dari Transporter CTT	48
Gambar 4.16. Assignment entitas container dari Transporter SC	48
Gambar 4.17. Pemisahan entitas container dari Transporter SC.....	49

Gambar 4.18. Assignment entitas container dari Transporter CTT	49
Gambar 4.19. Error dan Warning pada Model	50
Gambar 5.1. Durasi operasi peralatan untuk handling container	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 4.1. Ringkasan distribusi data.....	30
Tabel 4.2. Ringkasan uji t untuk submodel	51
Tabel 5.1. Produktifitas terminal pada tahun 2017.....	53
Tabel 5.1. Pola 5 untuk Aransemen CC dan CTT.....	55
Tabel 5.2. Pola 6 untuk Aransemen CC dan CTT.....	55
Tabel 5.3. Pola 7 untuk Aransemen CC dan CTT.....	55
Tabel 5.4. Pola 13 untuk Aransemen CC dan CTT.....	56
Tabel 5.6. Rata-rata waktu efektif tiap kapal bersandar pada satuan jam	57
Tabel 5.7. Jumlah kejadian waktu efektif terendah.....	59
Tabel 5.8. Potensi kehilangan pendapatan – container tidak tertangani.....	60
Tabel 5.9. Potensi kehilangan pendapatan – kapal ditolak.....	61

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring	69
Lampiran 2. Validasi Sub Model Simulasi.....	113

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

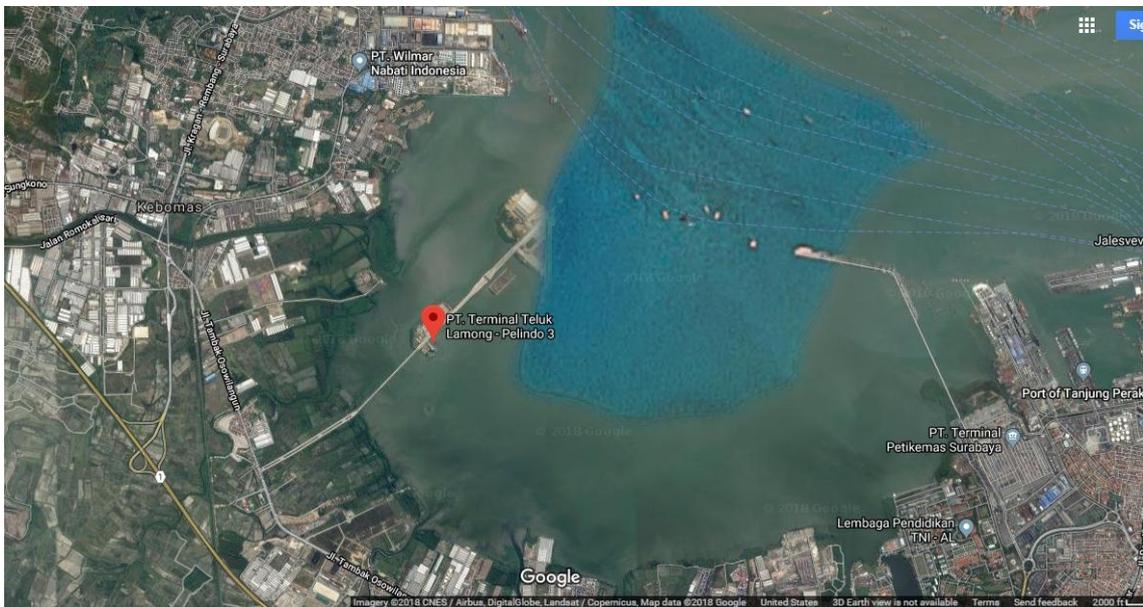
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lalu lintas angkutan laut semakin meningkat sejalan dengan kebutuhan impor dan ekspor yang mendukung pertumbuhan ekonomi. Pelabuhan sebagai pintu keluar-masuk barang-barang perdagangan memerankan fungsi yang sangat penting. Seluruh proses yang ada di pelabuhan, seperti: bongkar-muat, penumpukan, dan *delivery/receiving* harus dipastikan berjalan dengan lancar.

PT. Terminal Teluk Lamong (PT. TTL) adalah anak perusahaan dari Pelindo 3 yang mempunyai konsesi pelabuhan di zona Tanjung Perak. Perusahaan ini secara administratif berada di kelurahan Tambak Osowilangun, kecamatan Benowo Surabaya. Sebagai mana pada gambar 1.1., untuk mengakses seluruh fasilitas hanya bisa melalui jalan Tambak Osowilangun Surabaya. Secara geografis lokasi PT. TTL berada pada - 7.2003715 bujur timur dan 112.6797814,6032 lintang selatan bumi.



Gambar 1.1. Peta lokasi PT. Terminal Teluk Lamong (sumber: www.google.com/maps diakses pada 1 Maret 2018)

Menurut laporan tahunan PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) tahun 2015, dijelaskan bahwa pada 30 Desember 2013, PT. Terminal Teluk Lamong didirikan dengan

komposisi modal: 99.5% oleh PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) dan 0.5% oleh Koperasi Pelabuhan Indonesia III (Kopelindo).

Bisnis utama yang harus dijalankan adalah melayani aktifitas muatan kapal: kontainer dan curah kering. Dalam kegiatan kepelabuhan melibatkan alat-alat yang berteknologi tinggi dengan tetap menggunakan tenaga manusia sebagai operator dan pengawas. Meskipun didukung oleh sistem teknologi informasi dan komunikasi yang mutakhir, tidak menjamin seluruh kegiatan dapat berjalan sesuai dengan rencana. Terkait hal itu, selain faktor internal PT. TTL ada juga faktor pelanggan yang memberikan kontribusi melalui kesiapan armada truk terkait kegiatan *delivery/receiving*.

Sejak beroperasi dari tahun 2015 sampai sekarang, jumlah kedatangan kapal semakin meningkat setiap bulannya. Keadaan ini diimbangi dengan penambahan jumlah peralatan bongkar-muat. Di lain pihak isu terkait dengan kecelakaan kerja dan kualitas pelayanan juga masih banyak. Perbaikan sistem dan prosedur mutu dan keselamatan kerja sebagai tuntutan ISO 9001 dan perundangan keselamatan, keamanan, kesehatan dan lingkungan (K3L) terus dilakukan. Kelancaran pelayanan penanganan container menjadi hal pokok yang harus dipenuhi.

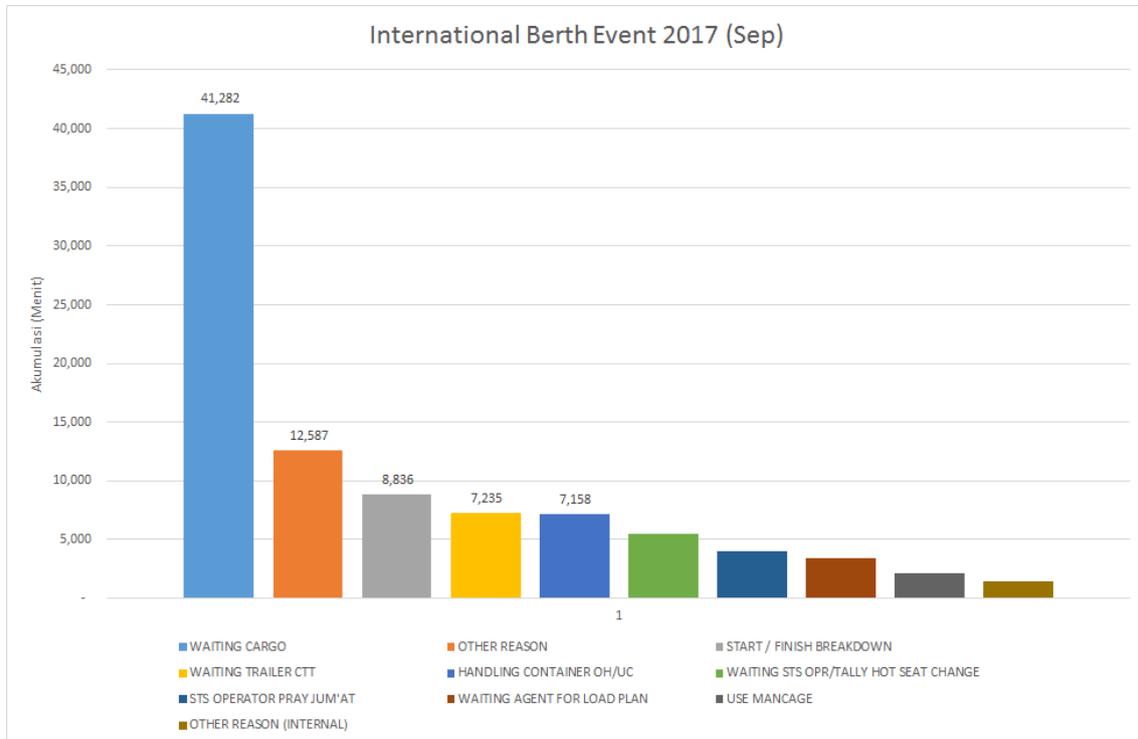
Setiap aktifitas kegiatan selalu dicatat secara otomatis maupun manual (dilakukan oleh operator) untuk mendata kecepatan pelayanan dan hal-hal yang menghambatnya. Dengan menggunakan diagram Pareto item-item penyebab terhambatnya kegiatan pelayanan dipetakan secara periodik seperti pada gambar dibawah ini. Seperti terlihat pada gambar 1.1, menunggu cargo selalu menjadi nomor satu dalam urutan penyebab berhentinya kegiatan pelayanan operasi stevedoring. Menunggu cargo (waiting cargo) adalah keadaan *container crane* (CC) berhenti beroperasi karena tidak ada container yang bisa ditangani. Ada 41,282 menit hilang disebabkan hal itu. Sayang sekali, jika ditelusuri lebih lanjut didapatkan lebih dari tiga perempat alasan menunggu cargo tidak tercatat secara detail.

Masalah menunggu cargo akan semakin serius ketika jumlah kapal yang dilayani terus meningkat. Sebenarnya kegiatan ini sangat dipengaruhi oleh:

- a. Kecepatan pengambilan container dari lapangan penumpukan
- b. Kecepatan proses penumpukan container dilapangan penumpukan

Masalah akan menjadi lebih besar ketika ada lebih dari 3 kapal yang harus dilayani. Pada umumnya, kapal rute internasional akan mendapatkan prioritas utama

dibandingkan dengan kapal rute domestik. Hal ini sesuai dengan kebijakan “window” yang di tetapkan dalam standar pelayanan



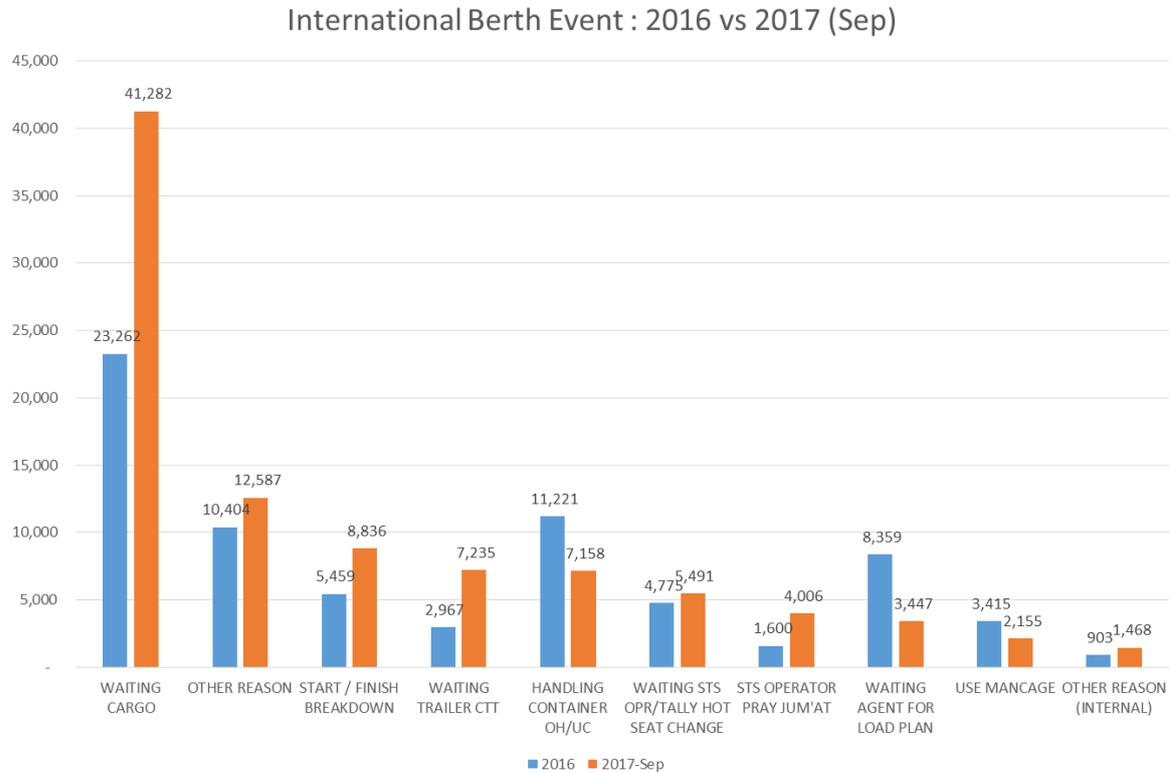
Gambar 1.2. Rekap kejadian stevedoring berhenti pada tahun 2017 (sampai dengan September) pada berth International Terminal Teluk Lamong (sumber: data internal PT. Terminal Teluk Lamong, 2017)

Perbandingan peralatan bongkar muat di dermaga dengan di lapangan penumpukan yang tidakimbang: CC 5 unit berbanding dengan ASC 4 unit, memberikan kontribusi lamanya waktu menunggu cargo. Hal ini diperparah oleh ASC juga masih melakukan kegiatan *shifting container* di dalam blok dan melayani kegiatan *delivery/receiving*.

Tallyman mencatat setiap event dan alasan ketika CC berhenti bekerja. Untuk item menunggu kargo, lebih dari 80% tidak dicantumkan alasan kenapa event ini muncul. Hal ini bisa dipahami bahwa *tallyman* hanya bekerja secara pasif pada kasus ini, dia hanya mencatat informasi yang diberikan tanpa hak untuk menanyakan atau mengkonfirmasi kembali.

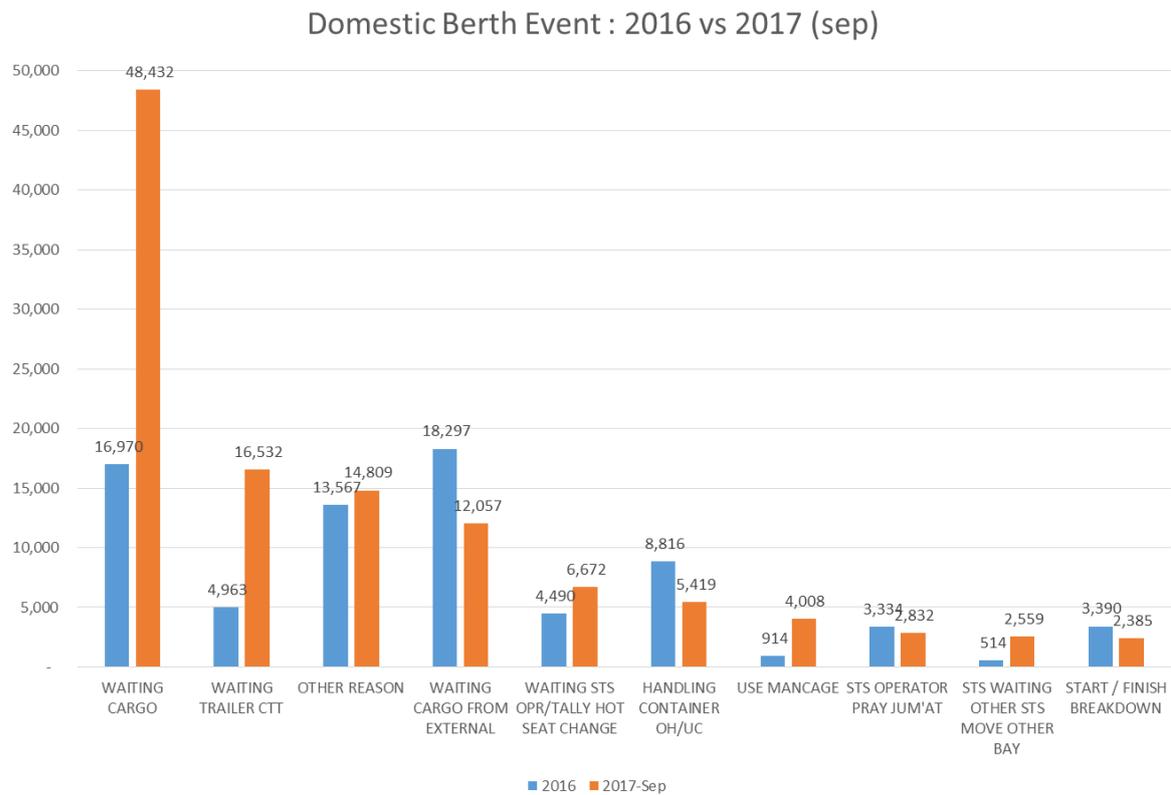
Pada gambar 1.3. ada peningkatan waktu menunggu cargo sebesar 77% pada tahun 2017 dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Padahal jumlah container tahun

2016 dan 2017 (sampai dengan bulan September) masing-masing 163,836 dan 200,365 TEUs atau meningkat 22% (data internal PT. Terminal Teluk Lamong)



Gambar 1.3. Breakdown waktu tunggu pada kegiatan Stevedoring di dermaga Internasional (sumber: data internal PT. Terminal Teluk Lamong, 2017)

Untuk dermaga yang melayani kapal domestic tercatat container tertangani sebanyak 147,113 TEUs sampai dengan September 2017 dan 83,313 TEUs pada 2016 atau meningkat sebesar 77%. Sebagaimana pada gambar 1.4. terjadi peningkatan waktu menunggu kargo sebesar 185%.



Gambar 1.4. Breakdown waktu tunggu pada kegiatan Stevedoring di dermaga domestik (sumber: data internal PT. Terminal Teluk Lamong, 2017)

1.2. Perumusan Masalah

- a. Terjadinya peningkatan waktu menunggu stevedoring yang tidak sebanding dengan peningkatan jumlah container yang ditangani.
- b. Pencatatan kejadian terhentinya kegiatan stevedoring sudah dilakukan tidak ada verifikasi. Hal ini menjadi mengakibatkan penyebab yang sebenarnya dan akar masalahnya sulit untuk ditentukan.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Menentukan utilisasi masing-masing peralatan yang terkait dengan kegiatan stevedoring: CC, CTT, SC dan ASC.
- b. Menentukan konfigurasi penggunaan peralatan agar didapat kinerja terminal terbaik.

Manfaat dari penelitian adalah hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu rujukan untuk melakukan usaha mengurangi waktu menganggur peralatan bongkar muat pada kegiatan stevedoring di terminal container. Lebih khusus, dalam hal ini terminal container yang memiliki layout type π , yakni antara dermaga dengan container yard dipisahkan oleh trestle atau jembatan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian, Batasan, dan Asumsi

Penelitian dilakukan pada pelayanan bongkar muat container di PT. Terminal Teluk Lamong. Proses bongkar meliputi pada area dermaga untuk kapal container internasional dan domestik, trestle, dan 5 blok container yard. Adapun untuk peralatan utama meliputi CC sebanyak 10 unit, CTT atau truck sebanyak 50 unit, 5 unit SC/reach stacker, dan 10 unit ASC.

Periode penelitian dibatasi dengan menggunakan data tahun 2017. Proses delivery/receiving container dan system gate pelabuhan tidak masuk dalam penelitian ini. PT. Terminal Teluk Lamong adalah terminal multipurpose yang melayani operasi bongkar muat container juga melayani bongkar curah kering namun pada penelitian ini dibatasi hanya pada operasi bongkar muat container.

Asumsi – asumsi yang digunakan antara lain:

- a. Untuk setiap kali kedatangan kapal, CTT siap bersamaan di area dermaga.
- b. Jumlah CTT tidak berubah sepanjang melayani kapal dan jika pun ada yang breakdown maka penggantinya langsung mengambil alih.
- c. Separuh waktu operasi CC diasumsikan sebagai bagian dari waktu tunggu CTT
- d. Kecepatan SC/reach stacker diasumsikan sama sepanjang waktu dengan mempertimbangkan: jumlah unit yang sesuai dengan blok container yard, jarak dan waktu operasi yang relatif pendek.
- e. Jika ada 2 atau 3 CC yang digunakan maka diasumsikan mereka mulai bekerja pada saat yang sama.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. *Layout* dan Fasilitas Terminal Container

Container adalah kotak yang relatif seragam yang isinya tidak perlu dibongkar pada setiap titik transfer, gambar 2.1. Mereka telah dirancang untuk penanganan barang yang mudah dan cepat. Selain kelebihan proses pelepasan dan pemuatan, standarisasi kotak logam memberi banyak keuntungan bagi pelanggan, karena ada perlindungan terhadap cuaca dan pencurian, dan penjadwalan dan pengendalian yang lebih baik dan disederhanakan, menghasilkan arus muatan kargo yang menguntungkan. Mengenai operasi, kita perlu membedakan apakah kita merujuk hanya pada container (yang dalam hal ini disebut kotak) atau kita menentukan jenis container yang sedang dipertimbangkan. Perbedaan yang paling umum mengacu pada container standar yang disebut sebagai panjang sepanjang dua puluh kaki (20'), yang menggambarkan panjang container pendek. Wadah lainnya diukur dengan menggunakan container ini, yaitu unit setara dua puluh kaki (TEU) (misalnya, wadah 40' dan 45' mewakili 2 TEU). Properti container tambahan dapat ditentukan kapanpun sesuai (misalnya, berat atau berat kelas container, perlunya penanganan khusus untuk container reefer atau container oversized) (Steenken, dkk, 2004).



Gambar 2.1. Intermodal container (sumber: <https://learn.bulk-flow.com>)

Penggunaan container untuk pengiriman barang lewat laut dan sungai merupakan pilihan terbaik untuk meningkatkan kapasitas lalu lintas laut/sungai. Hal ini juga mengurangi kepadatan lalu lintas jalan darat (Choong, dkk, 2002). Dari sini maka

diperlukan sebuah perlabuhan yang mempunyai terminal dengan fasilitas dan peralatan yang mendukung container. Menurut sejarah, penggunaan container dimulai sejak tahun 1961 dengan layanan container internasional antara Pantai Timur AS dan titik-titik di Karibia, Amerika Tengah dan Selatan (Steenken, dkk, 2004).

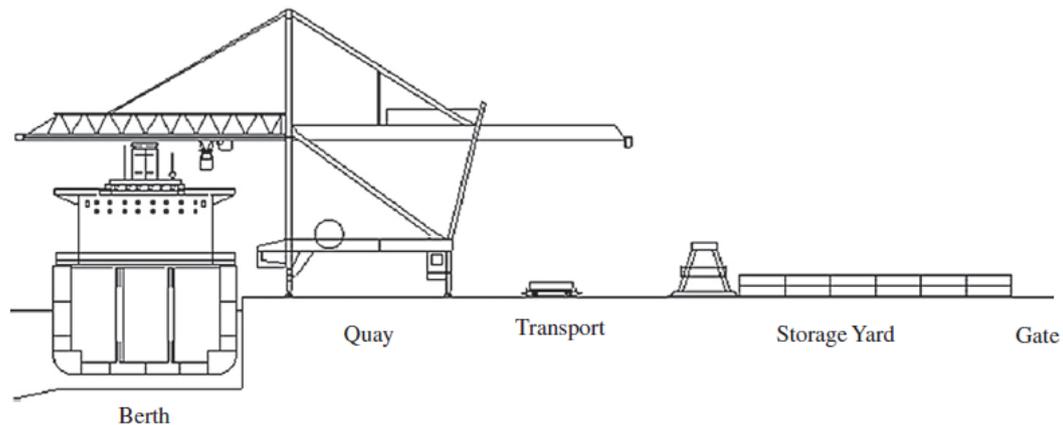
Terminal Teluk Lamong adalah terminal yang berada pada sisi laut dangkal maka tergolong dermaga buatan, lihat gambar 2.2. Menurut Taner dkk (2014) layout terminal berbentuk π yakni dermaga dan lapangan penumpukan dihubungkan dengan beberapa trestel (jembatan) karena lokasinya terpisah dan kapal berlabuh pada posisi sejajar dengan dermaga. Dari sini ada kemiripan antara definisi *layout* dan kondisi aktual namun jumlah trestel hanya ada 1. Selanjutnya Taner dkk (2014), menyatakan bahwa implikasi dari tipe layout tersebut adalah harus menggunakan *automated guided vehicle* (truck) lebih banyak untuk mencapai *throughput* paling optimal.



Gambar 2.2. Foto udara Terminal Teluk Lamong pada tahun 2014 (<https://en.tempo.co> diakses pada 1 Nopember 2017)

Terminal Teluk Lamong dalam menjalankan operasi terminal container mempunyai fasilitas dan peralatan bongkar muat. Fasilitas utamanya adalah tempat tambatan kapal, dermaga, transport, lapangan penumpukan, dan gate. Menurut Carlo, dkk (2013) istilah *seaside* dimaksudkan untuk 2 fasilitas pertama, sedangkan 2 terakhir biasa

disebut sebagai *landside*. Adapun untuk transport adalah sebagai interseksi antara *landside* dan *seaside* yang berupa trestel sepanjang 1,5 kilometer. Peralatan utama yang dimiliki berupa 10 unit container crane yang berada di dermaga. Ada 10 unit automated stacking crane di lapangan penumpukan. Untuk transport digunakan 50 unit combined terminal tractor dan 5 unit stradle carrier.



Gambar 2.3. Area utama terminal container (Carlo dkk (2013))

2.2. Operasi Terminal Container

Salah satu layanan terminal adalah stevedoring yakni pekerjaan menaikkan atau dan menurunkan muatan dari/ke kapal (<https://dictionary.cambridge.org>). Operasi stevedoring container kapal dimulai dari kapal sandar ditambatkan di dermaga. Kemudian satu persatu container dipindahkan dari kapal ke truck untuk dibawa ke lapangan penumpukan. Stradle carrier mengambil container dari truck dan menurunkannya di ujung blok. ASC mengambilnya secara otomatis dan membawa ke dalam blok untuk ditumpuk. Menurut Carlo, dkk (2013) arsitektur blok seperti itu pada umumnya banyak ditemukan di pelabuhan-pelabuhan Eropa. Sedangkan di Asia, truck bisa masuk ke dalam blok dan parkir dibawah crane untuk diambil muatannya. Proses itu terbalik ketika operasi pelayanan muat.

Lapangan penumpukan dibagi dalam 5 blok. Masing-masing blok ditempatkan 2 unit ASC identik (twin ASC) yang bekerja secara semi-otomatis. Crane secara bebas menangani masing-masing sisi blok dengan area overlapping sepanjang blok itu sendiri. Maksudnya adalah jika salah satu crane *breakdown* dan diparkir di area perbaikan yang

berada diujung blok maka pasanganya dapat menggantikan secara penuh (Carlo, dkk (2013).

Pemilihan metode penumpukan/pengambilan container secara otomatis, menurut Vis (2006), didasari pada beberapa alasan, antara lain kurangnya operator yang handal, tingginya upah operator atau kebutuhan operasi yang terus menerus. Pada kasus ini, kecepatan adalah alasan yang utama. Dengan demikian proses stevedoring diharapkan bisa berjalan lancar tanpa ada faktor penghambat dari sisi *landside*. Selain itu faktor transport container dari atau ke kapal coba diatasi dengan menggunakan truck yang bisa dioperasikan secara manual maupun otomatis. (www.teluklamong.co.id). Vis (2006) menyatakan bahwa pelanggan tidak peduli alat apa yang dipakai untuk menangani container yang penting biayanya lebih murah dan waktunya lebih pendek. Hal ini diukur dari lamanya waktu kapal tambat di dermaga untuk stevedoring.

2.3. Kinerja Operasional Terminal

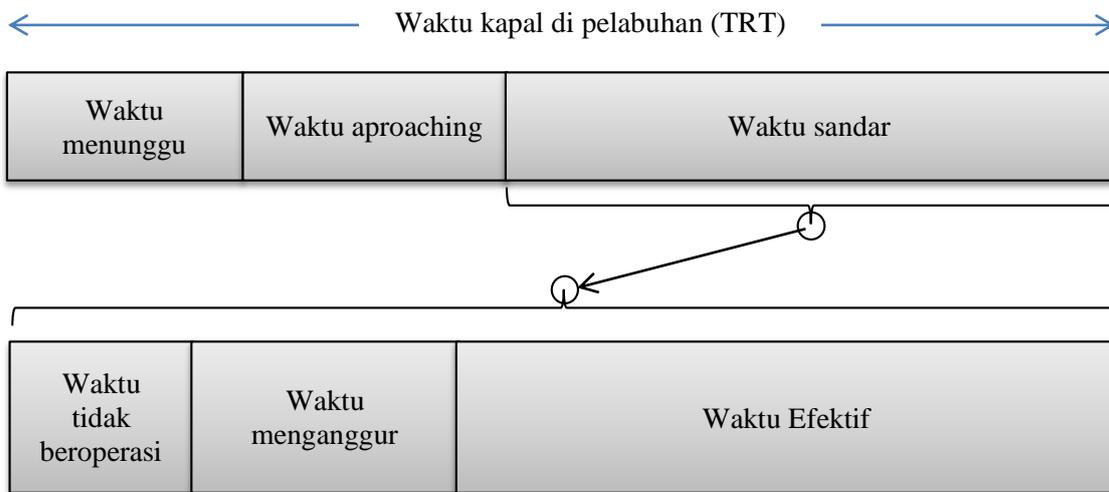
Secara universal, kinerja operasional pelabuhan di seluruh dunia hampir sama atau diterapkan dengan mengikuti ketentuan-ketentuan yang dilakukan oleh United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Organisasi ini adalah salah satu organisasi Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) yang bekerja lintas negara dengan salah satunya untuk membantu mencapai integrasi yang menguntungkan ke dalam sistem perdagangan internasional (<http://unctad.org>).

Kinerja operasional tersebut secara keseluruhan dikelompokkan menjadi 3 yakni: pertama, kinerja pelayanan kapal yang meliputi waktu kapal di pelabuhan atau *turn round time* (TRT), waktu tunggu, waktu *approaching*, dan waktu sandar atau *berthing time* (BT). Kedua, kinerja pelayanan barang atau produktifitas bongkar muat yang meliputi *berth throughput* (daya lalu dermaga) dan *shed throughput* (daya lalu gudang). Ketiga, utilisasi fasilitas dan peralatan yang meliputi beberapa kriteria berikut: *berth occupancy ratio* (tingkat pemakaian dermaga/tambatan), *shed occupancy ratio* (tingkat pemakaian gudang), dan *dwelling time* (rata-rata waktu barang ditumpuk) (Budiyanto dan Gurning, 2017).

Budiyanto dan Gurning (2017) menjelaskan bahwa rumusan bahwa BT adalah total waktu efektif atau *effective time* (ET) ditambah dengan waktu menganggur atau *idle time*, dan waktu tidak beroperasi atau *non-operation time* (NOT). Hubungan antar

komponen tersebut dijelaskan pada gambar 2.4. Waktu yang benar-benar digunakan untuk menurunkan/menaikkan container dari/ke kapal. Adapun NOT adalah waktu pelayanan kapal terhenti karena sebab yang sudah terjadwal. Contohnya adalah seminggu sekali layanan berhenti pada jam 11.30 sampai jam 1 siang karena hampir semua petugas di terminal melaksanakan sholat Jum'at.

Sedangkan yang dimaksud sebagai waktu menganggur adalah waktu pelayanan kapal terhenti karena sebab atau dengan durasi yang tidak terjadwal. Istilah “sebab yang tidak terjadwal” antara lain truck tidak siap di dermaga, CC breakdown/rusak, container yang akan dimuat di kapal tidak siap, dan rencana bongkar/muat yang tidak siap. Adapun untuk istilah “durasi yang tidak terjadwal” artinya ada hal-hal lain yang memang harus dikerjakan selama waktu kapal sandar namun tidak bisa dipastikan lama durasi waktunya. Hal itu antara lain, mooring atau menambatkan tali kapal ke bolder dermaga, membuka kunci lashing container di kapal, dan mengambil dan memasang penutup palka kapal.



Gambar 2.4. Kinerja pelayanan kapal

Terkait dengan BT, Kozan dan Preston (1999) menyatakan bahwa untuk menguranginya dapat dilakukan dengan mengurangi lamanya waktu pengambilan container dari tumpukan dan perjalanan container ke dermaga. Dari sini dapat disimpulkan bahwa menunggu kargo bisa diakibatkan oleh dua hal tersebut. Selanjutnya untuk mengurangi waktu pengambilan container dari lapangan penumpukan, Zhang dkk (2003) menyatakan bahwa penataan yang seimbang di dalam lapangan penumpukan akan

mengurangi resiko *bottleneck* dalam operasi terminal container. Solusi untuk mengatur penempatan container adalah: pertama, mengelompokkan container berdasarkan waktu muat pada masing - masing blok. Kedua penempatan dalam blok berdasarkan kapal yang akan dimuati.

Sebagaimana dikemukakan di atas bahwa lapangan penumpukan dan dermaga dihubungkan oleh sebuah trestel maka waktu 1 siklus akan sangat dipengaruhi oleh penjadwalan truck dan alokasi penempatan. Hal ini diungkapkan oleh Cao dkk (2008), sebagai masalah yang sangat saling tergantung dalam operasi terminal container. Selanjutnya disarankan agar menyeimbangkan antara waktu transport truck dari/ke dermaga terhadap dengan waktu penempatan container agar diperoleh total siklus operasi terpendek.

Permasalahan waktu itu juga sudah pernah dibahas oleh Kozan dan Preston (1999) dengan menggunakan metode Genetic Algorithm dengan memasukkan faktor-faktor layout dermaga, peraturan penumpukan, dan jumlah peralatan penumpukan yang dipakai. Menumpuk container yang akan dimuat dekat dengan sisi dermaga akan mengurangi waktu dibandingkan dengan menumpuk secara acak di dalam blok. Hal lain yang dinyatakan adalah semakin rendah tumpukan maka secara meningkatkan waktu secara signifikan.

Penerapan terminal semi-otomatis merupakan jawaban atas meningkatnya ukuran kapal yang semakin besar, tentu saja dengan muatan yang semakin banyak juga. Diharapkan dengan mengurangi peran manusia bisa dibuat sistem penumpukan yang lebih efisien (Huang dkk, 2009). Hal ini sudah diterapkan dan semestinya bukan menjadi faktor penyebab penghambat stevedoring yang perlu dipertimbangkan kembali.

2.4. Model Simulasi

Umumnya untuk melakukan studi tentang sistem terminal kelautan digunakan metode teori antrian dan model simulasi, hal ini banyak ditemui pada literature. Sebagaimana diketahui bahwa teknik simulasi model adalah salah satu metode yang paling efektif untuk melakukan analisis kapasitas sistem terminal yang mengandung proses stochastic (Ozkan, dkk, 2016) (Law, 1991). Pada suatu proses yang terdapat beberapa input komponen random maka model yang dibuat akan berbentuk model stokastik (Law, 1991).

Beberapa bagian model simulasi yang berupa istilah-istilah perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi (Wirabhuna, 2005) antara lain:

- a. Entitas (entity). Kebanyakan simulasi melibatkan ‘pemain’ yang disebut entitas yang bergerak, merubah status, memengaruhi dan dipengaruhi oleh entitas yang lain serta memengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem. Entitas merupakan obyek yang dinamis dan simulasi. Biasanya entitas dibuat oleh pemodel atau secara otomatis diberikan oleh software simulasinya.
- b. Atribut (Attribute). Setiap entitas memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan antara satu dengan yang lainnya. Karakteristik yang dimiliki oleh setiap entitas disebut dengan atribut. Atribut ini akan membawa nilai tertentu bagi setiap entitas. Satu hal yang perlu diingat bahwa nilai atribut mengikat entitas tertentu. Sebuah part (entitas) memiliki atribut (arrival, time, due date, priority, dan color) yang berbeda dengan part yang lain.
- c. Variabel (variable). Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Variabel berbeda dengan atribut karena dia tidak mengikat suatu entitas melainkan sistem secara keseluruhan sehingga semua entitas dapat mengandung variabel yang sama. Misalnya, panjang antrian, batch size, dan sebagainya.
- d. Sumber daya (Resource) Entitas-entitas seringkali saling bersaing untuk mendapat pelayanan dari resource yang ditunjukkan oleh operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas. Suatu resource dapat grup atau pelayanan individu.
- e. Antrian (Queue). Ketika entitas tidak bergerak (diam) hal ini dimungkinkan karena resource menahan (size) suatu entitas sehingga entitas yang lain untuk menunggu. Jika resource telah kosong (melepas satu entitas) maka entitas yang lain bergerak kembali dan seterusnya demikian.
- f. Kejadian (Event). Bagaimana sesuatu bekerja ketika simulasi dijalankan? Secara sederhana, semuanya bekerja karena dipicu oleh suatu kejadian. Kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi,

- yaitu Arrival (kedatangan), Operation (Proses), Departure (entitas meninggalkan sistem), dan The End (simulasi berhenti).
- g. Simulation clock. Nilai sekarang dari waktu dalam simulasi yang dipengaruhi oleh variabel disebut sebagai simulation clock. Ketika simulasi berjalan dan pada kejadian tertentu waktu dihentikan untuk melihat nilai saat itu maka nilai tersebut adalah nilai simulasi pada saat tersebut.
 - h. Replikasi. Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulasi dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama pula ('identical' part), tapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah ('independent' part) untuk membangkitkan waktu antar-kedatangan dan pelayanan (hasil-hasil simulasi). Sedangkan panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut length of replication.

2.5. Verifikasi & Validasi Model dan Jumlah Replikasi

Setelah model dibuat maka perlu dilakukan verifikasi yang bertujuan untuk menunjukkan bahwa sistem memenuhi persyaratan (fungsional dan non-fungsional) yang telah dirancang; Kebutuhan ini dijelaskan dalam persyaratan sistem dan dalam perspektif analisis kebutuhan sistem model. Di sini, sistem dianggap sebagai keseluruhan, tanpa mempengaruhi strukturnya atau fungsi internalnya (sistem dilihat sebagai "kotak hitam" tanpa visi isi batinnya) (Voinin, 2018). Pada penelitian ini verifikasi untuk memastikan bahwa program komputer sudah sesuai dengan flow chart atau dengan kata lain apakah tidak ada kesalahan pada program? (Hoover dan Perry, 1989)

Validasi model didefinisikan sebagai proses penentuan sejauh mana suatu model merupakan representasi akurat dari dunia nyata dari perspektif penggunaan yang dimaksudkan dari model (Ling dan Mahadevan, 2013). Pengertian lainnya bahwa validasi model didefinisikan sebagai 'pembuktian bahwa model dalam domain penerapannya memiliki berbagai akurasi yang memuaskan yang konsisten dengan penerapan model yang dimaksudkan' (Sargent, 2013). Sebelumnya dinyatakan oleh Hoover dan Perry (1989) bahwa validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem riil. Adapun tujuan adalah untuk menunjukkan bahwa sistem, dalam penggunaan nyata, sepenuhnya memenuhi harapan operasional dan kondisi penggunaan pelanggan, pengguna dan

pemangku kepentingan lainnya dalam operasinya; harapan-harapan ini dijelaskan terutama dalam analisis operasional (serta oleh persyaratan pelanggan), dan melibatkan semua aspek operasi ini (misalnya penyebaran, penggunaan, kondisi untuk penarikan, lingkungan, dll.). Kali ini adalah kegiatan yang lebih terbuka atau eksternal sehingga sering melibatkan pengguna akhir (Voirin, 2018).

Membandingkan output ukuran kinerja model simulasi dengan ukuran kinerja yang sesuai dari sistem nyata adalah metode yang paling sesuai untuk melakukan validasi model simulasi (Banks, dkk, 2005). Pada kasus ini data output dari sistem riil tersedia untuk itu bisa dibandingkan dengan data output model simulasi maka uji t sampel independen dapat digunakan karena data tersebut saling independen (Fritz dan Berger, 2015).

Cara biasa untuk menangani variasi acak dari hasil simulasi, mengingat data input yang sama, adalah untuk meniru simulasi berjalan beberapa kali, dan mengambil rata-rata dari ukuran minat (seperti waktu tempuh pada tautan atau rute, mengalir di sejumlah lokasi, kecepatan, dll.). Akan tetapi, jumlah replikasi yang diperlukan biasanya tidak dibahas secara rinci, dan angka antara 5 dan 10 biasanya diambil. Menurut Burghout (2004) untuk menentukan untuk jumlah replikasi yang diperlukan (N) dapat digunakan rumus 2.1 berikut ini.

$$N(m) = \left(\frac{S(m)t_{m-1,1-\alpha/2}}{\bar{X}(m)\varepsilon} \right)^2, \quad (2.1)$$

Dimana,

$N(m)$ = Jumlah replikasi yang diperlukan, diberikan replikasi m

$\bar{X}(m)$ = Perkiraan rata-rata m nyata dari simulasi m berjalan (sampel)

$S(m)$ = Perkiraan standar deviasi s nyata dari simulasi m berjalan

α = Level signifikansi

ε = Persentase kesalahan estimasi yang diijinkan $X(m)$.

$t_{m-1,1-\alpha/2}$ = nilai kritis dari distribusi t dua arah pada tingkat signifikansi, diberikan kebebasan tingkat $m-1$.

2.6. Benefit Cost Ratio

Akar-akar masalah sudah bisa diidentifikasi maka langkah berikutnya adalah mengurangi akar-akar tersebut atau jika memungkinkan dihilangkan semua dengan harapan ada manfaat yang bisa diambil. Menurut Budiyanto dan Gurning (2017) beberapa manfaat utama yang diperoleh adalah:

- 1) Menurunkan rasio okupansi dermaga yakni waktu pelayanan kapal dalam jam dibagi dengan $365 \cdot 24$ jam.
- 2) Menurunkan tingkat penggunaan peralatan yakni akumulasi waktu penggunaan peralatan dalam jam dibagi dengan $365 \cdot 24$ jam
- 3) Meningkatkan tingkat penggunaan tenaga kerja. Hal ini bisa diukur dengan membandingkan jumlah jam kerja orang pertahun yang digunakan dibagi dengan jam kerja orang per tahun yang tersedia.

- 4) Meningkatkan rasio throughput pelabuhan yakni dengan rumusan: TEU/kapal/jam. TEU mengacu pada twenty-foot equivalent unit, sebuah pengukuran untuk kapasitas dalam transportasi container.

Selanjutnya juga dinyatakan bahwa perbaikan besar dapat diperoleh oleh organisasi dan kerja yang ditangani dengan baik dan bukan dengan membangun tempat berlabuh baru.

Untuk menjalankan usaha mengurangi masalah tentu saja akan muncul biaya yang harus dikeluarkan oleh terminal operator. Untuk menentukan setiap rupiah yang dikeluarkan memberikan manfaat yang sebanding maka digunakan metode yakni *benefit cost ratio* (BCR). Semua manfaat dikonversikan dalam rupiah dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Jika biaya yang dikeluarkan hanya pada awal tahun program dijalankan maka tidak perlu dimasukkan faktor diskonto.
- 2) Nilai manfaat harus dimasukkan faktor diskonto karena kemungkinan lebih dari satu tahun sehingga didapat *net present value* (NPV)
- 3) NPV manfaat dibagi dengan biaya program.

Hasil pembagian ditafsirkan sebagai berikut: pertama, jika < 1 maka program dianggap tidak layak dijalankan karena biaya yang dikeluarkan menghasilkan nilai manfaat yang lebih rendah. Kedua, jika > 1 maka program dianggap layak karena setiap 1 rupiah biaya menghasilkan lebih dari 1 rupiah (<https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp>).

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul / Peneliti /Tahun	Hasil/Temuan	Penerbit	Hubungan dengan Penelitian ini
1	Analisis Kinerja Berth Time Kapal Kargo Muatan Curah Kering dan Usulan Perbaikannya di Terminal Jamrud Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya / Puspandam Katias dan Iyori Kharisma Muhammad / 2017	Faktor berat kontainer merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap produktivitas pada semua kapal.	Business and Finance Journal, Volume 2, No. 2, October 2017, hal 145-158	Persamaan: Metode root cause analysis Perbedaan: Muatan kapal curah kering Celah penelitian: manfaat dan biaya usulan perbaikan tidak dijelaskan dengan ukuran financial
2	Analisis Sistem Antrian Pelayanan Bongkar Muat Dan Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Waktu Tunggu Kapal Pada Terminal Nilam Multipurpose, Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya/Danik Putri Utami/ 2016	Waktu tunggu 1.23 hari per kapal dan kapasitas tambat terpakai 38% dengan jumlah ideal 2-3 kapal. Terminal masih belum bisa mencapai titik ideal yang seharusnya bisa tercapai -	Repository Universitas Airlangga	Persamaan: Lokasi penelitian di terminal multipurpose. Perbedaan: Metode penelitian dan Variable penelitian. Celah penelitian: Belum dibahas akar permasalahan timbulnya antrian.
3	Analisis Risiko Kegiatan Bongkar Muat Sebagai Komponen Dwelling Time Di Pelabuhan/ Minto Basuki,	Kegiatan bongkar muat antara lain truck losing out dan cetak job slip, merupakan komponen penyumbang dwelling time.	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015	Persamaan: Lokasi penelitian di terminal petikemas dan menggunakan prinsip 5 whys.

	Roni Budi Susanto, Herman Pratama Herianto/ 2015		Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; hal 115	Perbedaan: Pada metode penelitian dan Variable penelitian. Celah penelitian: penelitian tidak menyebutkan penyebab resiko waktu truck losing out dan truck losing in menjadi sangat besar.
4	Dampak Kekurangan Alat Angkut (Head Truck dan Chassis) Terhadap Kelancaran Proses Bongkar Muat Petikemas Kapal Milik Perusahaan Pelayaran PT. Alkan Abadi Surabaya/ Mega Kusumaningrum dan F.X. Adi Purwanto/ 2013	Proses bongkar muat yang tidak optimal, dikarenakan kurangnya unit alat angkut head truck dan chassis dalam melayani proses haulage dari dan ke depo petikemas atau lapangan penumpukan petikemas	Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhan Vol. 4 No. 1, September 2013 hal 18 -25	Persamaan: Lokasi penelitian di terminal petikemas. Perbedaan; Metode penelitian dan variabel penelitian Celah penelitian: Analisis sudah mengarah pada 1 permasalahan yakni kekurangan alat angkut dan tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain yang menyumbang lamanya proses bongkar muat kapal
5	Analisis Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Kontainer Di Dermaga Berlian	Faktor berat kontainer merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap produktivitas pada semua kapal.	WIDYA TEKNIK Vol. 7, No. 1, 2008; hal 79-89	Persamaan: lokasi penelitian di terminal petikemas. Perbedaan: Metode penelitian regresi linier berganda dengan dummy variable.

	Surabaya (Studi Kasus Pt. Pelayaran Meratus)/ Hendra Gunawan, Suhartono, dan Martinus Edy Sianto/ 2008			Celah penelitian: variabel waktu proses bongkar muat akan diuraikan akar masalah
6	Kajian Terhadap Fasilitas Peralatan Bongkar-Muat Barang Pada Terminal Peti Kemas Di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang/ Suharto/ 2013	Proses kegiatan bongkar muat peti kemas membutuhkan 2(dua) unit Container Crane, 5(lima) unit Rubber Tyred Gantry dan 12(dua belas) Head Truck untuk biaya minimum.	Tesis Program Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 2013	Persamaan: Lokasi penelitian di terminal petikemas. Perbedaan: permodelan dengan metode antrian tunggal banyak pelayanan Celah penelitian: penelitian tidak menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi tiap skenario

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan mengikuti diagram alir pada gambar 3.1. Selanjutnya penjelasannya akan dipaparkan pada poin-poin berikut.

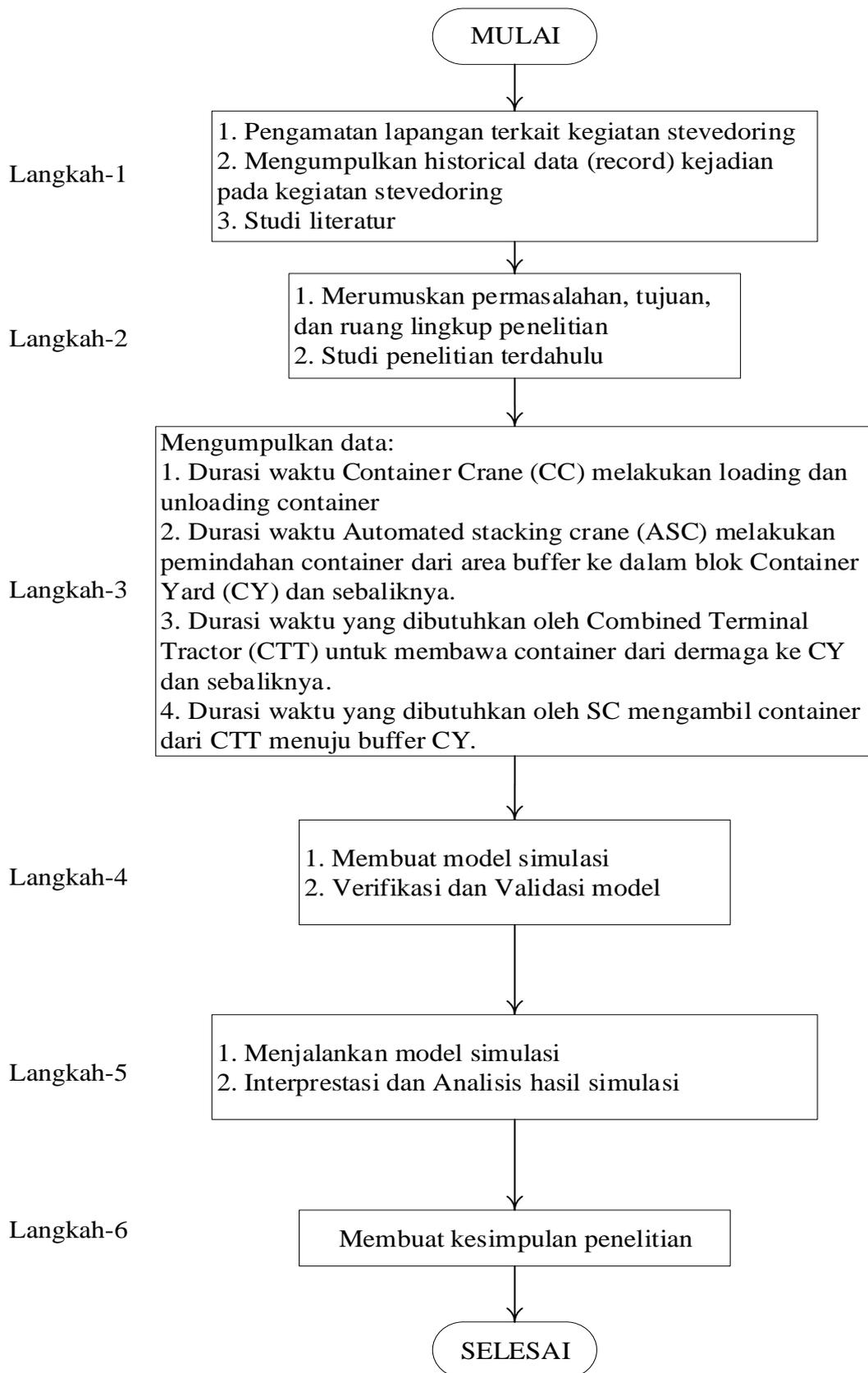
3.1. Survey Lapangan, Pengumpulan Data Awal Dan Studi Literatur

Penelitian ini diawali dari langkah-1 yakni dengan melakukan pengamatan secara acak tentang kegiatan stevedoring di Terminal Teluk Lamong. Data-data rekaman kejadian pada kegiatan stevedoring dari tahun 2016 sampai dengan September 2017, dihimpun dari sumber internal Terminal Teluk Lamong.

Bersamaan dengan itu studi literatur terkait dengan pola operasi, layout dan peralatan terminal peti kemas dilakukan. Tidak kalah penting adalah studi terkait dengan line balancing dan jenis-jenisnya, dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih luas terkait permasalahan yang akan diangkat. Literatur terkait dengan model simulasi dan BCR juga dimasukkan pada tahapan ini. Sumber utama adalah dari paper-paper kelas utama dunia.

3.2. Merumuskan Masalah Penelitian

Hal utama yang akan dilakukan pada langkah-2 adalah merumuskan permasalahan yang akan coba diselesaikan pada penelitian ini. Untuk itu perlu ditetapkan tujuan, ruang lingkup dan batasan permasalahan serta asumsi-asumsi agar diperoleh rumusan masalah yang konkret, jelas dan terukur. Didukung oleh data awal yang memadai dengan dipastikan dilakukan survei maka diharapkan masalah yang diangkat bukanlah masalah yang mengada-ada atau tidak konkret. Dari sini peneliti bisa meyakini bahwa masalah waktu menganggur pada kegiatan stevedoring memang benar-benar ada di Terminal Teluk Lamong.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

Tujuan penelitian ditentukan untuk memastikan bahwa masalah akan coba diatasi dengan cara-cara yang terarah. Solusi masalah akan dibuat dari sisi yang sudah ditetapkan. Adapun ruang lingkup, batasan permasalahan dan asumsi-asumsi dibuat agar permasalahan bisa ditentukan lebih spesifik pada suatu syarat. Hal ini dilakukan karena terbatasnya waktu dan sumber daya yang dimiliki untuk menyelesaikan penelitian ini. Dan untuk memastikan bahwa tidak ada pengulangan terhadap suatu penelitian yang sama maka perlu dilakukan studi pada penelitian-penelitian terdahulu.

3.3. Mengumpulkan Data

Pengumpulan data histori peralatan terkait stevedoring: CC, CTT, SC dan ASC dilakukan pada tahapan ini. Periode data yang akan dikumpulkan adalah sepanjang tahun 2017.

3.4. Simulasi Stevedoring

Langkah pertama dalam tahap ini adalah membuat model stevedoring di program komputer. Masing-masing peralatan dibuat modelnya kemudian digabungkan menjadi sebuah model yang utuh. Data-data parameter peralatan diverifikasi sebelum dimasukkan kedalam model.

Simulasi dijalankan dengan replikasi yang disesuaikan dengan masing-masing skenario yang akan dibuat. Skenario dijalankan pada beberapa kondisi kegiatan stevedoring: 1 kapal sandar, 2 kapal sandar sampai dengan kondisi maksimal, yakni 5 kapal sandar secara bersama-sama. Analisis hasil simulasi dirangkum dan ditarik kesimpulan.

3.5. Interpretasi dan Analisis Hasil Simulasi

Pada saat simulasi dibuat telah dilakukan beberapa percobaan: merubah nilai beberapa variabel bebas. Perubahan tersebut jika dibawa ke dalam dunia nyata maka memiliki beberapa konsekuensi, antara lain dari sisi finansial. Analisis BCR akan dibuat untuk mengukur tingkat kelayakan suatu rencana perubahan itu.

3.6. Membuat Kesimpulan Penelitian

Untuk melengkapi laporan penelitian maka akan ditarik kesimpulan. Saran akan dibuat untuk kemungkinan penelitian pada masa yang akan datang. Seluruh jalanya penelitian akan mengikuti jadwal yang ditampilkan pada tabel 3.1

BAB 4

MEMBUAT MODEL STEVEDORING

4.1. Pengumpulan Data

Data-data komponen model riil diambil dari survei lapangan dan dokumen internal PT. Terminal Teluk Lamong. Data diambil dari 2 sumber data yakni server Crane monitoring system (CMS) dan Terminal Operating System (TOS). Pada CC dan ASC dilengkapi dengan CMS yang berupa personal computer (PC) yang melakukan pencatatan setiap aktivitas dari crane. Sudah umum bahwa crane jaman sekarang dikendalikan oleh programmable logic controller (PLC), jadi selain melakukan kontrol terhadap crane PLC juga meneruskan data-data kejadian yang terjadi di crane ke CMS untuk di rekam.

Untuk menjelaskan metode pencatatan maka akan lebih mudah maka dibantu gambar 4.1. Ketika CC mengunci container untuk diangkat maka PLC mulai mencatat waktu tersebut, kemudian CC mulai melakukan pergerakan untuk memindahkan container. Mengangkat pada ketinggian tertentu, hal ini disebut gerakan hoist-up, kemudian melakukan gerakan maju atau mundur, gerakan ini disebut gerakan trolley. Saat CC meletakkan container pada tempat yang diinginkan kemudian CC membuka kunci container, saat itu juga PLC mencatat waktu akhir suatu operasi. Ada dua macam operasi yakni unloading dan loading. Unloading artinya memindahkan container dari kapal ke truck sedangkan loading artinya sebaliknya yakni memindahkan container dari truck ke kapal.

Metode pencatatan waktu oleh CMS di ASC kurang lebih sama, yakni dimulai saat ASC mengunci container sampai ASC membuka kunci container lagi. Hal ini hanya berbeda pada lokasi dan jenis gerakannya saja. Pada ASC, container yang berada di buffer area dikunci kemudian di naikkan ke atas lalu dibawa menuju block CY. Kemudian container diturunkan lalu kunci dibuka.

4.2. Tempat Membuat Model

Model stevedoring dibuat dalam bentuk software komputer. Peneliti menggunakan program Arena versi 14.00.00000 produksi Rockwell Automation, Inc.

keluaran tahun 2012. Operating system yang digunakan adalah Windows 7 Professional versi 64 bit dengan Service Pack 1. Adapun hardware yang digunakan adalah personal computer (PC) Lenovo B450 dengan processor Pentium Dual-Core CPU T4400 @ 2.20 GHz dan RAM 3 GB.

Arena adalah simulasi peristiwa diskrit dan perangkat lunak otomasi yang dikembangkan oleh Pemodelan Sistem dan diakuisisi oleh Rockwell Automation pada tahun 2000. Ini menggunakan prosesor SIMAN dan bahasa simulasi. Di Arena, pengguna membangun model percobaan dengan menempatkan modul (kotak dengan bentuk berbeda) yang mewakili proses atau logika. Jalur konektor digunakan untuk menggabungkan modul-modul ini bersama-sama dan untuk menentukan aliran entitas. Sementara modul memiliki tindakan khusus relatif terhadap entitas, aliran, dan waktu, representasi yang tepat dari setiap modul dan entitas relatif terhadap benda nyata tunduk pada pemodel. Data statistik, seperti waktu siklus dan tingkat WIP (kerja dalam proses), dapat dicatat dan dibuat output sebagai laporan.

4.3. Komponen – Komponen Sistem Riil

Komponen-komponen dunia nyata penyusun model stevedoring sebagai berikut:

a. Container

Pemindahan container dari kapal sampai dengan container yard dan sebaliknya adalah hal yang paling utama pada model. Data tujuan container menjadi atribut container itu sendiri. Hal ini menyebabkan ada beberapa macam container bersamaan dalam suatu simulasi.

b. Container Crane (CC)

Variabel dari dunia nyata CC yang akan dimasukkan dalam model adalah kecepatan CC untuk melakukan unloading container dari kapal dan loading container ke kapal.

c. Combined Terminal Tractor (CTT)

Kecepatan membawa container dari dermaga ke transfer area dan sebaliknya akan menjadi variabel CTT yang akan dimasukkan dalam model.

d. Straddle Carrier (SC)

Variabel dari SC adalah kecepatan mengambil container dari CTT kemudian ditaruh di buffer area atau water area dan sebaliknya.

- e. Automated Stacking Crane (ASC)
Durasi ASC mengambil container dari buffer area kemudian ditaruh di dalam blok dan sebaliknya menjadi parameter utama ASC.
- f. Dermaga
Variabel dari dunia riil dari dermaga adalah jenis dermaga: dermaga internasional dan dermaga domestik. Masing-masing dermaga mempunyai kapasitas tambatan sebanyak 3 kapal.
- g. Container Yard (CY)
Ada 5 blok dalam 1 CY yang dibagi menjadi 2: blok 1, 2 dan 3 digunakan untuk container dari kapal Internasional. Sedangkan sisanya digunakan untuk container dari kapal Domestik
- h. Trestle
Panjang trestel adalah 1,010 meter yang menghubungkan antara dermaga dan CY.
- i. Buffer Area Block (BAB).
BAB berfungsi sebagai tempat menaruh container sementara. SC mengambil container dari CTT kemudian ditaruh di BAB. ASC mengambil container dari BAB dan dibawa ke dalam blok CY.
- j. Water Area
Area ini berupa lapangan penumpukan container, serupa dengan blok CY. Lapangan ini hanya digunakan untuk menumpuk container dari kapal Domestik.
- k. Docking Station (DS)
Hanya ada 1 unit DS di CY. DS menggantikan fungsi SC dan BAB. Container akan ditaruh di DS oleh CTT secara otomatis. Kemudian ASC akan mengambil container tersebut untuk dibawa ke dalam blok CY. DS difungsikan hanya untuk container dari kapal Domestik.
- l. Kapal
Panjang kapal dan banyaknya jumlah container yang akan dimuat dan dibongkar menentukan banyaknya CC yang akan melayani operasi. Parameter lain yang digunakan adalah jenis kapal: domestik atau internasional.

4.4. Hubungan Antar Komponen

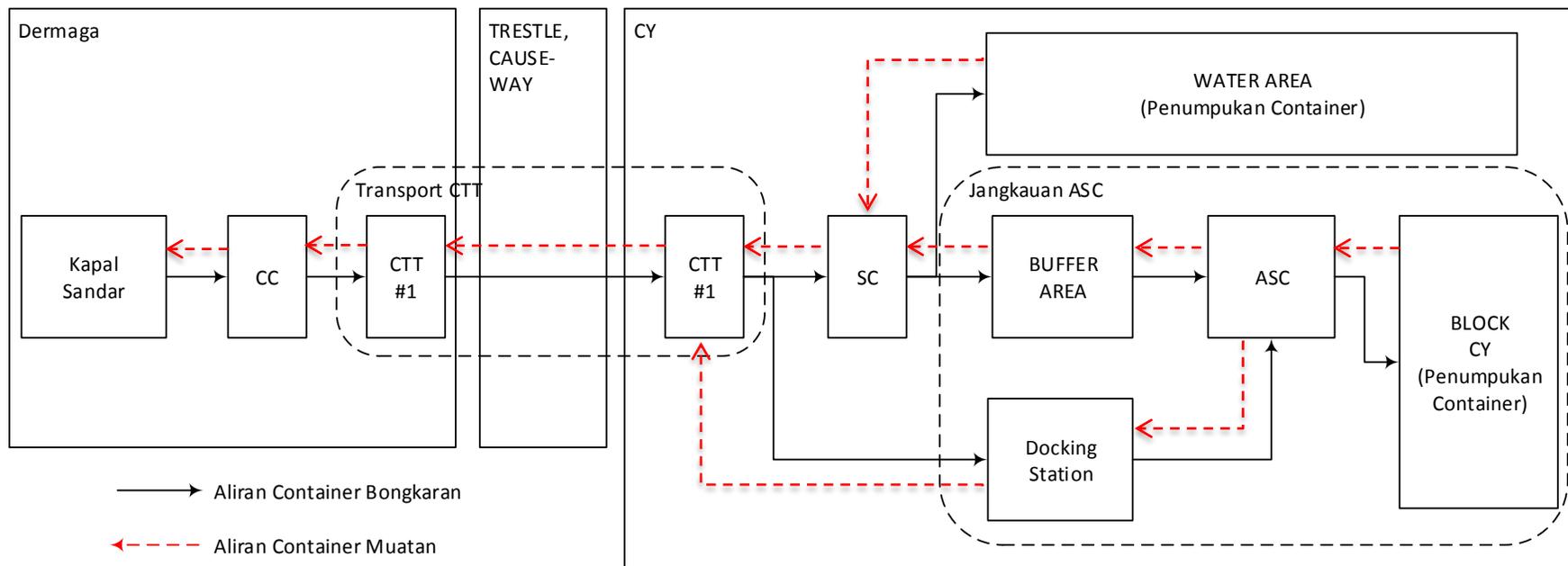
Untuk menjelaskan bagaimana antar komponen berinteraksi dalam kegiatan stevedoring bisa dilihat pada gambar 4.1. Secara umum ada 2 macam proses disini yakni “bongkaran “ dan “muatan”. Bongkaran adalah istilah yang merujuk pada kegiatan menurunkan muatan dari kapal sampai dengan di tumpuk di CY atau water area. Adapun istilah muatan yaitu merujuk pada kegiatan mengambil container di CY atau dari water area sampai dengan dimuat diatas kapal.

Pencatatan durasi waktu container yang dibawa oleh CTT dari dermaga dimulai ketika CTT ditaruh diatas CTT yakni saat Tally man mencatat nomor container berikut nomor CTT di hand held terminal (HHT) yang terhubung secara online dengan TOS. Artinya catatan 1 siklus baru saja dibuat karena waktu real juga masuk dalam rekaman di HHT tersebut. CTT membawa container ke area CY. Disana sudah menunggu SC untuk menurunkan container. Saat container diturunkan maka operator CTT langsung memasukkan data melalui vehicle monitoring terminal (VMT) bahwa container sudah diambil oleh SC.

TOS sudah mengirimkan data container yang akan ditangani oleh SC melalui VMT SC sebelum CTT datang sehingga dipastikan SC menangani container tertentu dengan akurat. Pada proses ini lama waktu penanganan oleh SC juga tercatat oleh TOS.

Ada 2 pilihan setelah container yang diambil dari SC, pertama dibawa menuju ke buffer area CY dan diletakkan disana. Operator SC menuju koordinat yang ditentukan oleh TOS di buffer area untuk memposisikan container yang benar. Pilihan kedua adalah SC menuju water area (WA) yang berupa lapangan untuk menumpuk. Proses ini berjalan sebaliknya ketika untuk proses muatan kapal.

Selain oleh SC, container bisa langsung diletakkan langsung di buffer area CY oleh CTT melalui docking system. Saat ini ada 1 docking docking yang diterapkan. Selesai menaruh container di docking station maka operator CTT memasukkan data ke VMT bahwa container sudah turun dari CTT.



Gambar 4.1. Model Kegiatan Stevedoring secara umum

4.5. Penentuan Distribusi Data

Data diambil selama kurun waktu tahun 2017. Data diolah menggunakan Input Analyzer yang merupakan salah satu tools yang ada di Arena Simulation 14.00.00000. Didapatkan pola distribusi masing-masing data. Pada tabel 4.1 ditampilkan daftar data-data yang diambil dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Baris nomor 1 sampai dengan 3 adalah distribusi data seluruh kedatangan kapal
- b. Baris 4: Stevedoring commence adalah waktu yang dibutuhkan oleh operator terminal untuk melakukan aktivitas persiapan sampai dengan bongkar muat bisa dimulai. Aktivitas itu antara lain: memasang tangga ekstra kapal, membuka lashing (pengait) container di kapal, dan membuka penutup palka.
- c. Baris nomor 1 sampai dengan 20 adalah distribusi data seluruh CC dalam melakukan bongkar dan muat dari/ke kapal. Satuan dari data adalah detik.
- d. Baris nomor 21 sampai dengan 30 adalah data lama waktu yang dibutuhkan oleh ASC untuk membawa muatan dari buffer area dan sebalikny.
- e. Baris 30 dan 31 adalah waktu menunggu container untuk diambil oleh SC dan ASC dan sebaliknya.
- f. Baris 33 dan 34 adalah waktu yang dibutuhkan untuk menaruh container di docking station (DS) sampai dengan diangkat oleh ASC dan sebaliknya.
- g. Baris 35 sampai dengan 44 adalah waktu yang dibutuhkan oleh ASC untuk mengambil dari buffer area sampai dengan menumpuknya didalam blok dan sebaliknya.

Detail properti data distribusi dilampirkan pada bagian lampiran.

Tabel 4.1 Ringkasan distribusi data

No	Crane/ Station	Aktivitas	Rumus Distribusi	Square Error	Sample Mean	Satuan
1	Kapal	Kedatangan Kapal Internasional	$-0.001 + \text{EXPO}(41.5)$	0.000925	41.5	jam
2	Kapal	Kedatangan Kapal Domestik	$-0.001 + 142 * \text{BETA}(1.32, 9.79)$	0.001328	16.2	jam
3	Kapal	Kedatangan Semua Kapal	$-0.001 + \text{GAMM}(10.7, 1.1)$	0.00131	11.7	jam

4	Dermaga	Stevedoring Commence	3 + LOGN(84.8, 78.3)	0.03859	83.8	menit
5	CC01-D	Loading	30 + LOGN(54.5, 53)	0.00063	83.1	detik
6	CC02-D	Loading	103 + LOGN(52.8, 59)	0.00150	153	detik
7	CC03-D	Loading	147 + LOGN(57.1, 57)	0.00136	202	detik
8	CC04-D	Loading	129 + ERLA(26.5, 2)	0.00194	182	detik
9	CC05-D	Loading	129 + ERLA(26.5, 2)	0.00194	182	detik
10	CC01-D	Unloading	30 + LOGN(36.3, 59.5)	0.01390	60.3	detik
11	CC02-D	Unloading	103 + GAMM(28.9, 1.01)	0.01544	132	detik
12	CC03-D	Unloading	147 + GAMM(28.5, 1.08)	0.01574	178	detik
13	CC04-D	Unloading	129 + GAMM(30.2, 1.01)	0.01615	160	detik
14	CC05-D	Unloading	138 + LOGN(36.5, 61)	0.01326	169	detik
15	CC01-I	Loading	173 + LOGN(66.3, 54.5)	0.00086	238	detik
16	CC02-I	Loading	181 + LOGN(67.9, 56.5)	0.00068	247	detik
17	CC03-I	Loading	176 + LOGN(65.7, 46.4)	0.00093	241	detik
18	CC04-I	Loading	173 + LOGN(65.1, 45.4)	0.00076	238	detik
19	CC05-I	Loading	179 + LOGN(65.9, 47)	0.00054	244	detik
20	CC01-I	Unloading	173 + LOGN(45.1, 45.4)	0.00364	217	detik
21	CC02-I	Unloading	171 + LOGN(55.4, 38)	0.00480	228	detik
22	CC03-I	Unloading	178 + LOGN(50.4, 49)	0.00173	228	detik
23	CC04-I	Unloading	175 + LOGN(51.8, 46.9)	0.00138	227	detik

24	CC05-I	Unloading	179 + LOGN(51.5, 44.6)	0.00177	231	detik
25	CTT	TRUCK TO VESSEL (DOCKING)	1 + LOGN(18.6, 9.15)	0.00212	19.4	menit
26	CTT	TRUCK TO VESSEL	5 + ERLA(3.48, 4)	0.00310	18.9	menit
27	CTT	TRUCK(WHARF) TO DOCK	GAMM(2.72, 7.11)	0.00590	19.3	menit
28	CTT	TRUCK(WHARF) TO SC	5 + 53 * BETA(3.94, 14.5)	0.00155	16.4	menit
29	SC	SC to Buffer	LOGN(1.41, 0.399)	0.03134	1.43	menit
30	SC	SC to Truck	1 + LOGN(0.267, 0.175)	0.00395	1.28	menit
31	Buffer Area	BUFFER TO ASC	2 + ERLA(6, 2)	0.00170	14	menit
32	Buffer Area	BUFFER TO SC	GAMM(4.77, 4.41)	0.00119	21	menit
33	Docking Station	DOCK TO ASC	1 + GAMM(3.97, 2.78)	0.00181	12	menit
34	Docking Station	DOCK TO TRUCK	1 + LOGN(17.4, 10.2)	0.00233	18.2	menit
35	ASC-O1W	Stack to WS	120 + LOGN(50.8, 34.1)	0.03895	179	detik
36	ASC-O1W	WS to Stack	119 + LOGN(37.1, 32.3)	0.00472	162	detik
37	ASC-O2W	Stack to WS	118 + LOGN(54.8, 36.4)	0.01342	181	detik
38	ASC-O2W	WS to Stack	118 + LOGN(37.5, 28.5)	0.00053	162	detik

39	ASC-O3W	Stack to WS	$73 + \text{LOGN}(103, 47.6)$	0.06588	184	detik
40	ASC-O3W	WS to Stack	$118 + \text{LOGN}(37.5, 30.4)$	0.00112	164	detik
41	ASC-O4W	Stack to WS	$114 + \text{LOGN}(46.4, 20.1)$	0.00646	161	detik
42	ASC-O4W	WS to Stack	$115 + \text{LOGN}(27.6, 14.4)$	0.00126	143	detik
43	ASC-O5W	Stack to WS	$113 + \text{LOGN}(59.7, 51.4)$	0.00366	182	detik
44	ASC-O5W	WS to Stack	$111 + \text{WEIB}(32.3, 1.1)$	0.00450	159	detik

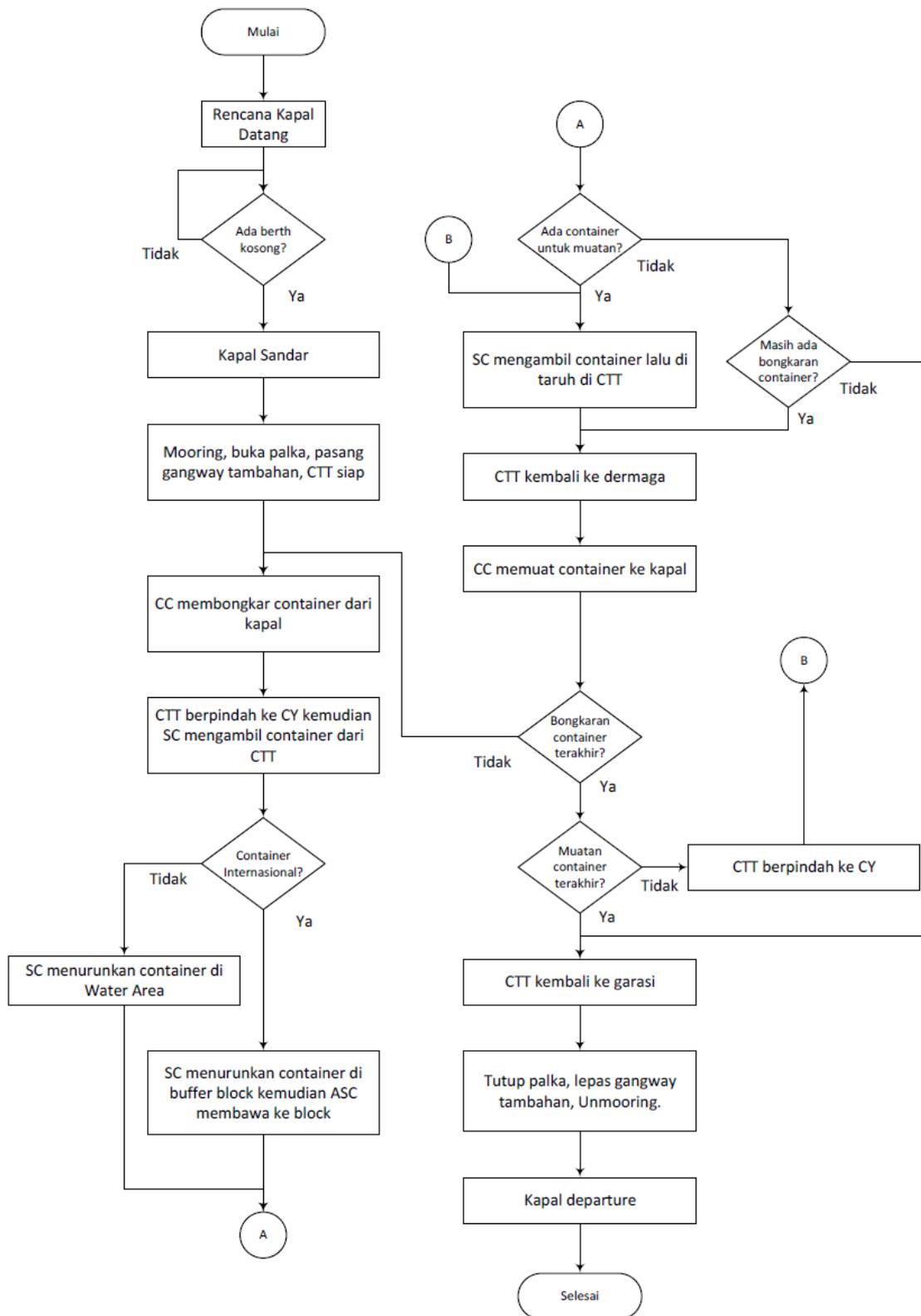
4.6. Model Konseptual

Model Konseptual menggambarkan suatu model yang akan diinterpretasikan dalam model simulasi. Jadi model ini harus merepresentasikan sistem riil yang ada di lapangan. Tujuan dibuatnya model ini adalah memudahkan dalam membuat model simulasi dan membuat skenario simulasi. Untuk menjelaskan proses yang terjadi pada kegiatan bongkar muat maka digunakan flowchart. Pada chart ini digambarkan komponen-komponen sistem nyata dan interaksi antar komponen untuk melakukan tugas utama: menurunkan dan menaikkan container dari/ke kapal. Penjelasan dari flowchart pada gambar 4.2 sebagai berikut:

- a) Rencana kedatangan kapal berisi antara lain tanggal/jam kedatangan dan kepergian kapal, jenis muatan kapal (container domestik atau internasional), jumlah container yang di bongkar dan dimuat, jumlah CC yang akan melayani, dan lokasi penempatan/ pengambilan container di kapal. Kapal domestik artinya memuat hanya container domestik dan jalur pelayarannya dalam wilayah negara Indonesia. Demikian juga kapal internasional artinya jalur pelayaran kapal keluar dari wilayah negara Indonesia dan hanya memuat container internasional.
- b) Kapal hanya bisa sandar jika ada ruang berth/tambatan yang cukup. Pada dasarnya hal ini terkait dengan panjang dermaga dan length of all (LOA) kapal. Sesuai dengan

praktek operasi yang ada maka hal itu dirumuskan sebagai berikut: pertama, ada 3 berth untuk kapal internasional dan 3 kapal domestik. Jadi dalam waktu yang sama, paling banyak 6 kapal bisa dilayani. Kedua, meskipun beberapa kapal masih memiliki crane kapal tetapi crane tersebut tidak pernah digunakan dalam praktek operasi dalam kasus ini.

- c) Setelah kapal datang maka beberapa kegiatan berikut dilakukan sebelum proses bongkar/muat bisa dimulai: mooring, membuka palka, melepaskan lashing, dan memasang extra gangway. Pada saat itu CTT juga harus bersiap di dermaga.
- d) CTT membawa container dari dermaga ke CY dan kemudian kembali ke dermaga. Jika ada container yang dimuat maka CTT kembali ke dermaga dengan membawa container. Proses itu berlangsung berulang sampai dengan seluruh container yang dibongkar dan dimuat habis.
- e) CTT akan kembali ke garasi setelah kegiatan seluruh kegiatan stevedoring selesai. Adapun untuk CTT yang kembali ke garasi untuk pergantian operator pada saat ganti shift tidak dimasukkan dalam pembuatan model.
- f) CTT meng-handling seluruh container dengan rute dermaga-CY baik container domestik maupun internasional dan seluruh CTT bekerja berdasarkan kesiapannya secara random.
- g) SC menunggu CTT di CY pada masing-masing blok dan WA. SC akan melayani setiap CTT yang datang dengan metode antrian: melayani siapa yang datang lebih awal untuk masing-masing tujuan.
- h) ASC diprogram secara otomatis: memasukkan container dari buffer area dan sebaliknya. Urutan program dijalankan pada awal kedatangan kapal.



Gambar 4.2 Flowchart kegiatan bongkar/muat

4.7. Komponen Sistem Simulasi

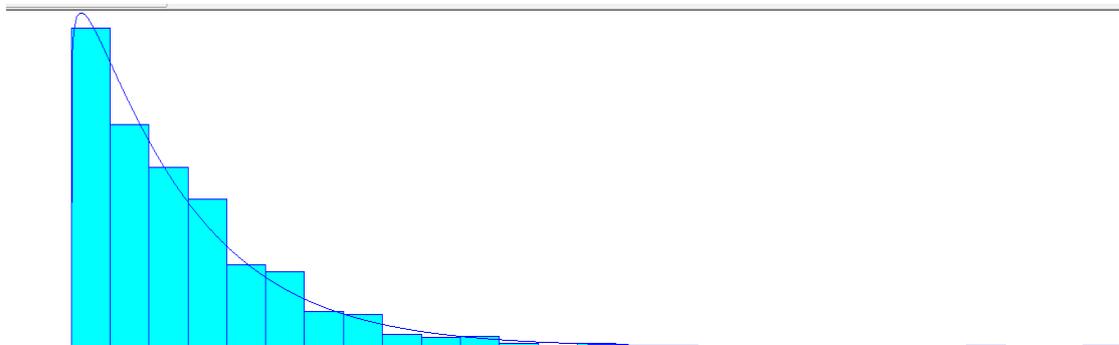
Simulasi akan dibuat pada sistem diskrit. Komponen-komponen penyusun sistem ini dijelaskan sebagai berikut:

a) System state variable

Berikut ini adalah state variable yang terkait sistem bongkar-muat container: jumlah kapal yang sandar pada waktu tertentu, Jumlah container yang dibawa oleh kapal yang sandar, dan Jumlah CTT yang beroperasi

b) Entities

Ada 2 macam entities dalam model: kapal dan container. Data distribusi kedatangan kapal tipe gamma dengan rumusan: $-0.001 + \text{GAMM}(10.7, 1.1)$, satuannya jam dan rata-rata sampel adalah 11.7 jam. Gambar 4.3 menggambarkan data distribusi tersebut.



Gambar 4.3. Data distribusi kedatangan kapal

Container adalah entities turunan dari entities kapal. Ilustrasinya sebagai berikut: kapal A membawa muatan 100 container dan 120 container untuk dimuat. Ketika kapal A datang maka 100 dan 120 container datang “mengantri” dalam waktu yang sama untuk dilayani.

c) Attributes

Pada saat kapal datang maka diberikan atribut: kapal domestik atau kapal international. Untuk muatan yang dibawa oleh kapal domestik maka diberikan atribut “dom container IN” untuk container yang akan diturunkan dari kapal dan “dom container OUT” untuk container yang akan dimuat ke kapal. Demikian juga untuk muatan dari kapal internasional.

d) Event

Beberapa event yang terkait antara lain: kedatangan kapal, kegiatan bongkar muat dimulai pertama kali, container dimuat diatas CTT, seluruh CTT dalam keadaan busy, dan seluruh muatan sudah di naik/turunkan dari kapal.

e) Activity

Aktivitas yang terkait antara laina:

- i. Pekerjaan pendahuluan saat kapal datang sampai dengan kegiatan bongkar muat pertama bisa dimulai.
- ii. CC mengambil muatan dari kapal kemudian ditaruh diatas CTT
- iii. CTT membawa container dari dermaga menuju CY
- iv. SC mengambil muatan dari CTT kemudian ditaruh di BAB
- v. ASC mengambil container dari BAB kemudian di stack diblock

f) Delay

Beberapa kemungkinan terjadi delay yakni saat CTT menunggu CC mengambil container untuk dimuat di kapal.

g) Clock

Waktu simulasi akan dicatat dari start sampai dengan dengan selesai.

h) Variable sistem

Variable adalah objek yang menjadi pengamatan pada setiap penelitian. Istilah lainnya adalah faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti.

i. Variable bebas

Variable ini yang memberikan kontribusi atas perubahan yang terjadi pada variable terikat:

- ✓ Waktu kedatangan kapal dan jenis kapal
- ✓ Jumlah container yang dibongkar/dimuat
- ✓ Jumlah CC yang digunakan untuk setiap kapal
- ✓ Jumlah CTT yang melayani pada suatu waktu
- ✓ Kecepatan CC untuk mengambil/menaruh muatan di kapal
- ✓ Kecepatan CTT dari dermaga ke CY dan sebaliknya
- ✓ Kecepatan SC untuk mengambil container dari CTT untuk ditaruh di BAB dan sebaliknya

- ✓ Kecepatan ASC untuk mengambil muatan di BAB untuk di-stack di CY dan sebaliknya
- ii. Variable terikat
- Variable ini yang akan diamati dalam penelitian:
- ✓ Lama waktu tunggu CC pada suatu periode
 - ✓ Lama waktu tunggu CTT dalam suatu periode
 - ✓ Lama waktu tunggu kapal pada setiap pelayanan
 - ✓ Lama waktu tunggu ASC dalam suatu periode
 - ✓ Lama waktu tunggu SC dalam suatu periode

4.8. Skenario Simulasi

Untuk menjalankan simulasi dengan benar maka beberapa hal berikut ditentukan terlebih dahulu: pertama, Setiap CTT akan dimuati container 1x40ft atau 2x20ft. Hal ini berdasarkan pada kondisi riil dalam praktek operasi. Kedua, tidak ada dedicated CTT untuk CC dan Block yang dituju di CY. Artinya CTT yang selesai pertama kali dalam suatu aktifitas maka akan mendapatkan urutan pertama kali pada aktivitas berikutnya. Untuk menyederhanakan pemodelan maka perlu dilakukan penyerderhanaan berikut ini:

- a. Pada dunia nyata CTT bisa memuat 2 container ukuran 20ft sekaligus, baik dari dermaga maupun CY. Agar kondisi tersebut masuk pada model komputer maka diperlukan logika yang rumit. Untuk mengatasi hal itu maka pada digunakan pendekatan perhitungan menggunakan data-data pada tahun 2017 sebagai berikut:
- ✓ Jumlah container yang dihandling: 436.329 box dengan komposisi 82% ukuran 20ft dan 18% ukuran 40ft
 - ✓ Dengan asumsi seluruh container ukuran 20ft dihandling oleh CTT dengan 2 box sekaligus maka hanya diperlukan 1/2 dari 82% total perjalanan CTT.
 - ✓ Jadi total perjalanan CTT yang dilakukan sebesar $18\% + 1/2 * 82\% = 58\%$
 - ✓ Jumlah CTT tetap, maka waktu tempuh CTT dalam 1 perjalanan dikalikan konstanta 58% .
- b. CC internasional bisa melakukan handling 2 container ukuran 20ft sekaligus. Kondisi ini mirip dengan CTT tersebut diatas. Untuk mengkompensasi kondisi tersebut maka durasi handling CC internasional dikalikan dengan 87,5%. Nilai itu didapat dari:

- ✓ Container ukuran 40ft sebanyak dan 20 ft yang dihandling dengan mode biasa (1 box per 1 angkatan) sebanyak 325.949 box atau 75% dari total container
- ✓ Container ukuran 20ft sebanyak 110.380 box atau 25% dihandling dengan mode 2 box per 1 angkatan.
- ✓ Jadi sebenarnya CC international menyelesaikan tugas dalam waktu $75\% + \frac{1}{2} * 25\% = 87,5\%$ dari data yang ada.

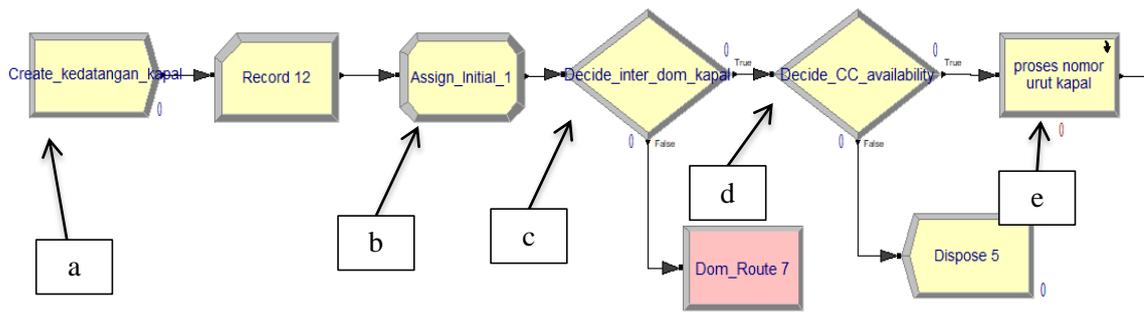
4.9. Logika Pemodelan

Pembuatan pemodelan berdasarkan aktifitas pada masing-masing sub-proses yang membentuk sub-model. Penyusunan sub-model mengikuti alur pada sistem nyata.

4.9.1. Logika pemodelan kedatangan Kapal

Kedatangan kapal adalah aktifitas pertama dalam model simulasi. Set data kapal berisi data jenis kapal: domestik atau internasional, jumlah CC yang akan melayani, dan jumlah container yang akan dibongkar dan dimuat. Ada 275 data kapal yang akan menjadi input sebagaimana pada lampiran-2. Gambar 4.4. akan dijelaskan berikut ini dengan masing-masing label pada modul.

- a. Modul “create” akan mengatur kedatangan kapal berdasarkan data distribusi kedatangan kapal yang sudah diinputkan.
- b. Modul “assign” dibuat untuk mengambil data set kapal dari 275 baris yang sudah dimasukkan secara random. Hal yang utama pada hal ini adalah jenis kapal: domestik atau internasional.
- c. Modul “decide” diprogram untuk mengarahkan entitas (entities) kapal sesuai dengan jalur logika: internasional atau domestik.
- d. Modul “decide” kedua berfungsi untuk mengecek apakah tersedia CC yang cukup untuk melayani. Jika tidak maka entity akan diarahkan dalam modul “dispose”. Hal ini artinya kapal ditolak untuk berlabuh.
- e. Modul “assign” selanjutnya difungsikan untuk memberikan nomor kapal dalam urutan di dermaga. Masing-masing kapal sandar di dermaga internasional maupun domestik akan diberikan label: kapal 1, kapal 2, dan kapal 3. penomoran ini secara cyclical. Artinya jika ada datang kapal ke-4 maka akan dapat label kapal 4.

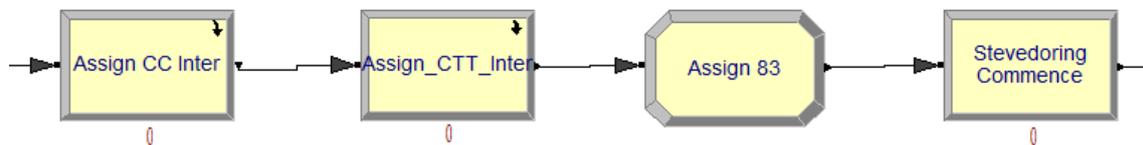


Gambar 4.4. Logika kedatangan kapal

4.9.2. Logika pemodelan bongkar container dari kapal

Sampai pada poin ini maka entitas kapal sudah masuk pada jalur logika masing-masing berdasarkan tipe kapal.

- a. Meng-assign CC dan CTT: Sesuai dengan data yang diambil pada tahap sebelumnya maka perlu meng-assign CC dan CTT yang dibutuhkan. Gambar 4.5. menggambarkan logika yang dibuat.



Gambar 4.5 Logika assignment CC dan CTT

- (1) Modul “sub-model” assign CC berisi logika pemilihan CC yang masih tersedia. Ada 5 CC di dermaga internasional dan 5 CC di dermaga domestik. Misalnya kapal internasional butuh 3 CC maka begitu dilakukan assignment, CC yang tersedia tinggal 2.
- (2) Modul “sub-model” assign CTT berisi logika penentuan jumlah CTT yang aktif dalam sistem. Tabel 4.3 menjelaskan detail assignment CTT.

Tabel 4.3 CC yang diassign terhadap jumlah CTT yang diperlukan

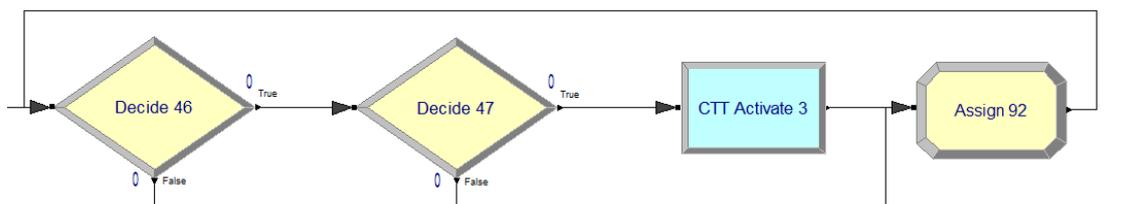
Jumlah CC yang di-assign	Jumlah CTT yang diperlukan
1	6

2	16
3 sd 4	24
5 sd 6	26
7 sd 10	26

(3) Modul “Assign” melengkapi kedua modul sebelumnya

(4) Modul “process” berisi logika aktifitas yang perlu dilakukan saat kapal datang sampai dengan proses bongkar muat pertama bisa dimulai.

- b. Mengaktifkan CTT yang akan melayani. Pada awal iniasi seluruh 50 CTT diberikan status tidak aktif. Pada saat jumlah CTT yang diperlukan sudah ditentukan maka sejumlah CTT itu akan dirubah statusnya menjadi aktif. Modul “Activate” digunakan untk melakukan tugas aktivasi CTT yang diperlukan. Pada gambar 4.6 terdapat modul “decide” dan “assign” yang diperlukan sebagai looping. Tujuannya adalah aktivasi dilakukan untuk sejumlah CTT yang sudah ditentukan.



Gambar 4.6. Aktivasi CTT

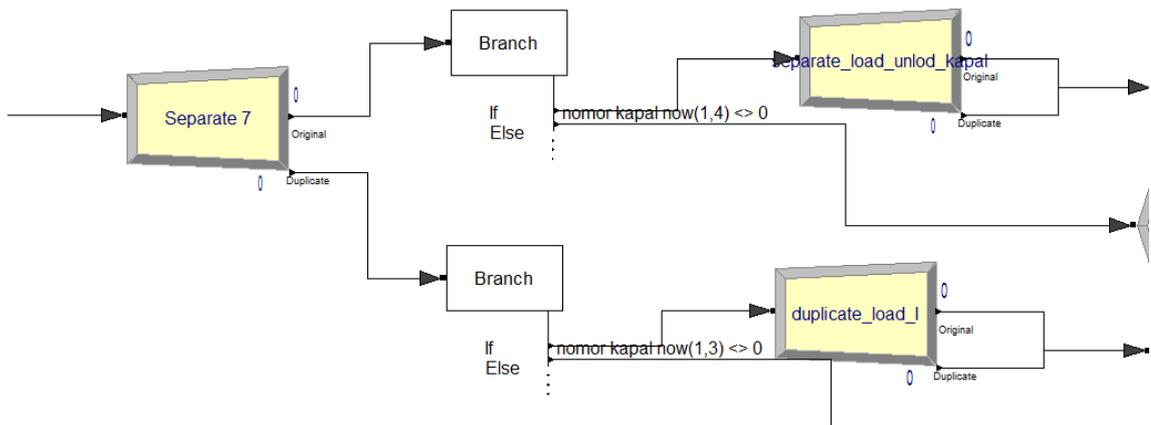
- c. Menduplikasi entitas kapal. Pada bagian ini digunakan module “separate”. Fungsi modul ini adalah untuk memisahkan sebuah entitas menjadi 2 bagian atau lebih dengan atribut yang tetap. Gambar 4.7 menggambarkan penjelasan berikut:

(1) Module “separate” yang pertama difungsikan untuk memecah entitas kapal menjadi 2 bagian: unloading dan loading.

(2) Module “separate” selanjutnya digunakan untuk memecah masing-masing unloading dan loading menjadi sejumlah bagian yang sudah didefinisikan

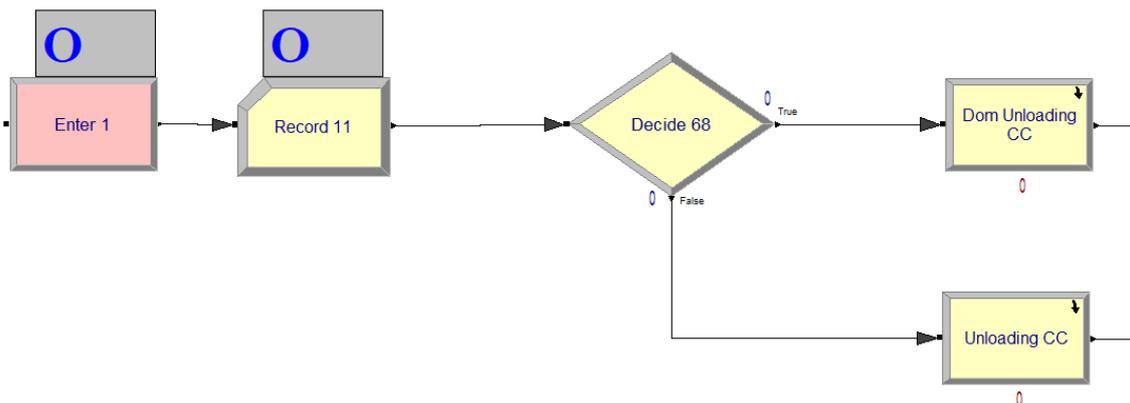
pada properti kapal. Sejumlah bagian yang dimaksud adalah jumlah container yang akan dibongkar dan dimuat.

- (3) Selanjutnya entitas akan diberikan attribute baru yakni: “container IN” untuk container yang dibongkar dan “container OUT” untuk container yang akan dimuat di kapal.



Gambar 4.7 pemecahan entitas kapal

- d. Antrian container untuk diturunkan dari kapal. Entitas container akan diarahkan ke station Enter 1. Sub-Module Process pertama akan menerima entitas container domestic sedangkan yang kedua akan menerima hanya entitas dengan attribute container internasional. Gambar 4.8 mempermudah penjelasan tersebut.



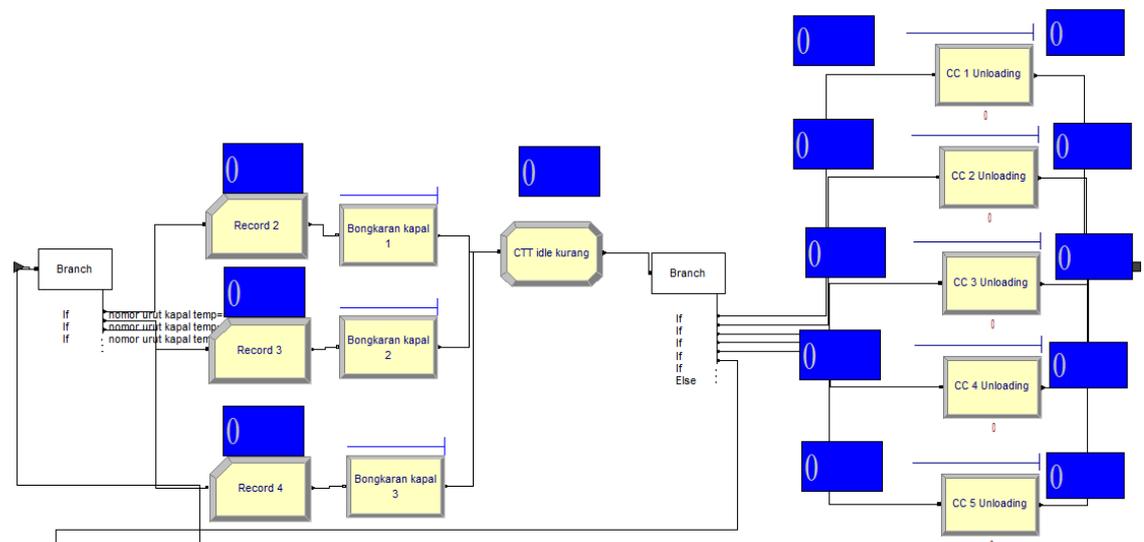
Gambar 4.8 Pemisahan antrian container domestic-internasional

Entitas container IN akan ditempatkan pada modul Hold. Ada 3 modul Hold yang digunakan. Modul ini merepresentasikan masing-masing kapal dimana entitas container akan masuk ke dalam modul untuk mengantri. Entitas container

akan ditahan didalam modul itu sampai persyaratan berikut dipenuhi: ada salah satu CC yang dalam keadaan idle, ada CTT yang idle dan berada di dermaga.

Hanya CC yang sudah di assign untuk suatu kapal yang bisa menerima entitas container. Jika ada 2 atau lebih CC yang idle maka akan dipilih secara random. Gambar 4.9 adalah tampilan logic tersebut di software simulasi.

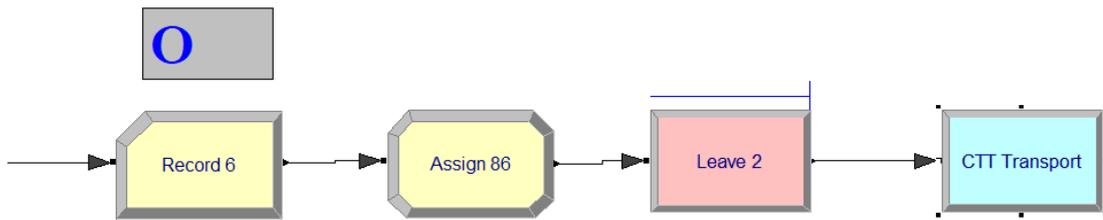
Modul Process didefinisikan sebagai fungsi sebuah CC. Jadi ada masing-masing 5 modul untuk 5 CC internasional dan 5 modul untuk CC domestik. Data distribusi Unloading CC dimasukkan pada setiap modul.



Gambar 4.9 Antrian container bongkaran

e. CTT membawa container dari dermaga. Setelah CTT dimuati container oleh CC maka CTT akan segera pergi menuju CY. Untuk menjalankan fungsi itu maka di gunakan modul berikut:

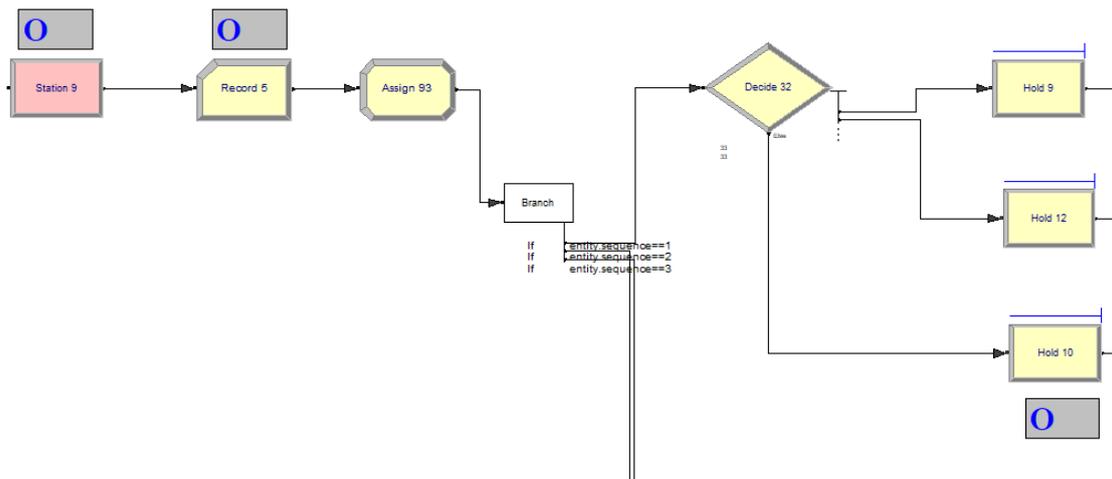
- (1) Modul Leave
- (2) Modul ini berfungsi memindahkan entitas container ke transporter CTT.
- (3) Modul Transport
- (4) Modul ini berfungsi untuk membawa transporter CTT dari station Enter 1 ke Station 1. Dengan kata lain modul ini sebagai fungsi pemindahan entitas container dari dermaga (station Enter 1) menuju CY (Station 1). Terkait dengan kecepatan CTT maka data distribusi durasi waktu CTT dimasukkan pada modul ini.



Gambar 4.10 Container dimuat pada CTT

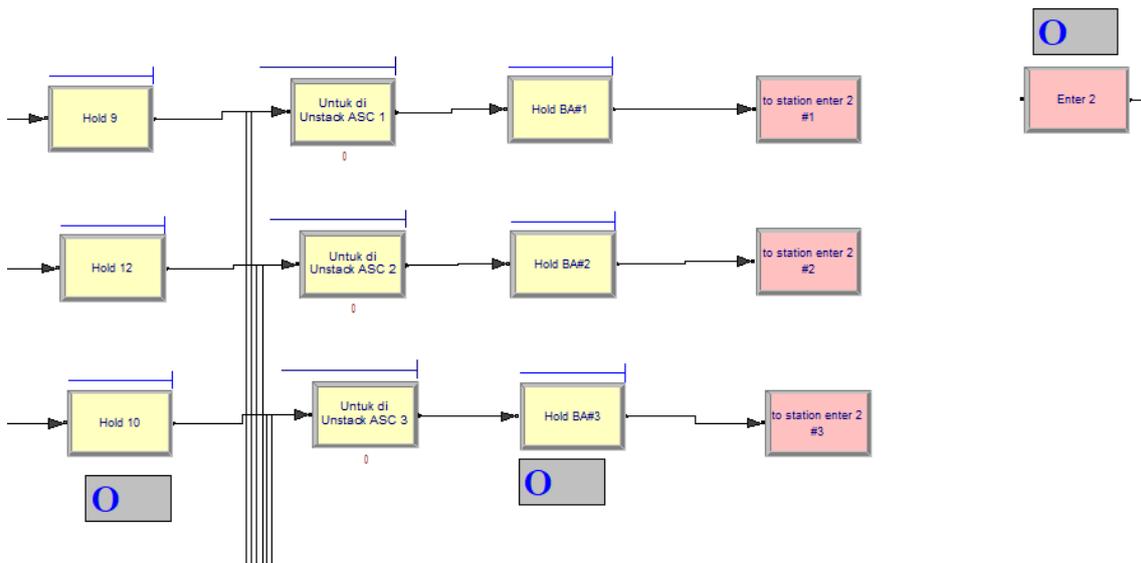
4.9.3. Logika pemodelan muat container ke kapal

- a. Meng-assign CC dan CTT. Jalur logika yang digunakan sama pada bagian logika bongkar container dari kapal.
- b. Mengaktifkan CTT yang akan melayani. Jalur logika yang digunakan sama pada bagian logika bongkar container dari kapal.
- c. Merubah dan menduplikasi entitas kapal. Jalur logika yang digunakan sama pada bagian logika bongkar container dari kapal.
- d. Antrian container didalam block CY. Entitas kapal dipecah menjadi 2 entitas. Masing-masing entitas kemudian dipecah sesuai dengan jumlah container bongkar dan container muat. Semua entitas container diberikan attribut sesuai dengan nomor kapal. Untuk kapal nomor 1 maka entitas container diberikan attribute sequence nomor 1. Kapal 2 sequence nomor 2 dan kapal 3 sequence nomor 3. Dengan menggunakan modul “Branch” maka entitas container muat akan diarahkan sesuai dengan attribute yang dimiliki. Kemudian entitas akan dipisahkan lagi secara merata: 1/3 masuk ke blok no.1, 1/3 masuk blok no. 2, dan sisanya masuk ke blok no. 3. Untuk menjalankannya maka digunakan 3 modul “Decide”. Dengan demikian pada saat yang sama 3 kapal dengan muatannya bisa dieksekusi oleh program. Gambar 4.11 menunjukkan logika tersebut akan dijalankan.



Gambar 4.11 Pemisahan entitas container muat masing-masing kapal

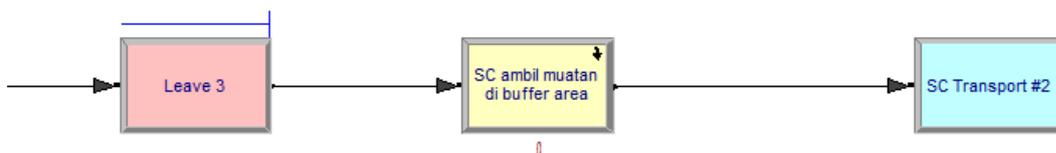
- e. Antrian Di Dalam Blok CY. Modul “Hold” akan menampung entitas untuk masing-masing kapal dan masing masing block. Jadi entitas container muat dari 1 kapal akan ditampung pada 3 modul “Hold” yang mewakili 3 blok CY. Modul “Hold” tidak akan mengeluarkan entitas sampai dengan: ASC idle dan antrian di buffer area (BA) kurang dari 11. Pada saat yang sama, paling banyak 3 modul “Hold” akan mengantri entitas yang di tampungnya untuk 1 ASC. Modul “Hold” akan dilayani secara bergantian. Operasi ini sangat ideal karena dalam kenyataanya dispatcher dapat memilih kapal mana yang harus dilayani dulu. Hal ini menjadi Batasan yang dilakukan pada penelitian ini.
- f. Antrian Di BA. Module “Process” yang didefinisikan terdapat hanya 1 buat resource yakni ASC. Durasi memindahkan container dari dalam blok kemudian dibawa ke BA didefinisikan sebagai data distribusi ASC. Entitas container muat memasuki modul ini kemudian akan masuk pada modul “Hold” yang merepresentasikan BA. Kita sebut sebagai modul Hold BA untuk memudahkan penyebutannya. Gambar 4.12 menjelaskan hal itu. Entitas ditampung pada modul Hold BA sambil menunggu seluruh persyaratan berikut terpenuhi: ada salah satu SC dan CTT dalam kondisi idle. Entitas akan diarahkan ke modul Station dengan nama Enter 2. Seluruh entitas baik container domestic maupun internasional akan melewati station ini. Lokasi Enter 2 didefinisikan berada CY.



Gambar 4.12 Antrian entitas di ASC

g. Assignment SC untuk entitas container muat

- (1) Entitas yang masuk pada modul “Leave” dengan nama Leave 3 akan di pindahkan pada transporter SC. Ada 6 unit SC pada model ini. Modul memberikan nomor kepada SC yang sedang idle secara berurutan.
- (2) Entitas masuk pada modul “Transport” dan SC sebagai transporternya. Kecepatan SC dimasukkan pada modul ini. Modul akan mengarahkan Entitas container muat ke Station 1 yang berada di CY. Pada gambar 4.13 menjelaskan hal itu.



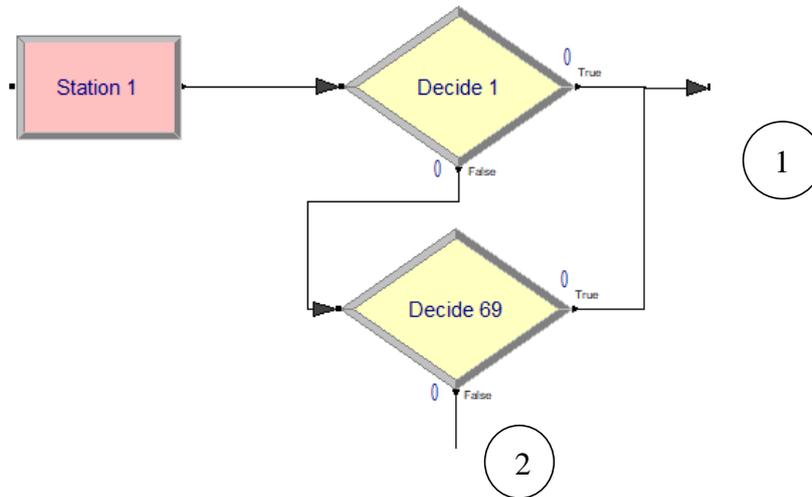
Gambar 4.13 SC membawa entitas container muat

4.9.4. Logika Pemodelan di Container Yard

a. Kedatangan entitas container di CY

Entitas container muat dan container bongkar akan diarahkan pada modul Station 1. Tujuannya adalah memudahkan assignment transporter CTT.

Sebgaimana pada gamabr 4.14, ada 2 cabang keluaran pada kumpulan modul ini: cabang 1 mengarahkan pada jalur logika container bongkar dan cabang 2 mengarahkan pada jalur logika container muat



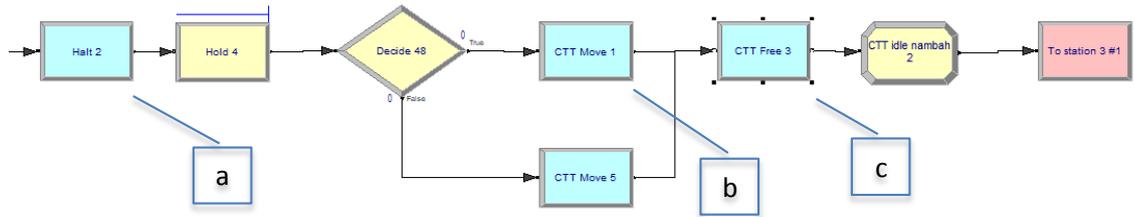
Gambar 4.14. Kedatangan entitas container di Station 1

b. Container diambil dari CTT oleh SC dan dibawa ke BAB.

Untuk memodelkannya maka dibuat logika sebagai berikut:

(1) Entitas container dipisahkan dari transporter CTT

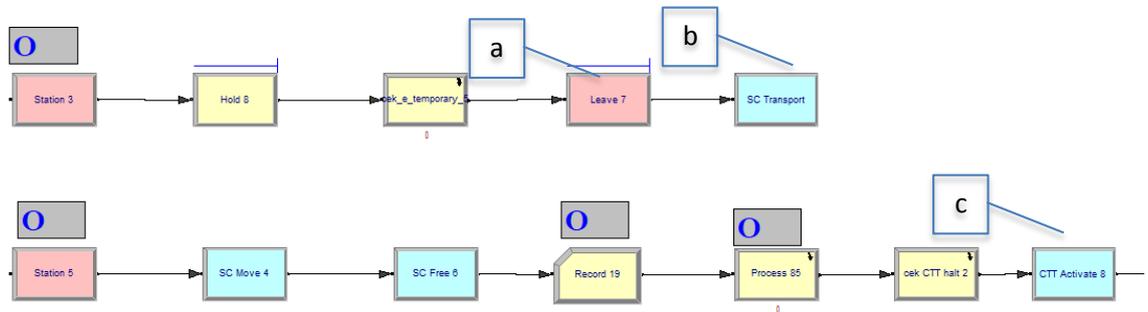
- Modul “Halt” ditunjukkan oleh “a” pada gambar 4.15 berfungsi untuk merubah status transporter CTT menjadi tidak aktif. Hal ini digunakan untuk memastikan bahwa CTT tidak bisa digunakan sebelum entitas container berpindah ke transporter SC.
- Modul “Move” ditunjukkan oleh “b” pada gambar 4.15 berfungsi untuk memindahkan transporter CTT kembali ke Station 1 atau ke Station 2. Modul ini berbeda dengan modul Transport yang digunakan sebelumnya yakni hanya memindahkan transporteranya saja tanpa merubah lokasi entitas yang sedang dibawa/dikontrol.
- Modul “Free” ditunjukkan oleh “c” pada gambar 4.15 berfungsi untuk memisahkan entitas container yang dibawa oleh transporter CTT. Setelah melewati modul ini maka entitas akan diarahkan ke Station 3 menggunakan modul “Route”.



Gambar 4.15 Pemisahan Entitas container dari Transporter CTT

(2) Entitas container diassign pada transporter SC

- Setelah entitas container masuk pada station 3 maka modul “Leave”, ditunjukkan oleh “a” gambar 4.16, akan menggabungkannya dengan transporter SC.
- Modul “Transport” ditunjukkan oleh “b” pada gambar 4.16 berfungsi untuk mengarahkan transporter SC menuju Station 5. Data distribusi kecepatan SC dimasukkan pada modul ini.
- Modul “Activate” ditunjukkan oleh “c” pada gambar 4.16 berfungsi untuk mengaktifkan kembali CTT. Selanjutnya entitas akan masuk pada modul “Process” yang didefinisikan sebagai antrian di BAB.



Gambar 4.16 Assigment Entitas container dari Transporter SC

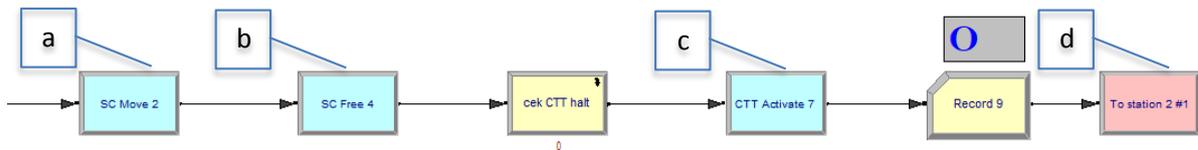
c. Container ditaruh di CTT oleh SC dan dibawa ke Dermaga

Untuk memodelkannya dibuat logika sebagai berikut:

(1) Entitas container dipisahkan dari transporter SC

- Modul “Move” ditunjukkan oleh “a” pada gambar 4.17 berfungsi memindahkan SC kembali ke Station 1.

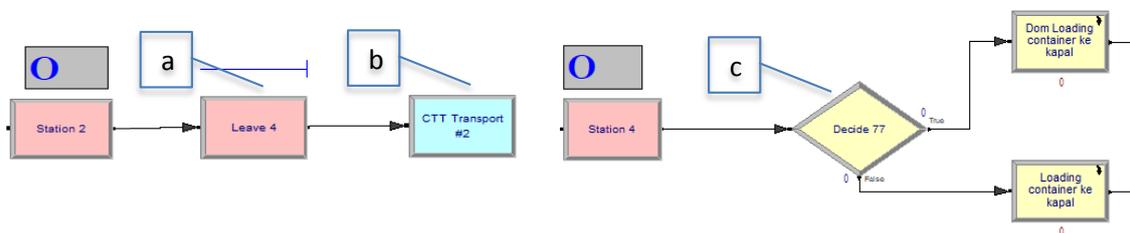
- Modul “Free” ditunjukkan oleh “b” pada gambar 4.17 berfungsi untuk memisahkan entitas container dari transporter SC.
- Modul “Activate” ditunjukkan oleh “c” pada gambar 4.17 berfungsi untuk mengaktifkan kembali CTT. Entitas akan diarahkan ke Station 2 oleh modul “Move” yang ditunjukkan oleh “d”



Gambar 4.17 Pemisahan Entitas container dari Transporter SC

(2) Entitas container diassign pada transporter CTT

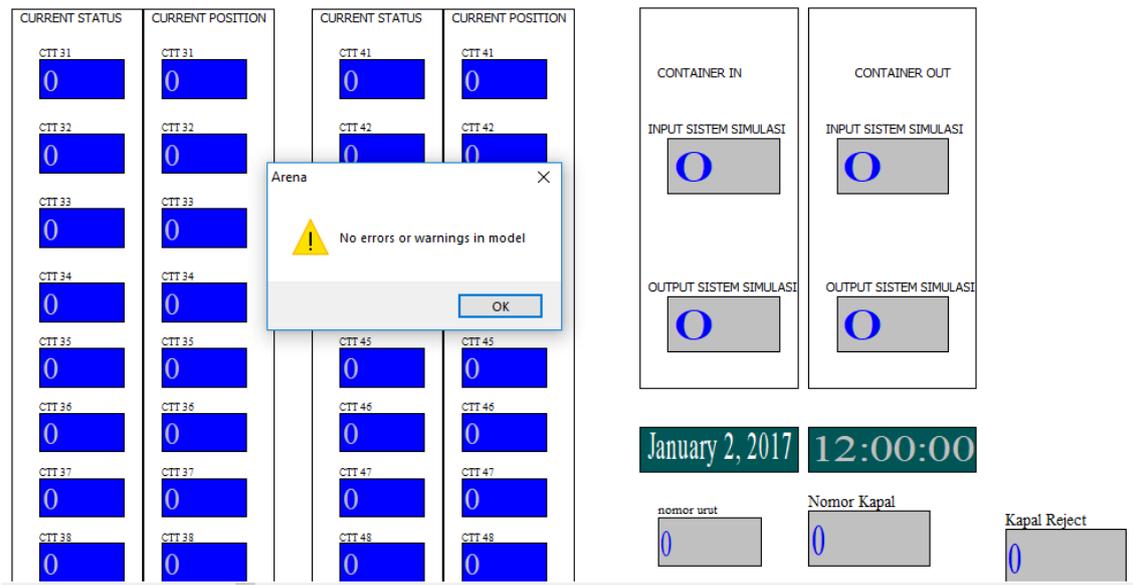
- Setelah entitas container masuk pada station 2 maka modul “Leave”, ditunjukkan oleh “a” gambar 4.18, akan menggabungkannya dengan transporter CTT.
- Modul “Transport” ditunjukkan oleh “b” pada gambar 4.18 berfungsi untuk mengarahkan transporter CTT ke Station 4 yang berada di dermaga.
- Setelah entitas masuk Station 4 kemudian dengan modul “Decide”, ditunjukkan oleh “c” pada gambar 4.18, entitas akan dipisahkan berdasarkan type-nya: entitas container internasional atau entitas container domestic.



Gambar 4.18. Assignment Entitas container dari Transporter CTT

4.10. Verifikasi Model

Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model dalam hal ini program computer sudah sesuai dengan flow chart. Dengan kata lain, apakah ada kesalahan dalam program? (Hoover dan Perry, 1989); verifikasi adalah pemeriksaan apakah program computer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Untuk penelitian kali ini verifikasi model dilakukan dengan tools “Check Model” yang disediakan oleh Arena. Pada gambar 4.19 terlihat bahwa tidak ditemukan warning atau error pada model. Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa model sudah terverifikasi.



Gambar 4.19. Error dan Warning pada Model

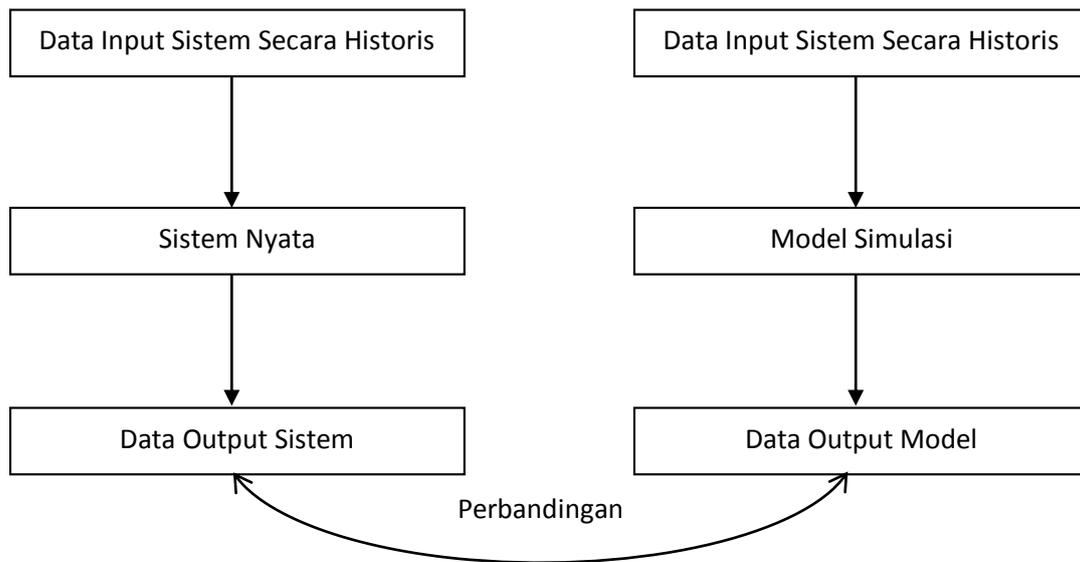
4.11. Validasi Model

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari system riil/nyata? (Hoover dan Perry, 1989). Lebih spesifik untuk penelitian ini, apakah program komputer yang dibuat berdasarkan model konseptual adalah representasi akurat dari system nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton, 1991). Diagram pada gambar 4.20 adalah logika untuk validasi model: membandingkan data output sistem nyata dengan data output model.

Kinerja sistem dapat dipresentasikan oleh data output. Untuk itu model simulasi dibuat sedemikian rupa agar data output model mirip dengan data output system nyata.

Selain itu model dipecah menjadi submodel yang lebih kecil untuk mengikuti data output system yang tersedia.

Uji t digunakan untuk menguji hipotesis kesamaan nilai rata-rata antara 2 kumpulan data output system dengan output model. Alat yang digunakan untuk melakukan uji t adalah Data Analysis t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances yang disediakan oleh Microsoft Excel 2016. Test ini membutuhkan 2 set data dan batasan kesalahan maksimal atau alpha (α) ditentukan sebesar 0.05.



Gambar 4.20 Skema validasi model simulasi

Hipotesis yang dibuat sebagai berikut:

H0 = Rata-rata output system nyata sama dengan output model

H1 = Rata-rata output system nyata berbeda dengan output model

Kesimpulan ditarik sebagai berikut:

- t hitung lebih besar dari t table maka H0 ditolak, artinya rata-rata output system berbeda nyata dengan output model.
- t hitung lebih kecil dari t table maka H0 gagal ditolak, artinya output system nyata sama dengan output model

Pada table 4.2 adalah ringkasan hasil uji t untuk submodel adapun untuk logika tes yang dibuat di Arena, set data, dan hasil detil hasil test ada pada lampiran.

Tabel 4.2 Ringkasan uji t untuk submodel

No	Nama Submodel	Df	t hitung	t tabel	Kesimpulan
1	Kedatangan kapal	1.488	0,41	1,96	Gagal tolak H0, Valid

2	Stevedoring Commence	1.430	0,3	1,96	Gagal tolak H0, Valid
3	CC Unloading	49.858	1,17	1,96	Gagal tolak H0, Valid
4	CC Loading	43.710	0,01	1,96	Gagal tolak H0, Valid
5	CTT Moving: Dermaga ke SC	1.454	0,52	1,96	Gagal tolak H0, Valid
6	CTT Moving: SC ke Dermaga	1.758	0,86	1,96	Gagal tolak H0, Valid
7	SC Moving: CTT ke Buffer Area	1.450	1,32	1,96	Gagal tolak H0, Valid
8	SC Moving: Buffer Area ke CTT	1.760	1,43	1,96	Gagal tolak H0, Valid
9	ASC Moving: Buffer Area ke Stack	37.320	0,44	1,96	Gagal tolak H0, Valid
10	ASC Moving: Stack ke Buffer Area	42.956	1,30	1,96	Gagal tolak H0, Valid
11	Durasi Waktu Efektif Kapal	157	1,66	1,98	Gagal tolak H0, Valid

4.12. Jumlah Replikasi Dalam Menjalankan Simulasi

Replikasi adalah mengulangi simulasi dari awal sampai akhir agar didapatkan rata-rata output data yang cukup presisi dalam batas error yang ditoleransi. Berdasarkan rumus 2.1 dengan nilai,

$$S(m) = 26,86$$

$$X(m) = 746$$

$$t_{m-1, 1-\alpha/2} = 2,201$$

$$\varepsilon = 0,00222$$

$$m = 12$$

Maka didapatkan jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 52.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRESTASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi data yang didapatkan dari hasil simulasi. Simulasi model dijalankan secara penuh menggunakan data dari bulan Oktober 2017. Untuk itu durasi simulasi adalah 744 jam untuk 80 kedatangan kapal. Jika waktu habis maka simulasi akan berakhir meski masih ada kapal yang belum masuk. Ketika masih ada container yang masih dalam proses maka simulasi masih berlanjut sampai semua container sisa selesai dalam simulasi. Jumlah container terbanyak yang dilayani terjadi pada bulan itu sebanyak 39.057 box. Pada tabel 5.1 ditampilkan data produktifitas tiap bulan sepanjang tahun 2017.

Tabel 5.1 Produktifitas terminal pada tahun 2017

Bulan	Container (box)
Januari	23.942
Pebruari	24.644
Maret	31.626
April	28.263
Mei	30.341
Juni	21.744
Juli	25.814
Agustus	32.284
September	30.950
Oktober	39.057
Nopember	34.779
Desember	35.026

Durasi yang dibutuhkan oleh masing-masing alat secara sederhana dijelaskan pada gambar 5.1. Angka itu didapat dari rata-rata keseluruhan peralatan selama 1 tahun. CC membutuhkan waktu 3,2 detik untuk memindahkan container dari kapal ke CTT. Untuk membawa container dari bawah CC menuju area CY dibutuhkan waktu 18,5 menit

oleh CTT. SC menunggu CTT dibawa, dia akan mengambil container dari CTT untuk dibawa ke buffer area block. Untuk itu dibutuhkan waktu selama 1,4 menit. ASC akan mengambil container dari block untuk dibawa ke dalam blok CY untuk ditumpuk. ASC membutuhkan waktu 2,8 menit untuk pekerjaan itu.

Kenyataannya jika ada hanya 1 CTT untuk 1 siklus maka seluruh peralatan lainnya akan menunggu. Untuk itu diperlukan jumlah CTT yang lebih banyak agar terjadi keseimbangan utilisasi pada masing-masing peralatan. Pada penelitian kali ini akan digunakan pendekatan yang paling awal untuk menyelesaikan masalah itu.

5.1. Durasi operasi CC versus CTT

Durasi waktu operasi CC tertinggi dibanding dengan peralatan lainnya kecuali CTT. Perbandingan durasi operasi CC dengan CTT adalah 5,78:1 atau dibulatkan menjadi 6:1. Artinya untuk 6 cycle operasi CC sebanding dengan 1 cycle CTT, untuk itu diperlukan 6 unit CTT untuk tiap CC yang beroperasi.



Gambar 5.1 durasi operasi peralatan untuk handling container

Sepanjang tahun, Terminal beroperasi 7 hari seminggu dan 24 jam sehari. Adapun shift kerja dibagi 3 masing-masing 8 jam penuh tanpa jam istirahat tertentu. Pada tahun 2017 jumlah CTT yang tersedia sebanyak 50 unit, CC 10 unit, 5 unit SC & 1 unit RS, dan 5 unit ASC. CTT yang dioperasikan pada tahun itu sebanyak 26 unit karena mengikuti jumlah operator yang tersedia pada setiap shift kerja. Adapun untuk 1 unit RS yang memiliki karakter yang mirip dengan SC maka untuk menyederhanakan digunakan terminologi SC pada setiap simulasi.

5 macam skenario simulasi yang dijalankan dan hasil analisisnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Pola 5

Pada prinsipnya pola 5 adalah pengoperasian 5 unit CTT untuk tiap unit CC yang beroperasi. Tabel 5.1. menjelaskan aransemen dari pola ini.

Dasar pola ini disimulasikan sebagai salah satu pola yang tidak praktis diterapkan dalam dunia riil.

Tabel 5.1 Pola 5 untuk Aransemen CC dan CTT

Jumlah CC	Jumlah CTT
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25
6	26

2. Pola 6

Dasar pola ini dibuat berdasarkan sebagaimana pada pertimbangan diatas. Untuk setiap CC maka akan dioperasikan 6 unit CTT dan setiap kelipatannya sampai 26. Pada tabel 5.2 menjelaskan pola ini

Tabel 5.2 Pola 6 untuk Aransemen CC dan CTT

Jumlah CC	Jumlah CTT
1	6
2	12
3	18
4	24
5	26
5 keatas	26

3. Pola 7

Untuk setiap CC maka akan dioperasikan 6 unit CTT dan setiap kelipatannya sampai 26. Pada tabel 5.3 menjelaskan pola ini

Tabel 5.3 Pola 7 untuk Aransemen CC dan CTT

Jumlah CC	Jumlah CTT
1	7
2	14

3	21
4	26
5	26
5 keatas	26

4. Pola 13

Pola ini dipilih berdasarkan dari separuh dari jumlah CTT yang beroperasi untuk maksimal 2 CC yang beroperasi. Jika lebih dari 2 CC maka jumlah seluruh CTT akan diturunkan untuk beroperasi. Tabel 5.4 adalah aransemen CC dan CTT.

Tabel 5.4 Pola 13 untuk Aransemen CC dan CTT

Jumlah CC	Jumlah CTT
1	13
2	13
3	26
3 keatas	26

5. Pola 26

Pada prinsipnya pola 26 adalah seluruh unit CTT dioperasikan pada kondisi berapapun jumlah CC yang beroperasi. Alasan pemilihan pola ini adalah memanfaatkan seluruh operator yang tersedia untuk mengoperasikan CTT pada jam kerja masing-masing.

5.2. Utilisasi Peralatan

Hasil simulasi didapatkan utilisasi rata-rata masing-masing peralatan sebagai berikut:

Tabel 5.5. Rata-rata utilisasi peralatan dan Produktifitas Terminal

POLA	Utilisasi CC	Utilisasi CTT	Utilisasi SC	Utilisasi ASC	Semua Peralatan
5 CTT	24,0%	65,1%	29,3%	36,1%	48,4%
6 CTT	25,3%	66,6%	30,7%	37,8%	49,9%
7 CTT	25,1%	66,8%	30,7%	37,8%	50,0%
13 CTT	25,9%	67,1%	31,5%	38,8%	50,5%
26 CTT	24,2%	63,1%	29,7%	36,6%	47,5%

Utilisasi tertinggi pada semua peralatan terjadi pada Pola 13 CTT. Untuk rata-ratanya didapatkan nilai sebesar 50,5%. Nilai rata-rata ini dihitung dari jumlah masing-masing peralatan sebagaimana dijelaskan pada awal bab ini. Pada Pola 5 CTT didapati bahwa ternyata dengan mengoperasikan CTT pada jumlah yang minimum tidak menaikkan utilisasinya. Hal ini mengakibatkan utilisasi pada peralatan lainnya juga menurun. Demikian juga sebaliknya, ketika CTT selalu dioperasikan pada jumlah maksimum sebagaimana POLA 26 CTT, didapati bahwa tidak menaikkan utilisasi peralatan lainnya bahkan didapati nilai terendah yakni 47,5%.

5.3. Waktu Efektif

Waktu efektif adalah waktu yang murni digunakan untuk melakukan kegiatan stevedoring selama kapal melakukan berthing (bersandar di dermaga). Pada tabel 5.6. adalah hasil simulasi untuk kelima pola.

Tabel 5.6. Rata-rata waktu efektif tiap kapal bersandar pada satuan jam

kapal ke	Container (box)	Pola 5 CTT	Pola 6 CTT	Pola 7 CTT	Pola 13 CTT	Pola 26 CTT
1	318	17,38	15,55	15,06	14,47	15,1
2	324	16,26	16,22	16,18	15,94	15,94
3	370	11,44	11,52	11,52	11,78	11,48
4	284	30,71	31,58	29,05	30,28	30,44
5	309	21,16	17,83	17,66	15,14	16,62
6	405	33,73	32,13	33,56	33,67	33,03
7	1098	53,45	50,26	48,94	52,69	49,42
8	250	24,66	24,18	23,47	22,1	23,85
9	734	39,87	38,15	39,32	39,67	38,8
10	850	22,71	23,61	23,19	24,01	23,2
11	271	10,02	10,15	9,34	9,78	10,04
12	164	4,56	4,7	4,45	4,11	3,93
13	432	19,36	20,45	20,48	19,73	18,97
14	120	16,06	17,63	15,66	11,62	10,96
15	1093	73,99	60,26	31,86	74,2	39,71
16	305	19,44	20,29	22	23,39	19,34
17	615	35,22	35,95	34,16	33,39	35,39
18	1295	35,07	34,78	32,15	33,23	27,44
19	122	10,39	12,75	9,45	10,47	9,84
20	213	21,64	23,09	23,91	24,69	21,95
21	944	35,96	34,5	37,87	35,41	27,19

22	489	21,19	22,56	23,07	20,97	19,49
23	105	6,62	6,24	7,29	6,96	6,56
24	270	14,47	15,4	13,53	14,47	13,59
25	66	5,69	5,1	5,14	5,28	5,64
26	439	15,52	15,45	16,52	18,79	16,36
27	708	24,32	25,63	22,78	23,72	20,03
28	457	24,09	25,57	25,72	25,88	21,63
29	380	22,94	22,08	21,97	19,98	19,18
30	227	7,73	7,76	7,98	8,25	7,68
31	375	21,71	18,81	18,22	18,26	19,13
32	130	7,65	7,97	9,05	8,25	7,23
33	397	14,53	13,65	15,32	16,17	15
34	431	18,34	17,87	17,64	19,2	18,24
35	436	14,07	15,04	16,38	15,02	14,58
36	578	20,65	19,71	18,37	18,67	16,76
37	369	15,38	20,03	19,65	18,63	15,68
38	917	51,99	51,16	60,57	47,88	57,66
39	1237	35,12	37,14	31,64	36,84	30,49
40	1339	54,78	59,26	44,36	50,65	49,56
41	256	17,98	18,34	19,06	22,54	19,83
42	278	14,49	13,02	12,87	12,23	11,4
43	189	14,98	15,3	17	16,45	14,72
44	362	13	13	14,15	14,24	11,49
45	82	7,11	6,72	5,86	6,16	6,29
46	840	30,24	25,82	30,12	26,27	31,25
47	477	20,04	22,18	20,8	20,6	20,45
48	315	15,23	13,81	14,39	15,4	14,11
49	358	13,41	13,98	13,83	14,3	11,84
50	362	17,2	21,72	18,81	17,4	17,88
51	482	20,1	23,46	17,13	20,59	17,38
52	1004	34,61	36,04	30,74	30,81	24,91
53	360	19,14	20,06	20,72	19,95	18,81
54	1148	49,84	53,5	47,22	48,27	46,12
55	474	26,34	23,67	29,81	26,43	27,86
56	1120	27,63	27,66	25,42	30,38	25,46
57	493	20,57	24,51	21,51	22,97	19,12
58	331	19,23	21,08	18,22	24,71	18,81
59	54	3,82	7	5,3	5,25	2,77
60	363	12,96	13,9	12,92	11,63	12,89
61	987	30,14	31,55	29,94	30,23	27,41
62	340	11,63	12,83	11,96	14,66	11,73
63	359	14,58	14,51	13,68	14,26	13,08

64	1132	26,93	27,19	25,23	28,81	24,83
65	282	16,59	18,74	17,63	17,31	14,6
66	425	10,93	10,91	10,51	10,28	9,76
67	263	12,3	12,87	11,65	11,63	11,21
68	871	24,06	24	20,64	22,95	20,44
69	691	26,63	26,13	24,3	29,03	22,66
70	771	21,2	24,38	15,27	19,73	13,48
71	637	21,53	23,76	22,35	22	20,07
72	164	15,1	14,53	16,84	14,45	15,47
73	591	27,81	24,31	25,13	20,15	25,37
74	194	18,75	17,09	17,28	17,22	18,35
75	62	6,38	5,12	5,57	6,36	5,08
76	1111	30,66	30,94	25,07	28,59	25,62
77	324	15,7	14,94	12,55	15,7	15,78
78	1073	31,23	27,33	23,18	27,38	13,06
79	195	7,62	6,25	5,98	6,05	6,26
80	330	11,58	10,83	8,57	8,9	8,53

Analisis dilakukan berdasarkan jumlah container yang dibongkar dan muat oleh kapal. Nilai terkecil dari waktu efektif dihitung untuk masing-masing pola. Contohnya, kapal ke-1 dengan muatan container sebanyak 318 box. Didapati waktu efektif terjadi pada Pola 13 CTT sebesar 14,47 jam. Pada tabel 5.7. Ringkasan tersebut dibuat.

Tabel 5.7. Jumlah kejadian waktu efektif terendah

Pola	kejadian waktu efektif terendah
Pola 5 CTT	9
Pola 6 CTT	10
Pola 7 CTT	16
Pola 13 CTT	9
Pola 26 CTT	37

Waktu efektif terpendek pada Pola 13 CTT hanya didapati 9 kali dari 80 kapal hal ini jauh berbeda dengan Pola 26 CTT yang didapati hampir separuh dari keseluruhan kapal yakni 37 kali.

5.4. Analisis Benefit to Cost Ratio

Analisis BCR tidak cocok untuk digunakan pada penelitian ini sebab cost yang dibutuhkan selalu sebanding dengan benefit yang didapatkan. Alasan lainnya adalah

benefit yang bisa dihitung adalah potensi kehilangan pendapatan paling sedikit pada lima pola ini. Artinya akan dihitung berapa potensi kehilangan pendapatan jika menerapkan pola-pola itu.

Benefit akan dihitung berdasarkan throughput container dan jumlah kapal yang di tolak. Sebaliknya untuk waktu berthing tidak dimasukkan sebab didapatkan hasil yang berbeda untuk berbagai pola. Budiyanto dan Gurning (2017) memberikan contoh perhitungan tarif terminal handling charge (THC) sebesar Rp. 708.641.162 untuk 762 (box) atau Rp. 926.975/box. Sebagai perbandingan, angka ini jauh dari tarif THC per box yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia per 1 November 2005 yakni sebesar 95 dollar Amerika untuk FCL 20ft dan 145 dollar Amerika untuk FCL 40ft. Penulis menggunakan angka tersebut sebagai dasar perhitungan dalam tulisan ini.

Komponen biaya hanya muncul pada OPEX atau operasional sebab tidak ada CAPEX yang digunakan untuk investasi seperti penambahan peralatan. Biaya operasional itu meliputi biaya operator, bahan bakar dan listrik peralatan, dan pemeliharaan peralatan. Untuk biaya operator tidak dimasukkan sebab tidak ada penambahan maupun pengurangan jumlah operator dalam periode tersebut. Pada tahun 2017, TTL sudah melakukan audit energi sehingga sudah diketahui bahwa konsumsi bahan bakar untuk CTT sebanyak 7,45 liter per box dan SC sebanyak 16,41 liter box. Adapun untuk peralatan lainnya menggunakan energi listrik, STS sebanyak 9,5 kW per box dan ASC 4,46 kW per box.

Tabel 5.8. Potensi kehilangan pendapatan – container tidak tertangani

POLA	Container Sistem Real (box)	Container Simulasi (box)	Container tidak tertangani (box)	Potensi Kehilangan Pendapatan (Rp x juta)
POLA 5 CTT	39.057	34.696	4.361	4.043
POLA 6 CTT	39.057	37.164	1.893	1.755
POLA 7 CTT	39.057	35.888	3.169	2.938
POLA 13 CTT	39.057	37.041	2.016	1.869
POLA 26 CTT	39.057	35.089	3.968	3.678

Hasil simulasi mencatat bahwa jumlah container yang tidak tertangani berubah sesuai dengan pola yang dijalankan. Container ini adalah bagian dari kapal yang ditolak

pada jangka waktu simulasi yang sudah ditentukan yakni 744 jam. Untuk perhitungan berdasarkan pada jumlah container tidak tertangani di tampilkan pada tabel 5.7. Dengan THC Rp. 926.975/box maka untuk pola 6 CTT mempunyai potensi kehilangan pendapatan paling rendah yakni Rp. 1.755jt.

Tabel 5.9. Potensi kehilangan pendapatan – kapal ditolak.

POLA	Container Sistem Real (box)	Kapal di Tolak	Container tidak tertangani (box)	Potensi Kehilangan Pendapatan (Rp x juta)
POLA 5 CTT	39,057	1.04	347	322
POLA 6 CTT	39,057	0.67	225	208
POLA 7 CTT	39,057	0.81	270	250
POLA 13 CTT	39,057	0.54	180	167
POLA 26 CTT	39,057	0.87	289	268

Pada tabel 5.8 ditunjukkan ara kedua menghitung benefit adalah dari jumlah kapal yang ditolak. Jumlah kapal yang ditolak dari simulasi ditentukan dari jumlah kapal yang datang setelah jam kerja yakni 744. Jadi jika ada kapal yang baru masuk setelah jam simulasi ke 744 maka dianggap kapal itu ditolak. Untuk menghitung nilainya maka digunakan jumlah muatan container didalamnya. Berdasarkan data pada bulan Oktober 2017 terdapat ada 80 kapal yang dilayani sedangkan jumlah muatannya adalah 39.057 box. Dari sini rata-rata jumlah container per kapal adalah 488 container. Untuk itu didapatkan potensi kehilangan pendapatan terendah sebesar Rp. 167 juta pada Pola 13 CTT.

Setiap kapal akan datang membawa container dan atau mengambil container dari terminal. Untuk itu dari dua cara perhitungan itu yang paling masuk akal adalah dengan memperhatikan jumlah kapal yang ditolak dibandingkan dengan jumlah container yang ditangani.

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

BAB 6

PENUTUP

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari penelitian tentang mengurangi waktu menganggur pada kegiatan stevedoring di PT. Terminal Teluk Lamong. Selain itu juga menjelaskan saran untuk penelitian yang dimungkinkan di masa datang dan saran yang bisa dipertimbangkan oleh perusahaan.

6.1. Kesimpulan

Model simulasi stevedoring dijalankan dengan data-data terminal selama bulan Oktober 2017. Aransemen CTT dengan CC dirubah-rubah sehingga dirumuskan 5 macam pola yang diberi nama sesuai dengan jumlah dasar CTT, yakni 5, 6, 7, 13 dan 26 untuk setiap CC yang beroperasi. Simulasi dijalankan untuk semua Pola tersebut secara bergantian. Pada Pola 13 didapatkan utilisasi tertinggi untuk masing-masing peralatan yaitu sebesar 25,9% untuk CC; 67,1% untuk CTT; 31,5% untuk SC; dan 38,8% untuk ASC. Untuk Pola 13 juga diperoleh jumlah kapal ditolak terendah dibandingkan dengan pola-pola lainnya, yakni 0,54 kapal. Angka ini sebanding dengan 180 box bila dihitung rata-rata 1 kapal membawa container sebanyak 488 box. Dasar perhitungannya adalah jumlah container dalam 1 bulan dibagi dengan jumlah kapal yang datang.

Dengan memaksimalkan jumlah CTT yang beroperasi pada setiap kondisi memang akan mengurangi waktu efektif pelayanan kapal sehingga waktu berthing kapal akan semakin pendek. Hasil simulasi menunjukkan durasi waktu efektif pelayanan kapal terpendek terjadi pada Pola 26 yakni sebanyak 37 dari 80 kapal. Hal itu bagus bagi pengguna jasa secara individu, namun bagi Terminal hal tidak cukup bagus sebab jumlah kapal yang ditolak lebih tinggi daripada Pola 13. Selain itu utilisasi peralatan juga tidak berada pada konfigurasi yang maksimal. Dari sini bisa disimpulkan bahwa Pola 13 adalah pola terbaik yang memberikan potensi terendah pengurangan throughput dermaga. Selain itu bisa menurunkan waktu menganggur pada peralatan yang digunakan untuk kegiatan stevedoring.

6.2. Saran

Hasil penelitian tidak mempertimbangkan pengaruh pola operasi yang ada di CY yang dipengaruhi oleh kegiatan delivery dan receiving dan juga system gate yang ada, untuk itu pada perlu dimasukkan faktor-faktor tersebut pada penelitian yang akan datang. Penelitian terkait dengan aspek finansial juga perlu dilakukan untuk kasus penambahan CTT yang dioperasikan mengingat akan berpengaruh pada jumlah operator maupun jumlah unit yang harus disediakan. Disamping itu dermaga dan CY yang dihubungkan dengan sebuah trestle perlu juga diperhitungkan, hal ini terkait lalu lintas yang akan lebih pada sehingga berpengaruh kecepatan CTT yang melewatinya.

Dengan jumlah CTT yang dimiliki sebanyak 50 unit sayang sekali jika tidak digunakan dengan maksimal. Hal ini dilihat dari tingginya utilisasi CTT dibandingkan dengan peralatan lainnya. Untuk itu manager terminal perlu mempertimbangkan penambahan jumlah operator CTT agar didapatkan kinerja terminal yang lebih baik. Penyederhanaan input data kejadian oleh tally di dermaga dan evaluasi secara berkala terhadap cara kerjanya akan memberikan nilai tambah pada hasil kerjanya selain hanya mencatat container dalam kegiatan stevedoring. Nilai tambahnya yakni data yang dimasukkan akan lebih akurat sehingga memudahkan analisis terkait waktu menganggur pada kegiatan stevedoring.

DAFTAR PUSTAKA

- Banks, J., Carson II, J. S., Nelson, B. L., dan Nicol, D. M., (2005), "Discrete-Event System Simulation", Prentice Hall.
- Budiyanto, E.H, dan Gurning, R.O.S. (2017),"Manajemen Pelabuhan" Andhika Prasetya Ekawahana, Surabaya.
- Burghout, Wilco. (2004), "A note on the Number of Replication Runs" *Stochastic Traffic Simulation Models*.
- Cao, J., Shi, Q., dan Der-Horng, L. (2008),"A Decision Support Method For Truck Sceduling And Storage Allocation Problem At Container" , *Thsinghua Science and Technology*, Vol. 13, hal 211-216.
- Carlo, H.J., Vis, I.F.A., dan Roodbergen, K.J (2013),"Storage Yard Operations In Container Terminals: Literature Overview, Trends, And Research Directions" , *European Journal of Operational Research*, Vol. 235, hal 412-430.
- Choong, S.T. , Chole, M.H., dan Kutanoglu, E. (2002), "Empty container management for intermodal transportation networks", *Transportation Research Part E*, Vol. 38, hal 423-438.
- Fritz, M., Berger, P.D., (2015), "Improving the User Experience Through Practical Data Analytics", Morgan Kaufmann, hal. 47-69.
- Hoover, Stewart V. dan Perry, Ronald F. (1989), "Simulation: A Problem-solving Approach", Addison-Wesley, University of Michigan.
- Huang, Y., Liang, C., dan Yang, Y. (2009),"The Optimum Route Problem By Genetic Algorithm For Loading/Unloading Of Yard Crane" , *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, hal 993-1001.
- Jiang, X., Lee, L.H., Chew, E.P., Han, Y., dan Tan, K.C. (2012),"A Container Yard Storage Strategy For Improving Land Utilization And Operation Efficiency In A Transshipment Hub Port" , *European Journal of Operational Research*, Vol. 221, hal 64-73.
- Kozan, E. dan Preston, P. (1999),"Genetic Algoritms To Schedule Container Transfers At Multimodal Terminals" , *International Transactions in Operational Research*, Vol. 6, hal 311-329.

- Kung, J.W., Brook, O.R., Eisenberg, R.L., dan Slanetz, P.J. (2016), "How-I-Do-It: Teaching Root Cause Analysis" , *Academic Radiology*, Vol. 23, hal 881-884.
- Law, Averill M. (1991), "Simulation modeling and Analysis", 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Ling, Y. and Mahadevan S. (2013), "Quantitative model validation techniques: New insights", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 111, hal 217–231.
- Miller, Ted R (1992), "Maintenance Of Pavements, Lane Markings, And Roadsides" , *Transportation Research Record*, Vol. 1334, hal 38-45.
- Ozkan, E.D. dan Nas Selcuk, dan Guler Nil (2016), "Capacity Analysis of Ro-Ro Terminals by Using Simulation Modeling Method", *The Asia Journal of Shipping and Logistics*, Vol 32(3), hal 139-147.
- Sargent, RG. (2013), "Verification and Validation of Simulation Models", *Journal of Simulation*, Vol 7, hal 12-24.
- Steenken, D., Voß, S., dan Stahlbock, R. (2004), "Container terminal operation and operation research – a classification and literature review", *OR Spectrum*, Vol. 26, hal 3-49
- Tan, C., He, J., dan Wang, Y. (2017), "Storage Yard Management Based On Flexible Yard Template In Container Terminal" , *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 34, hal 101-113.
- Taner, M.E., Kulak, O., dan Koyuncuoglu M.U. (2014), "Layout Analysis Affecting Strategic Decisions In Artificial Container Terminals" , *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 75, hal 1-12.
- Vis, I.F.A (2006), "A Comparative Analysis Of Storage And Retrieval Equipment At A Container Terminal" , *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, hal 680-693.
- Voirin, Jean-Luc (2018), "Model-based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method" ISTE Press and Elsevier, hal 173-189.
- Wirabhuana, A., (2015), "Penentuan Skenario Alokasi Sumberdaya Peralatan Sebagai Usaha Peningkatan Kinerja Sistem Manufaktur Berdasarkan Model Simulasi Sistem Diskrit Berbasis Komputer", *Kaunia Jurnal Sains dan Teknologi* Vol I, No. 1, hal. 71-88.

Zhang, C., Liu, J., Wan, Y., Murty, K.G., dan Linn, R.J. (2003), "Storage Space Allocation In Container Terminals" , *Transportation Research Part B*, Vol. 37, hal 883-903.

<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/stevedoring>, “stevedoring”, diakses pada 1 Desember 2017

<https://learn.bulk-flow.com/bulk-flows-fluidizing-liner-for-30-intermodal-containers>, diakses pada 1 Maret 2018

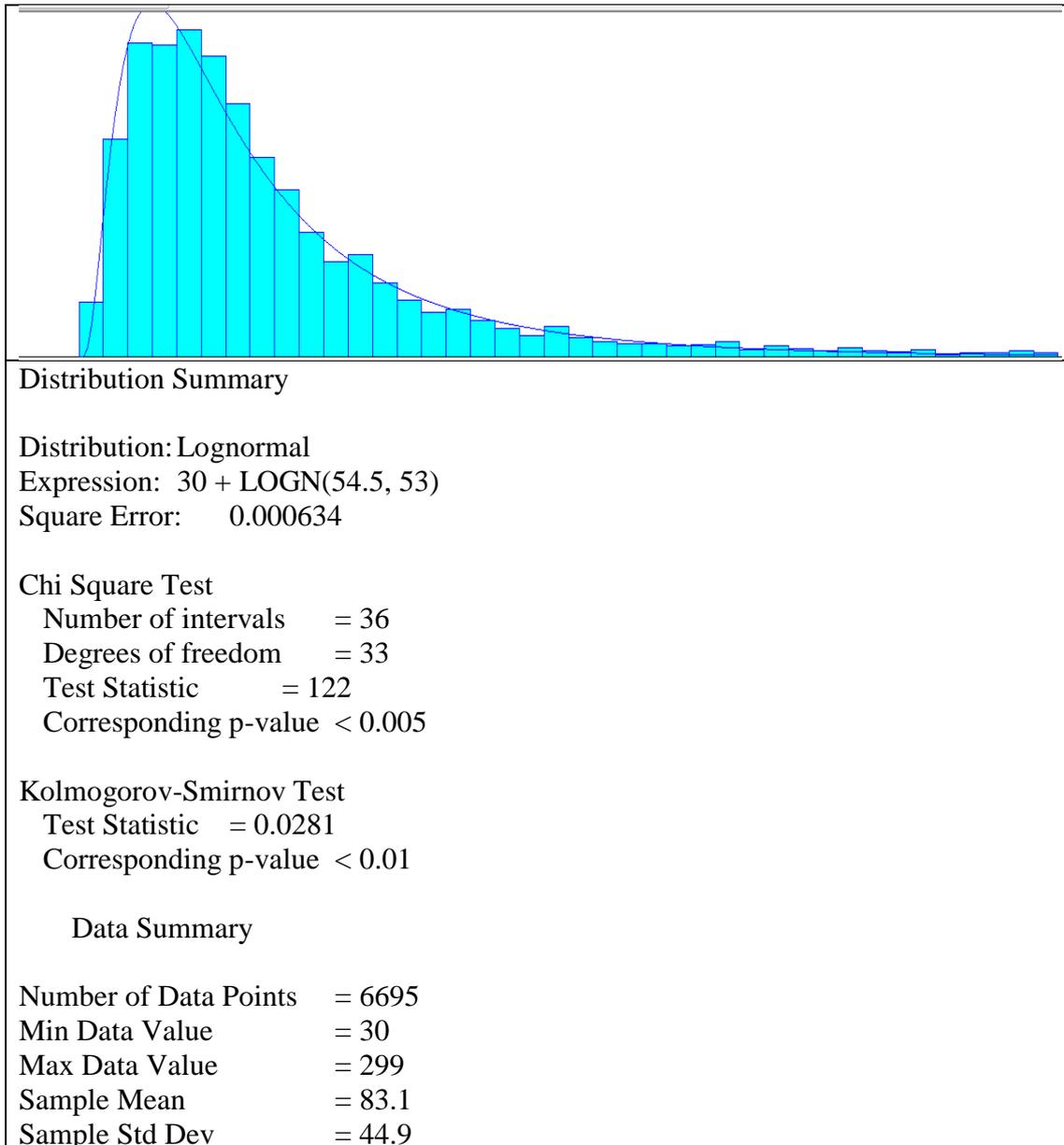
<https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp>, “Benefit Cost Ratio – BCR”, diakses pada 1 Desember 2017

<http://www.teluklamong.co.id/pages/company-profile> , “COMPANY PROFILE”, diakses pada 1 Maret 2018

---Halaman ini sengaja dibiarkan kosong---

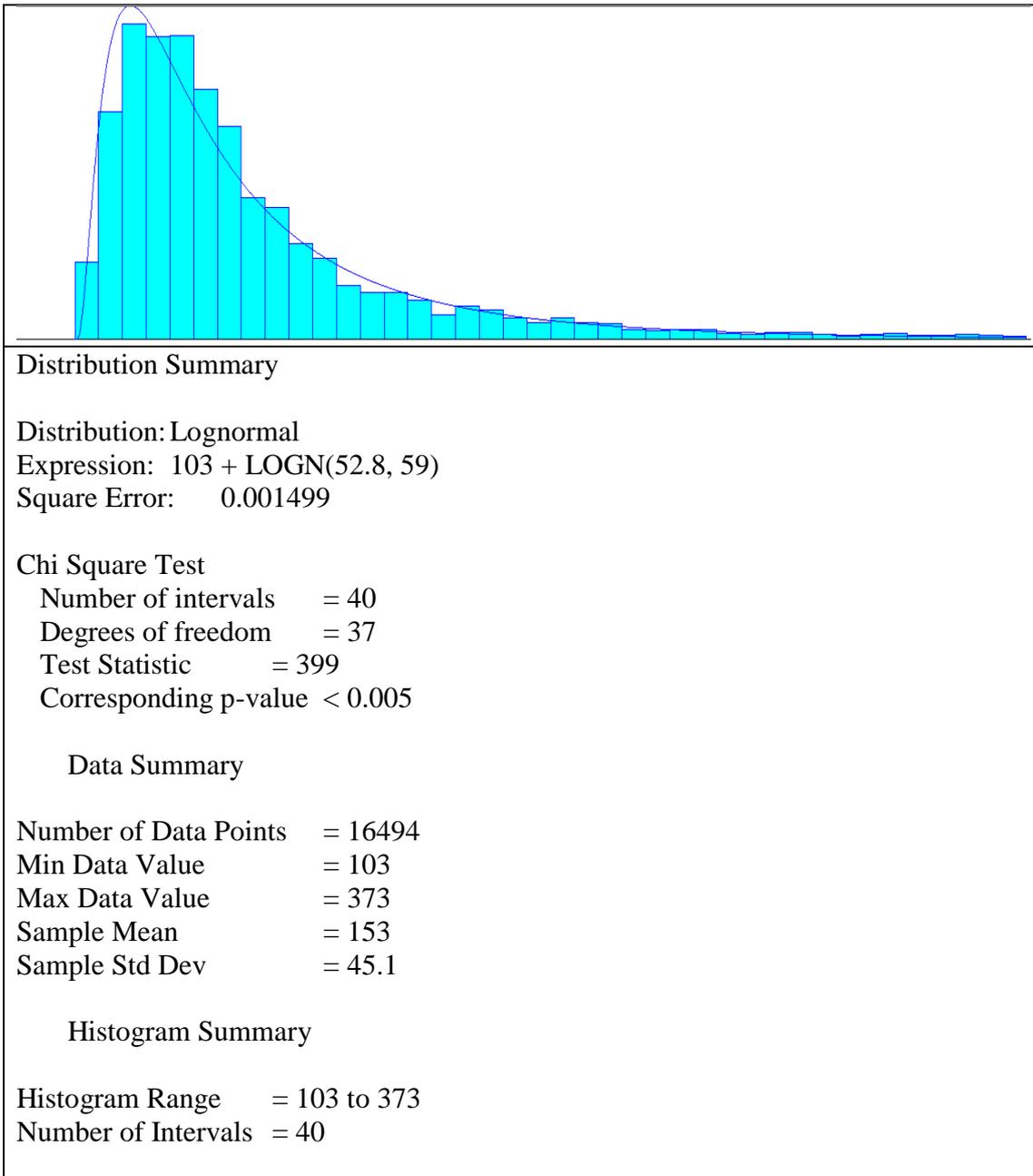
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

1) Data distribusi durasi Loading container oleh CC01-D



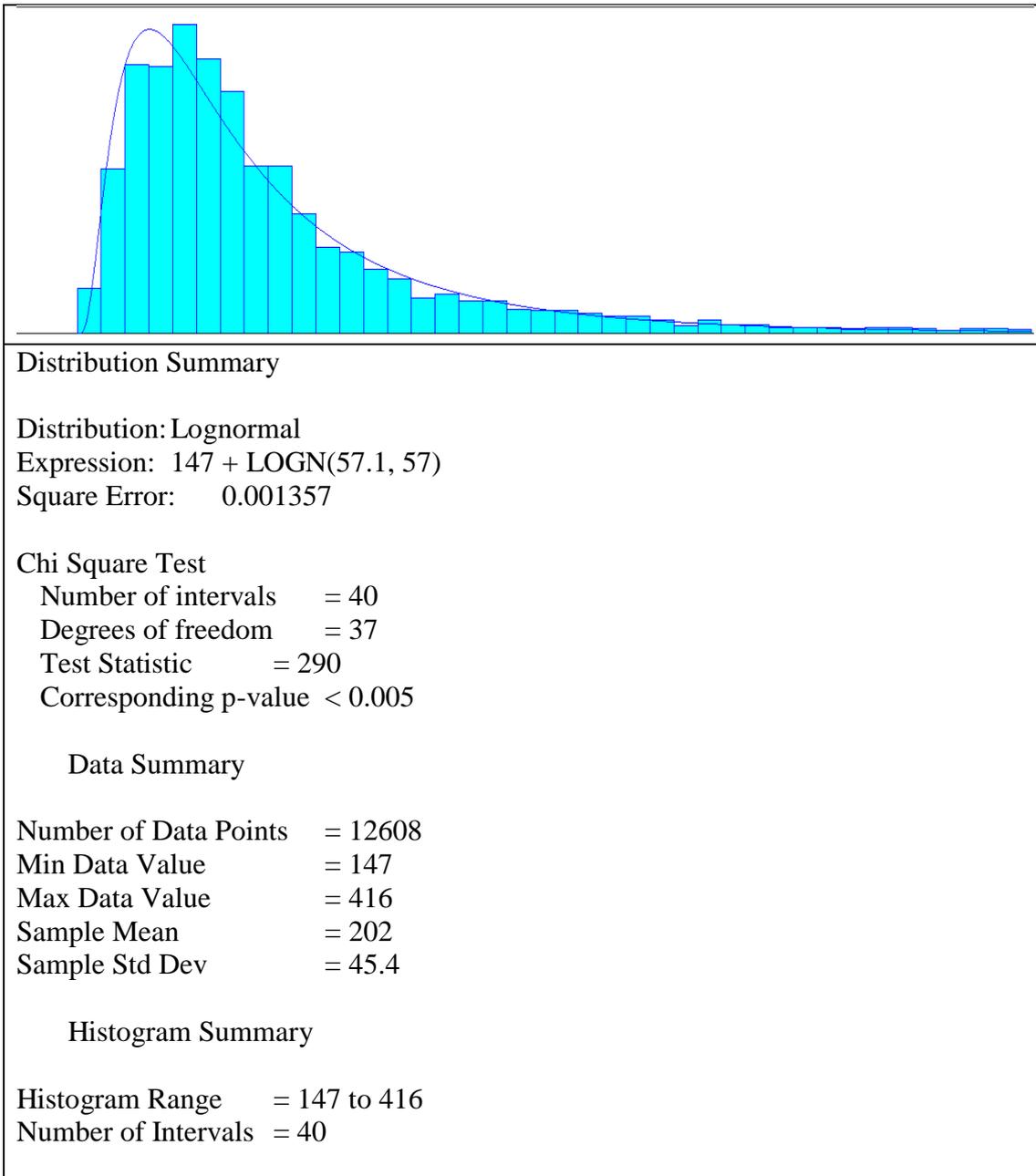
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

2) Data distribusi durasi Loading container oleh CC02-D



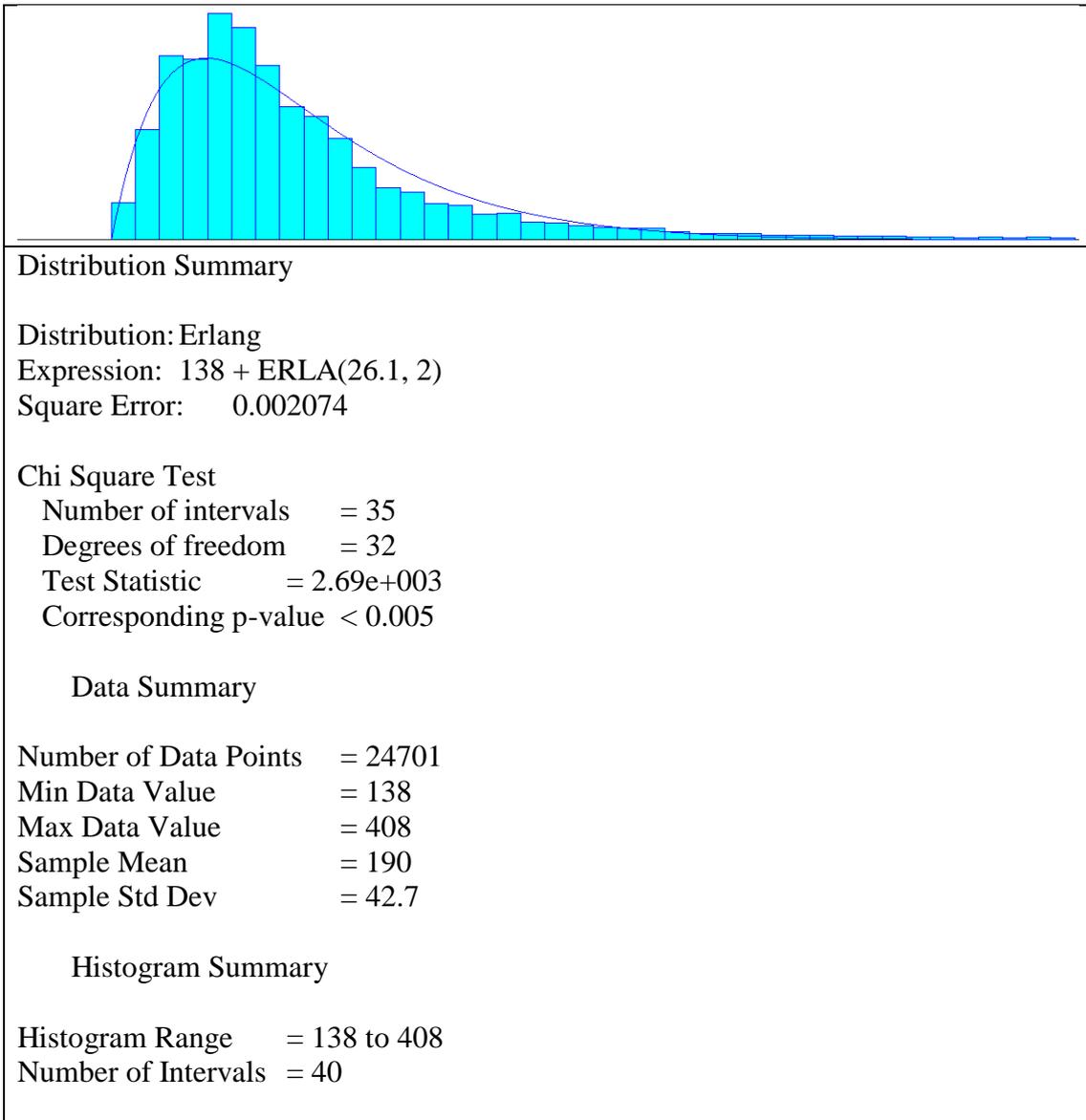
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

3) Data distribusi durasi Loading container oleh CC03-D



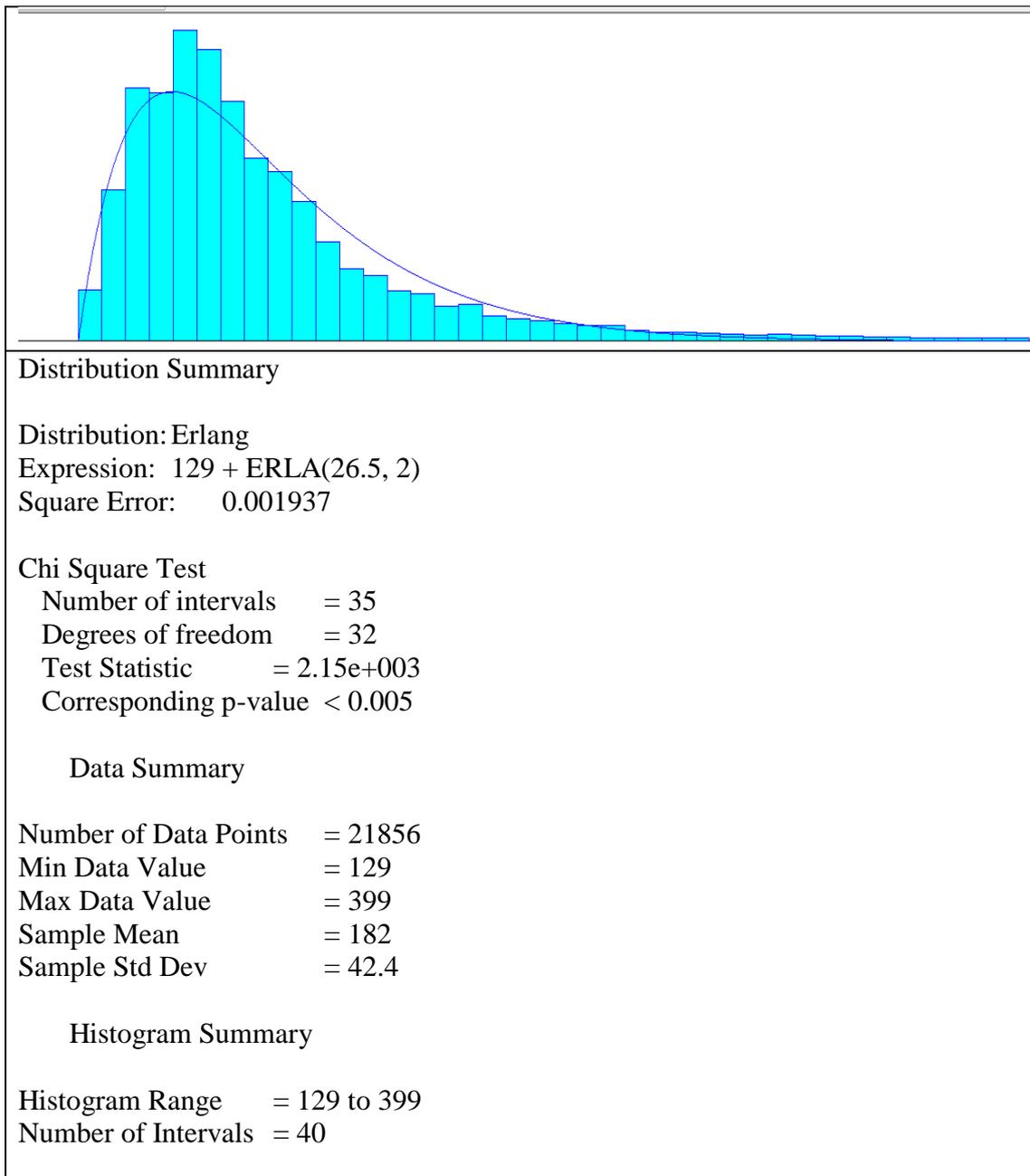
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

4) Data distribusi durasi Loading container oleh CC04-D



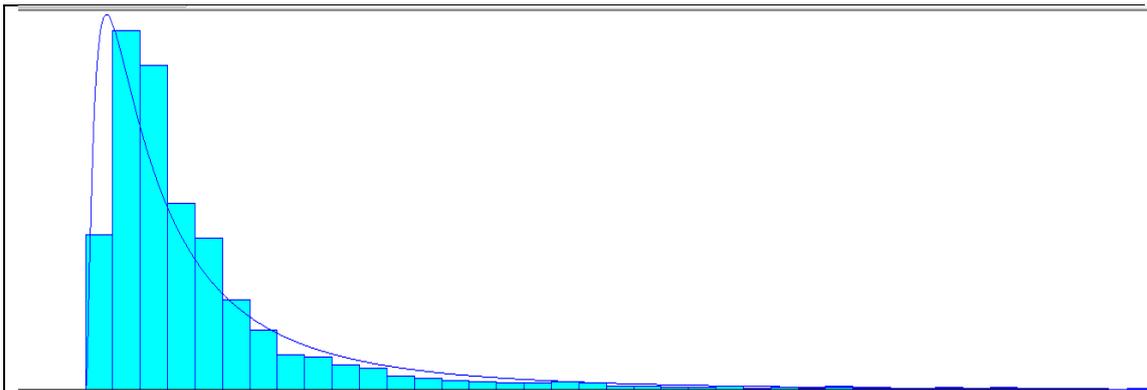
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

5) Data distribusi durasi Loading container oleh CC05-D



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

6) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC01-D



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $30 + \text{LOGN}(36.3, 59.5)$
Square Error: 0.013904

Chi Square Test

Number of intervals = 36
Degrees of freedom = 33
Test Statistic = 923
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

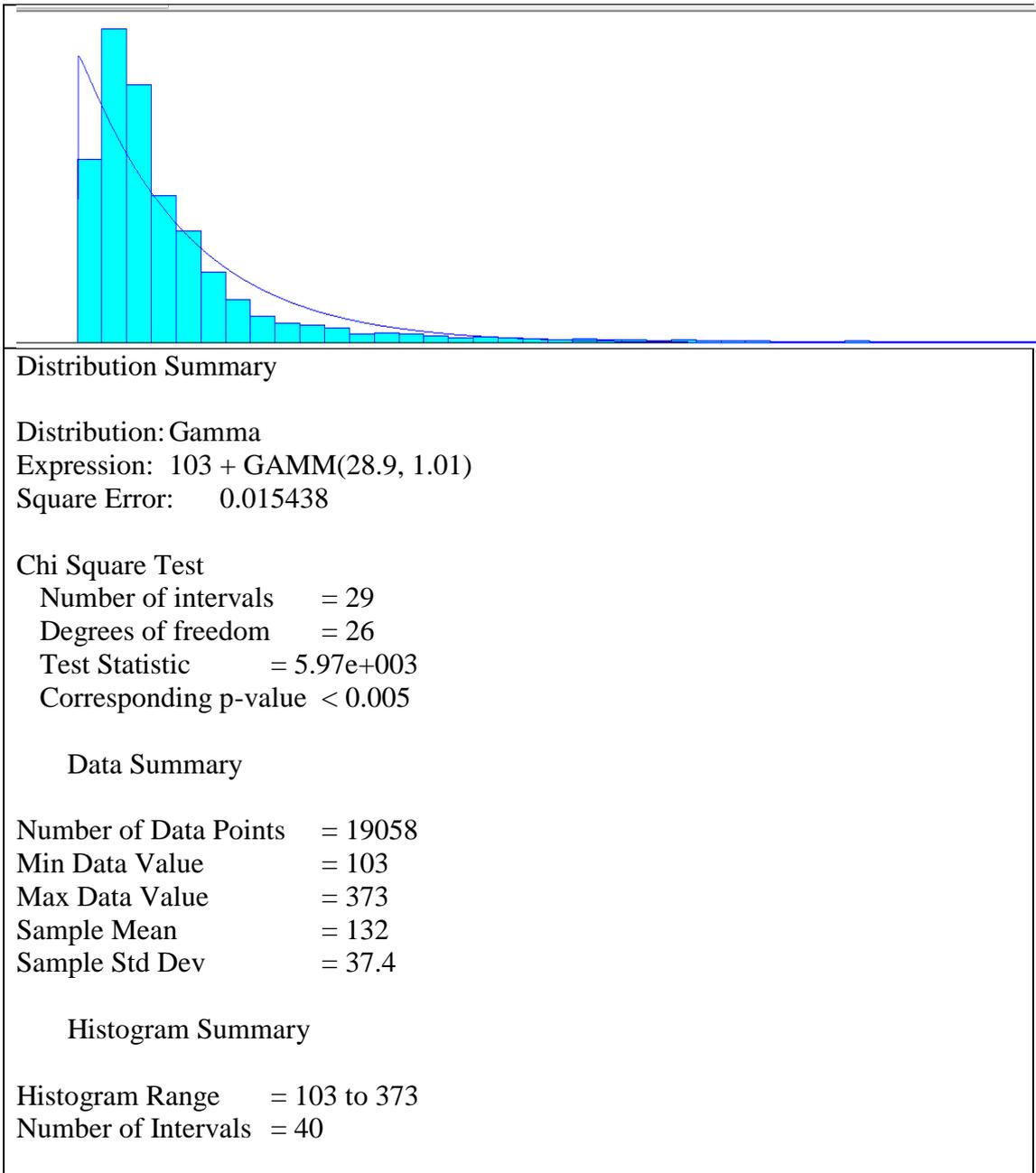
Number of Data Points = 8637
Min Data Value = 30
Max Data Value = 300
Sample Mean = 60.3
Sample Std Dev = 35.9

Histogram Summary

Histogram Range = 30 to 300
Number of Intervals = 40

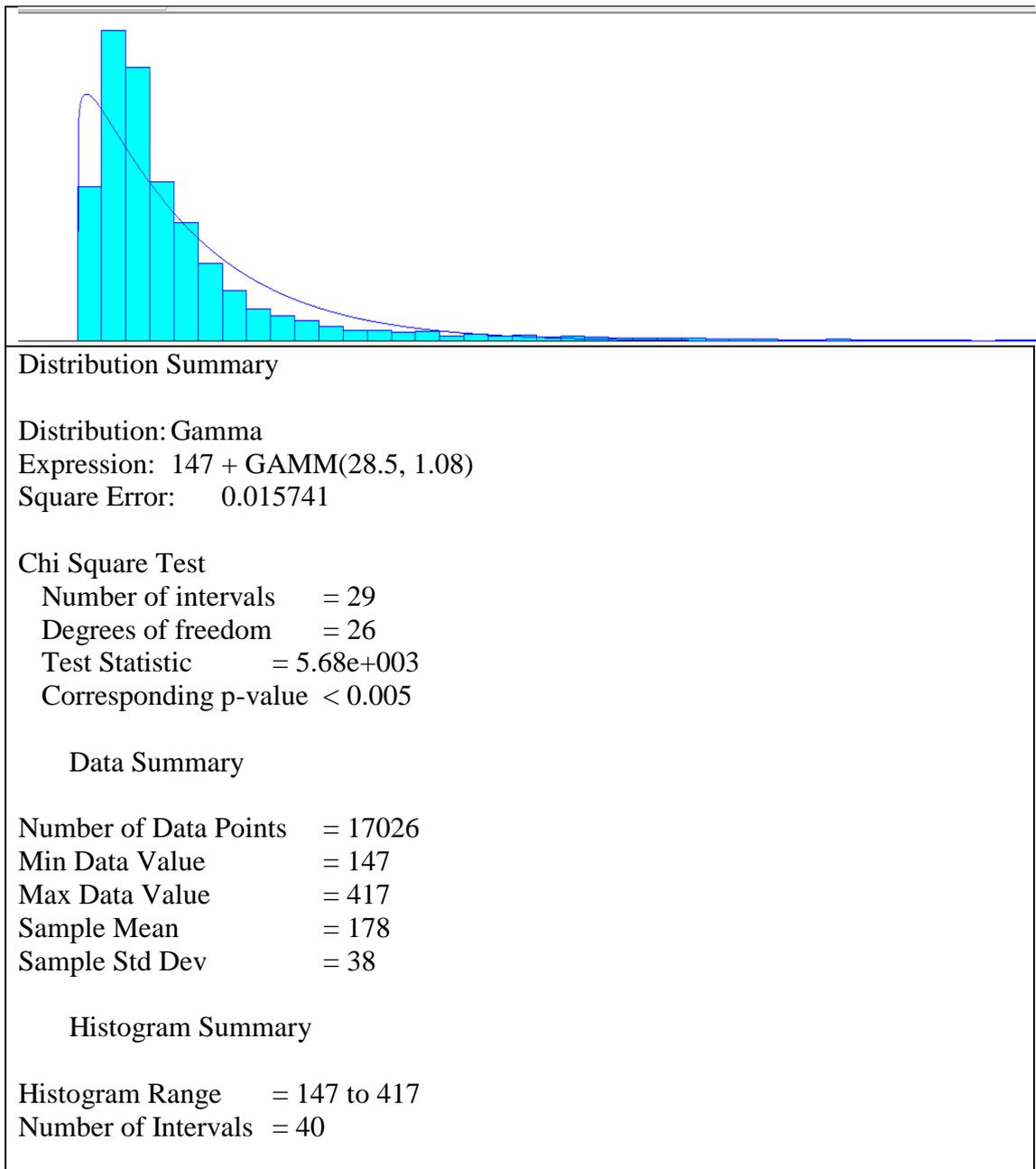
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

7) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC02-D



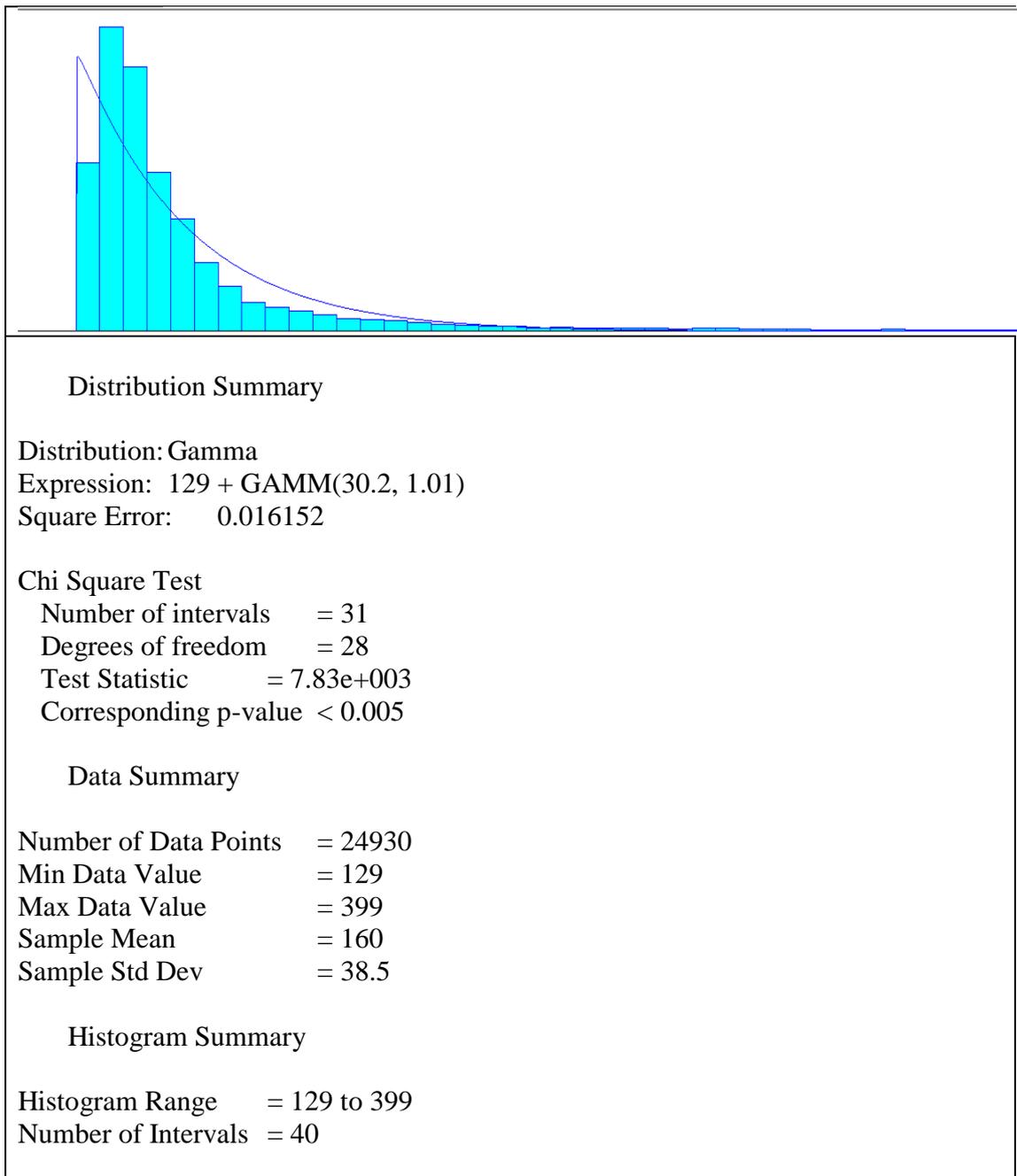
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

8) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC03-D



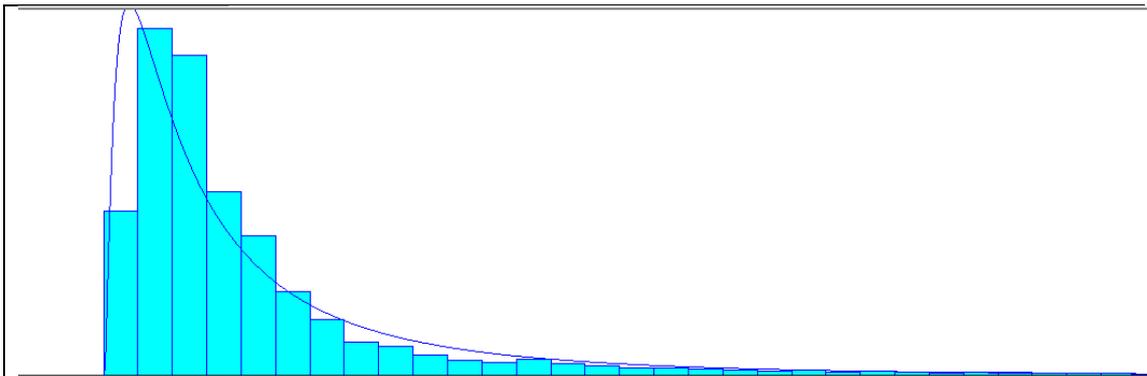
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

9) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC04-D



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

10) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC05-D



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $138 + \text{LOGN}(36.5, 61)$
Square Error: 0.013259

Chi Square Test

Number of intervals = 40
Degrees of freedom = 37
Test Statistic = $2.55e+003$
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

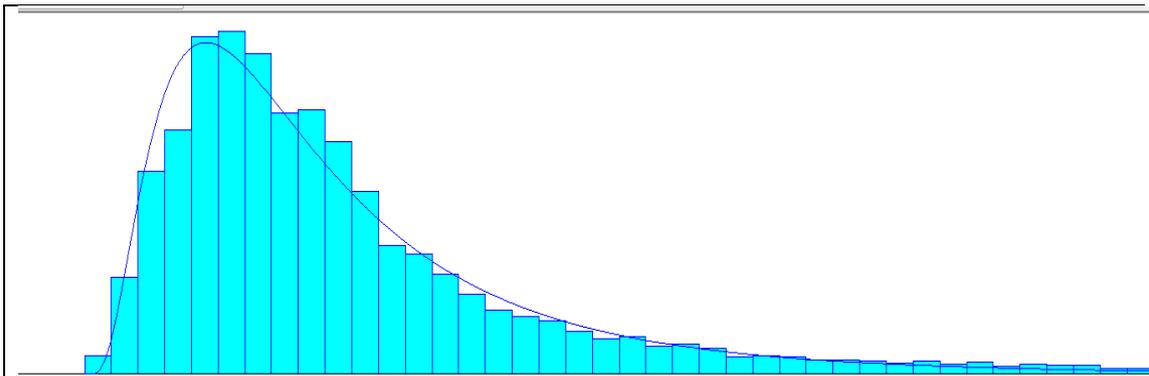
Number of Data Points = 25436
Min Data Value = 138
Max Data Value = 408
Sample Mean = 169
Sample Std Dev = 38

Histogram Summary

Histogram Range = 138 to 408
Number of Intervals = 40

Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

11) Data distribusi durasi Loading container oleh CC01-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $173 + \text{LOGN}(66.3, 54.5)$
Square Error: 0.000864

Chi Square Test

Number of intervals = 40
Degrees of freedom = 37
Test Statistic = 460
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

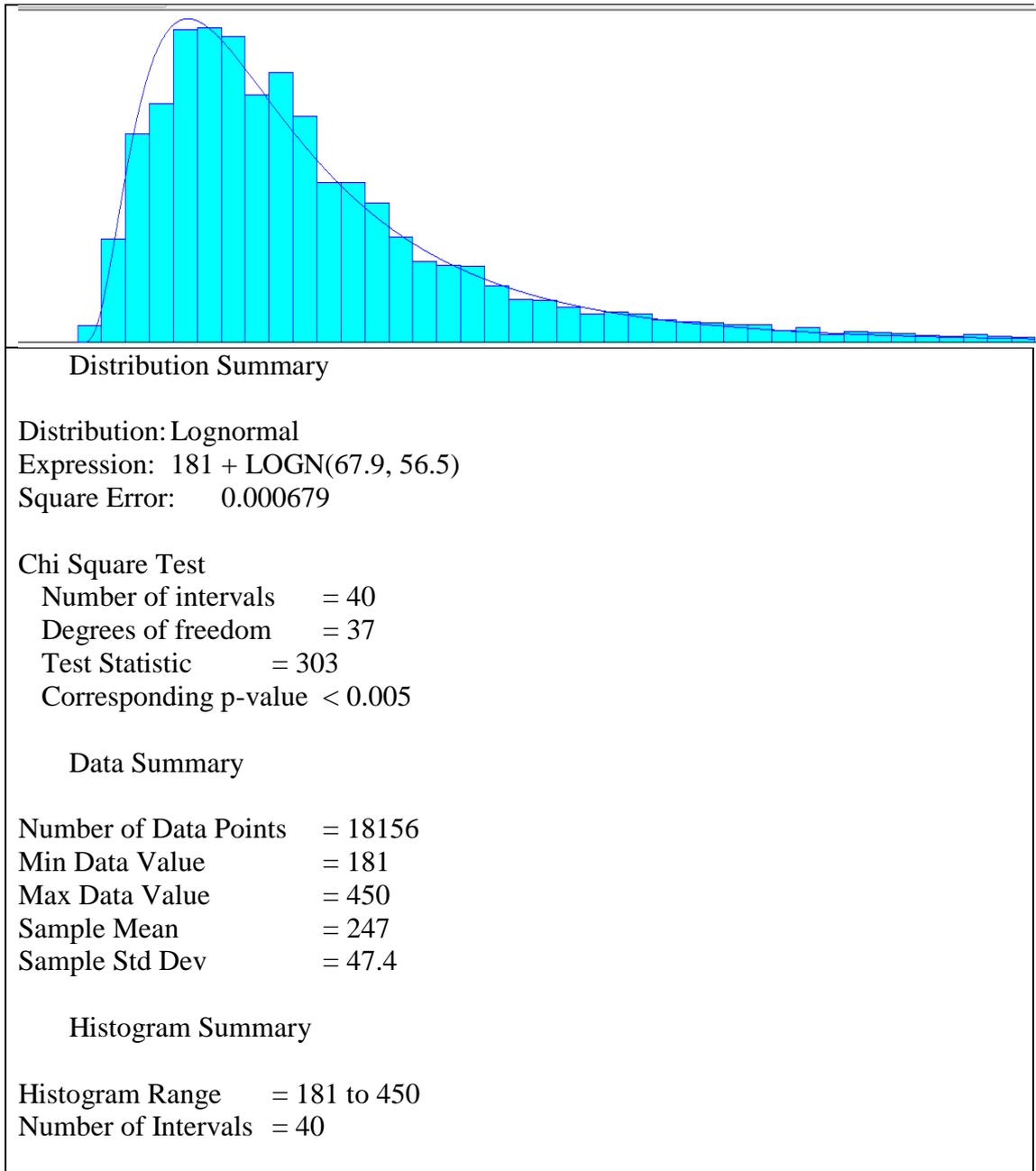
Number of Data Points = 19183
Min Data Value = 173
Max Data Value = 443
Sample Mean = 238
Sample Std Dev = 47.5

Histogram Summary

Histogram Range = 173 to 443
Number of Intervals = 40

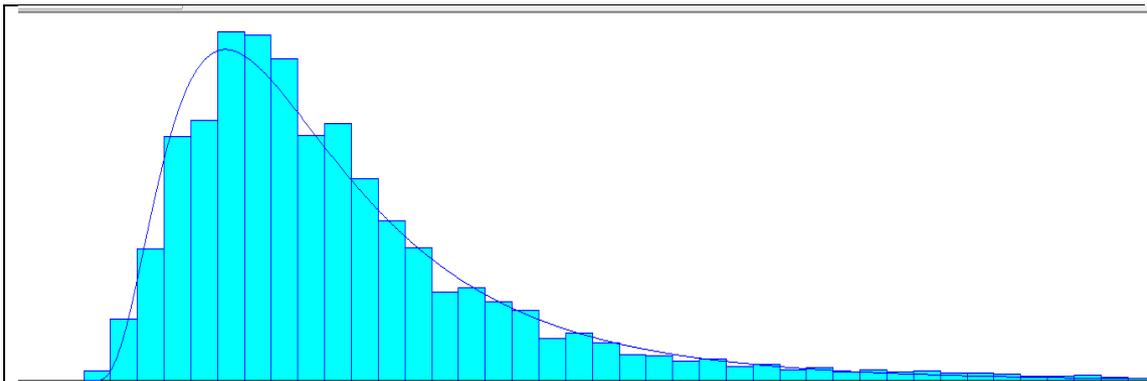
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

12) Data distribusi durasi Loading container oleh CC02-I



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

13) Data distribusi durasi Loading container oleh CC03-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $176 + \text{LOGN}(65.7, 46.4)$
Square Error: 0.000931

Chi Square Test

Number of intervals = 38
Degrees of freedom = 35
Test Statistic = 315
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

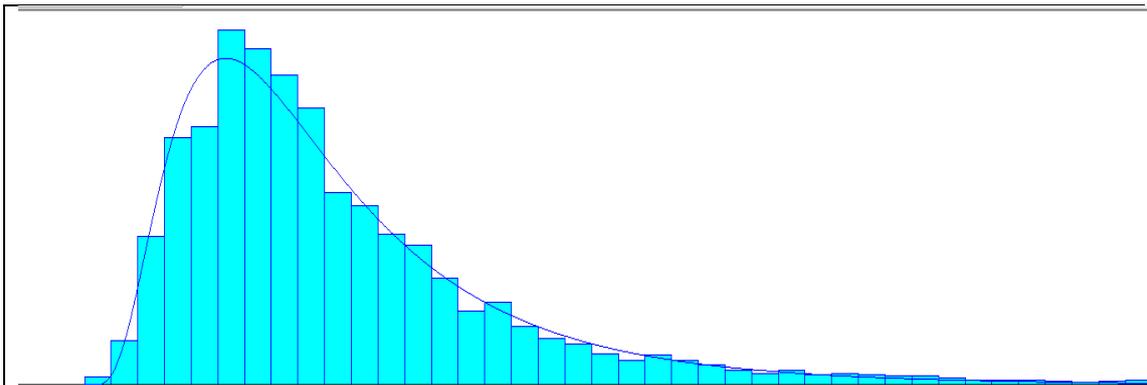
Number of Data Points = 15096
Min Data Value = 176
Max Data Value = 447
Sample Mean = 241
Sample Std Dev = 42.7

Histogram Summary

Histogram Range = 176 to 447
Number of Intervals = 40

Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

14) Data distribusi durasi Loading container oleh CC04-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $173 + \text{LOGN}(65.1, 45.4)$
Square Error: 0.000756

Chi Square Test

Number of intervals = 38
Degrees of freedom = 35
Test Statistic = 259
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

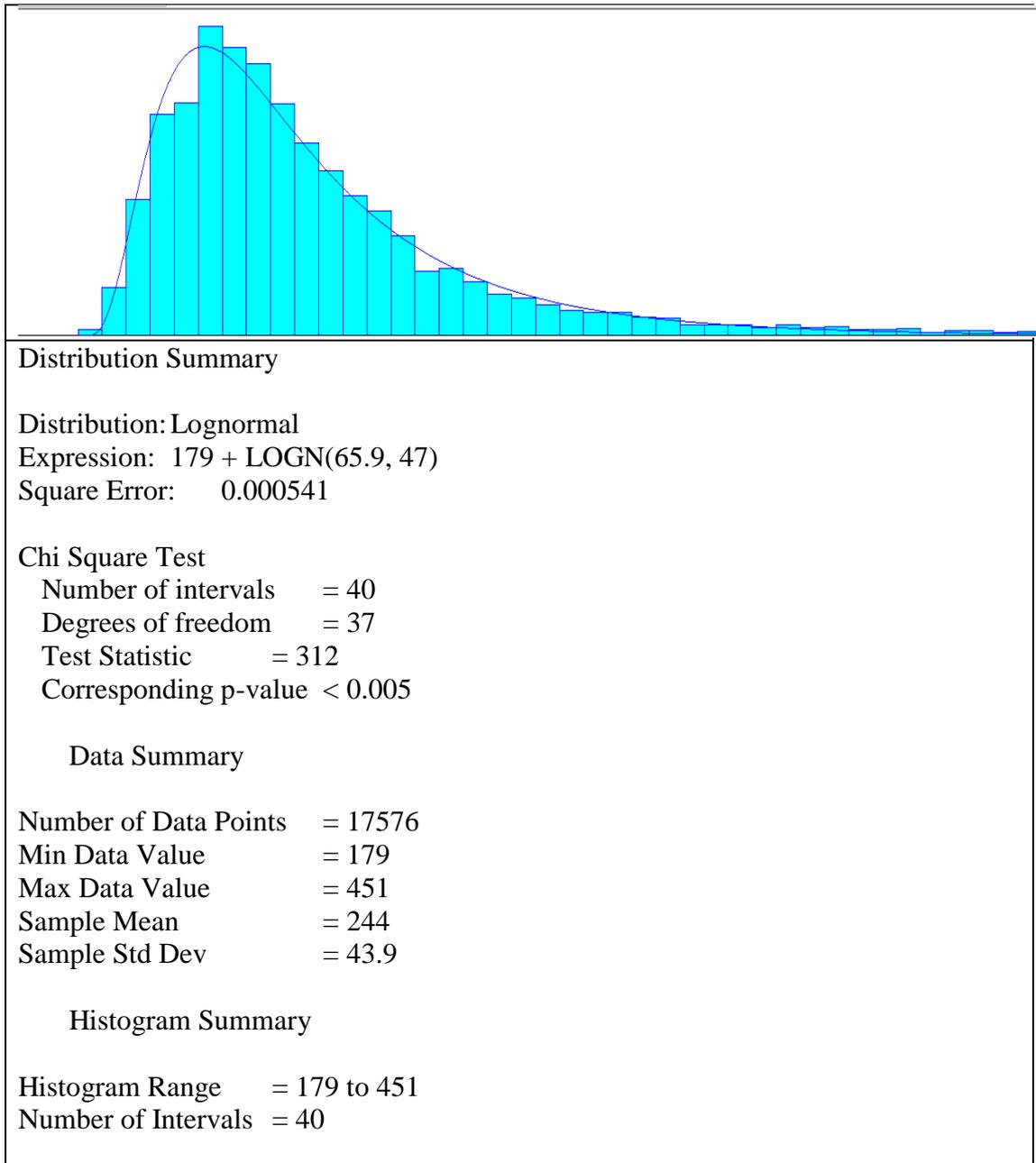
Number of Data Points = 16582
Min Data Value = 173
Max Data Value = 445
Sample Mean = 238
Sample Std Dev = 42.6

Histogram Summary

Histogram Range = 173 to 445
Number of Intervals = 40

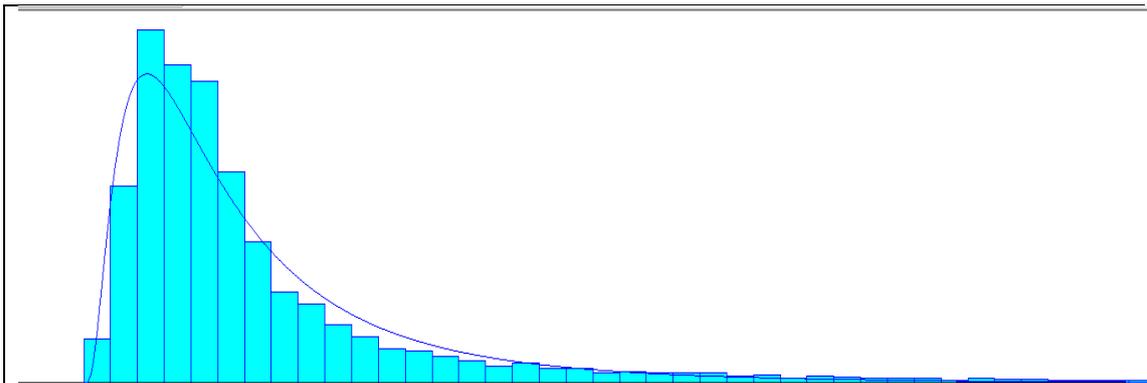
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

15) Data distribusi durasi Loading container oleh CC05-I



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

16) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC01-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $173 + \text{LOGN}(45.1, 45.4)$
Square Error: 0.003636

Chi Square Test

Number of intervals = 39
Degrees of freedom = 36
Test Statistic = $1.19e+003$
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

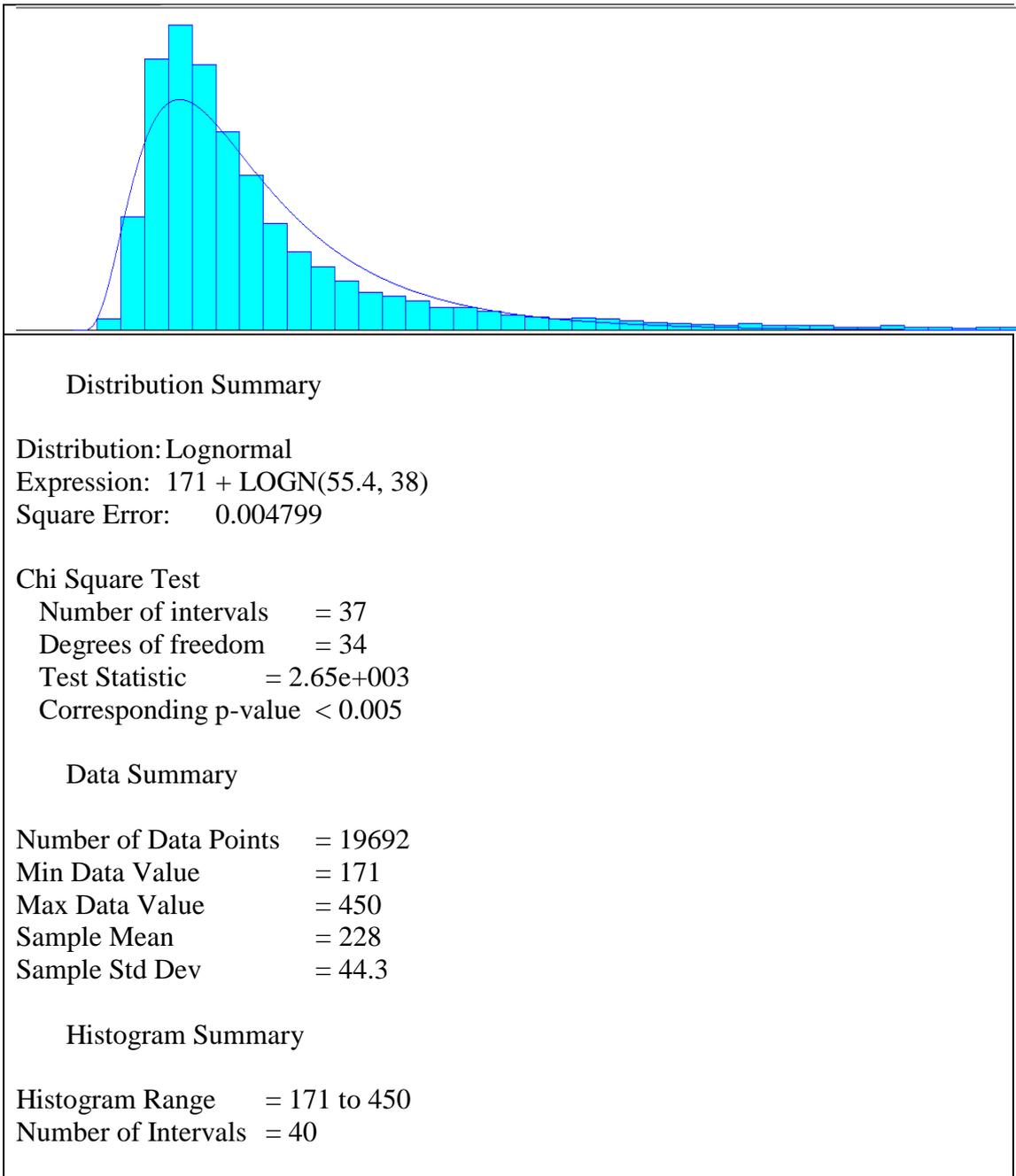
Number of Data Points = 19652
Min Data Value = 173
Max Data Value = 443
Sample Mean = 217
Sample Std Dev = 42.9

Histogram Summary

Histogram Range = 173 to 443
Number of Intervals = 40

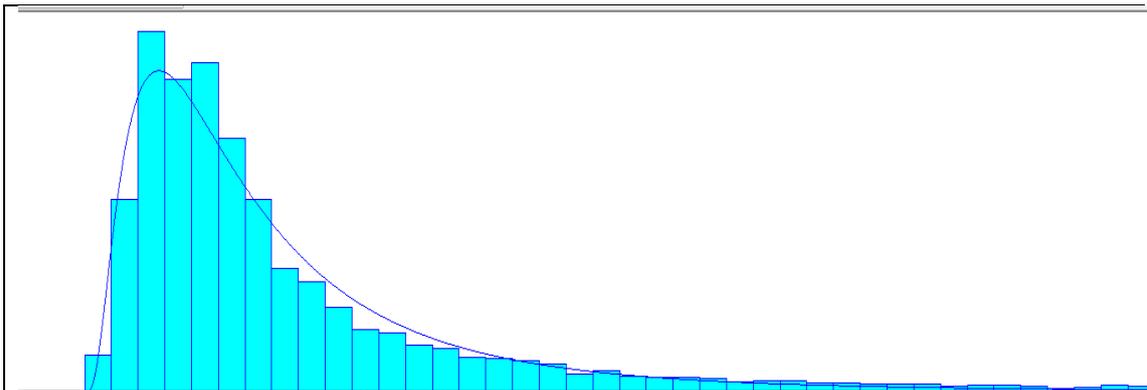
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

17) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC02-I



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

18) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC03-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $178 + \text{LOGN}(50.4, 49)$
Square Error: 0.001728

Chi Square Test

Number of intervals = 39
Degrees of freedom = 36
Test Statistic = 576
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

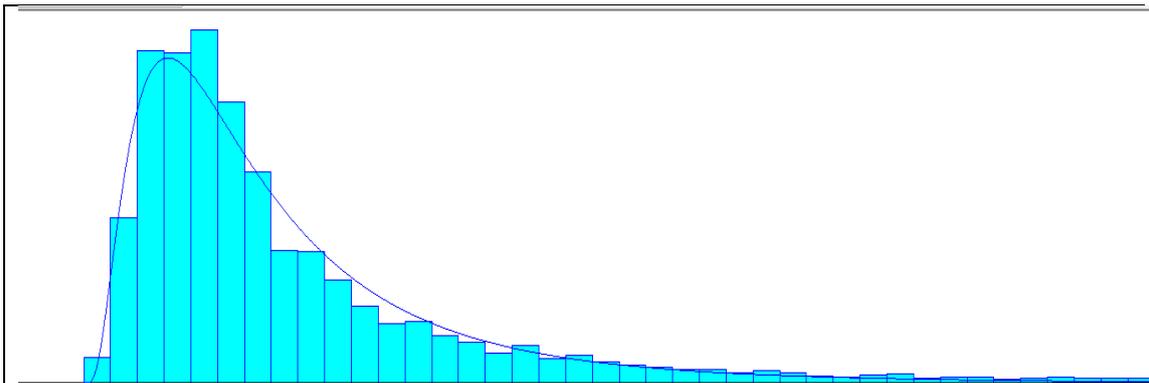
Number of Data Points = 13747
Min Data Value = 178
Max Data Value = 447
Sample Mean = 228
Sample Std Dev = 46

Histogram Summary

Histogram Range = 178 to 447
Number of Intervals = 40

Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

19) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC04-I



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $175 + \text{LOGN}(51.8, 46.9)$
Square Error: 0.001382

Chi Square Test

Number of intervals = 38
Degrees of freedom = 35
Test Statistic = 545
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

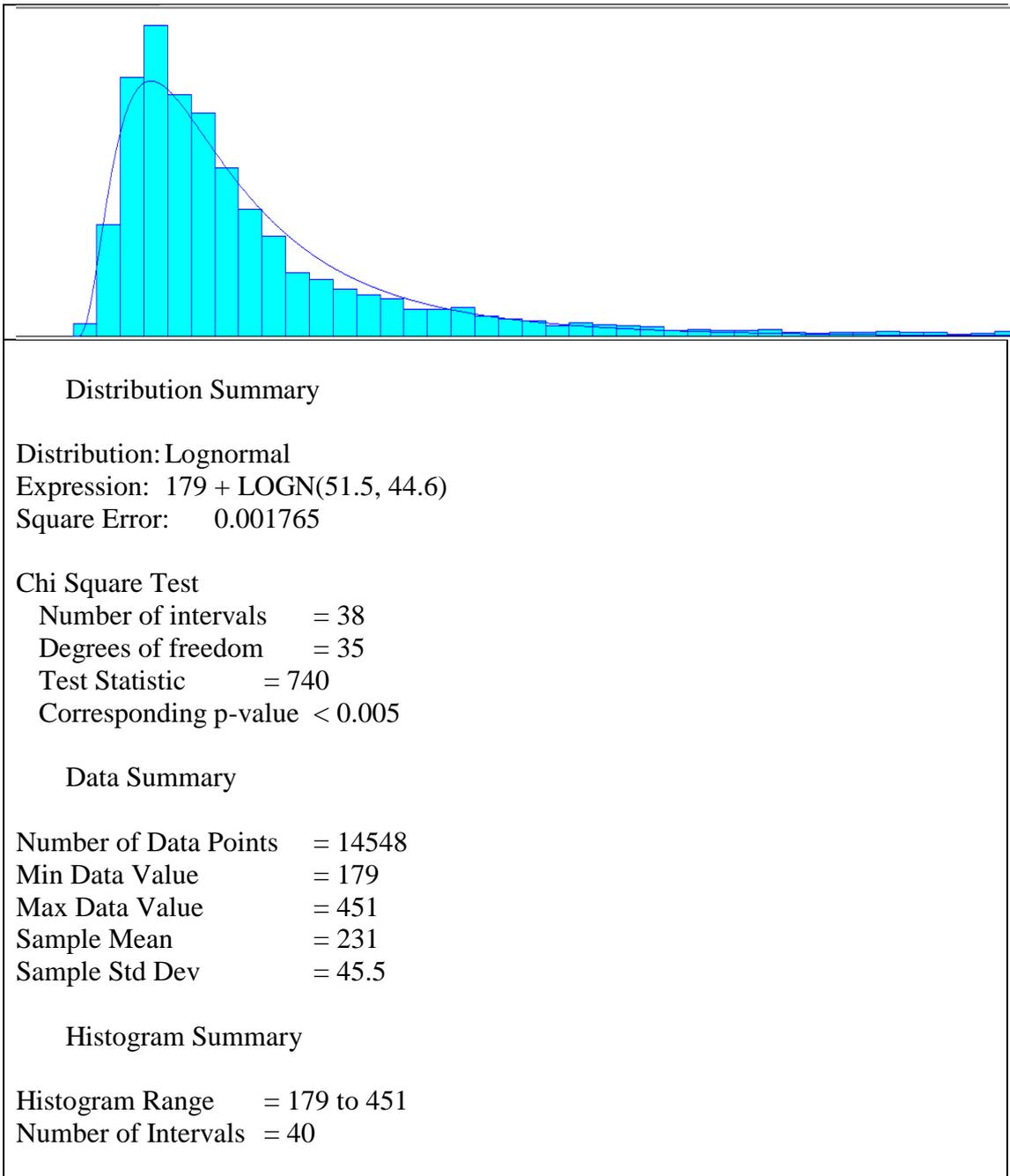
Number of Data Points = 12957
Min Data Value = 175
Max Data Value = 445
Sample Mean = 227
Sample Std Dev = 45.4

Histogram Summary

Histogram Range = 175 to 445
Number of Intervals = 40

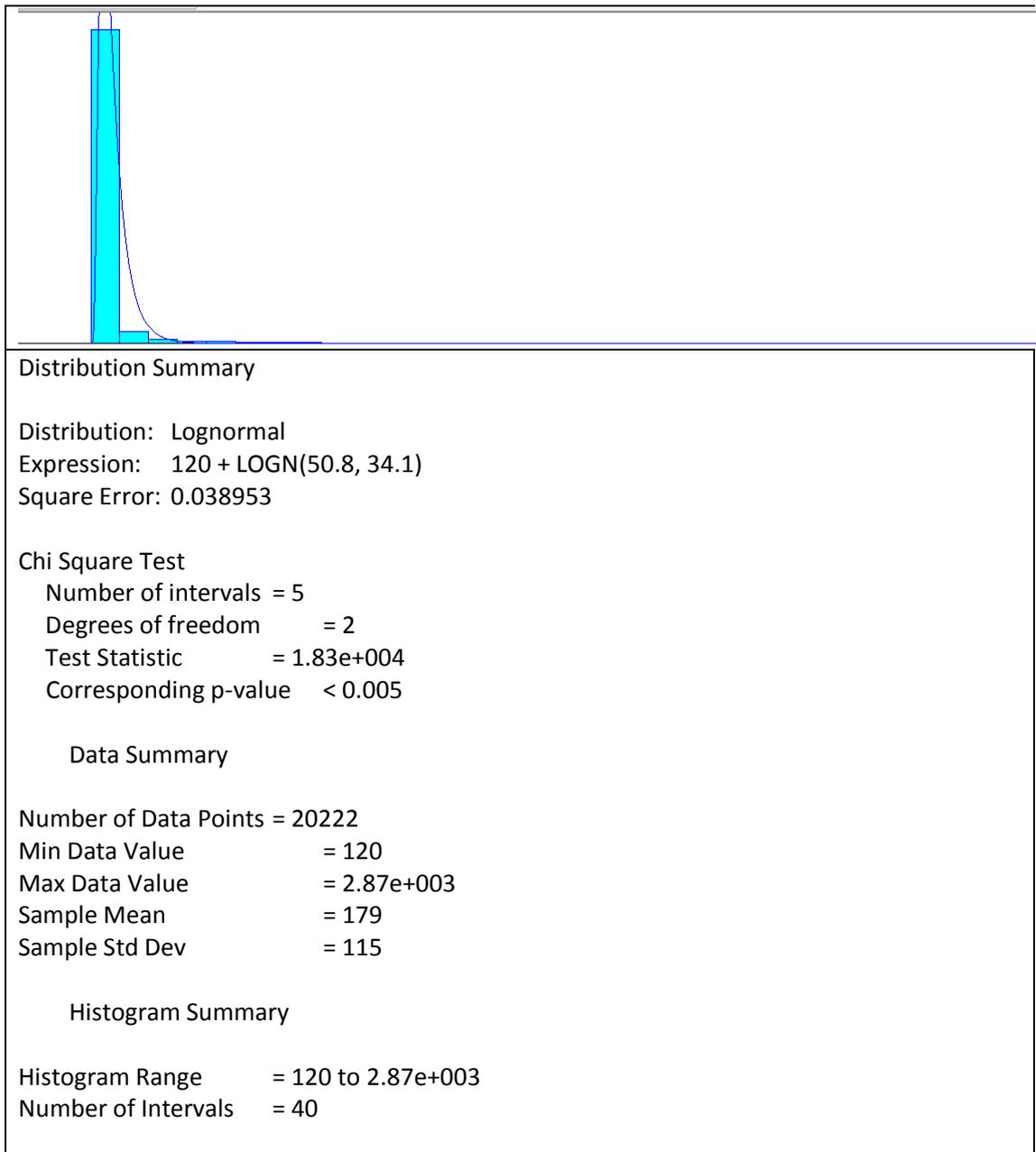
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

20) Data distribusi durasi Unloading container oleh CC05-I



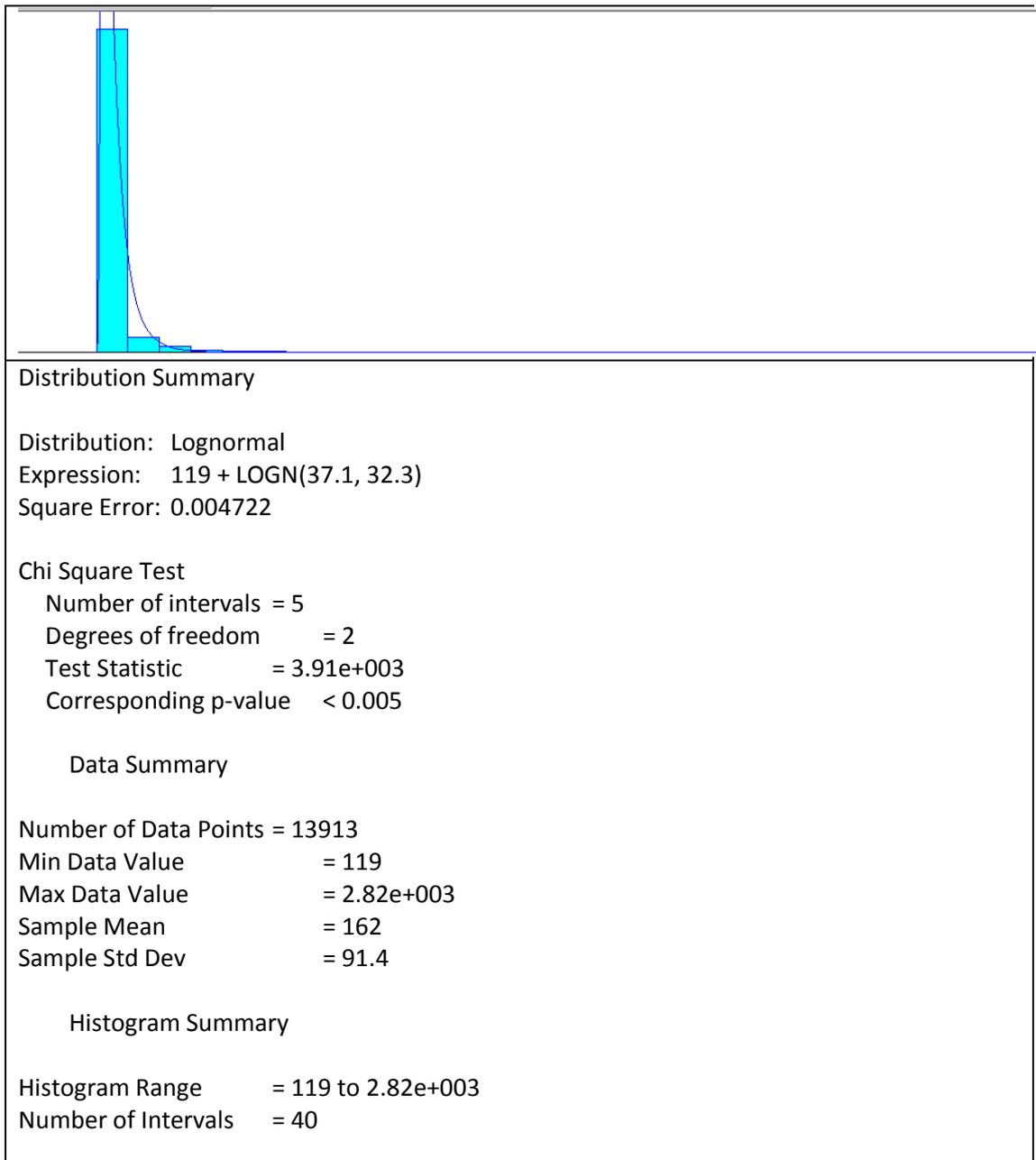
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

21) Data distribusi durasi pemindahan container dari Stack to WS oleh ASC-O1W



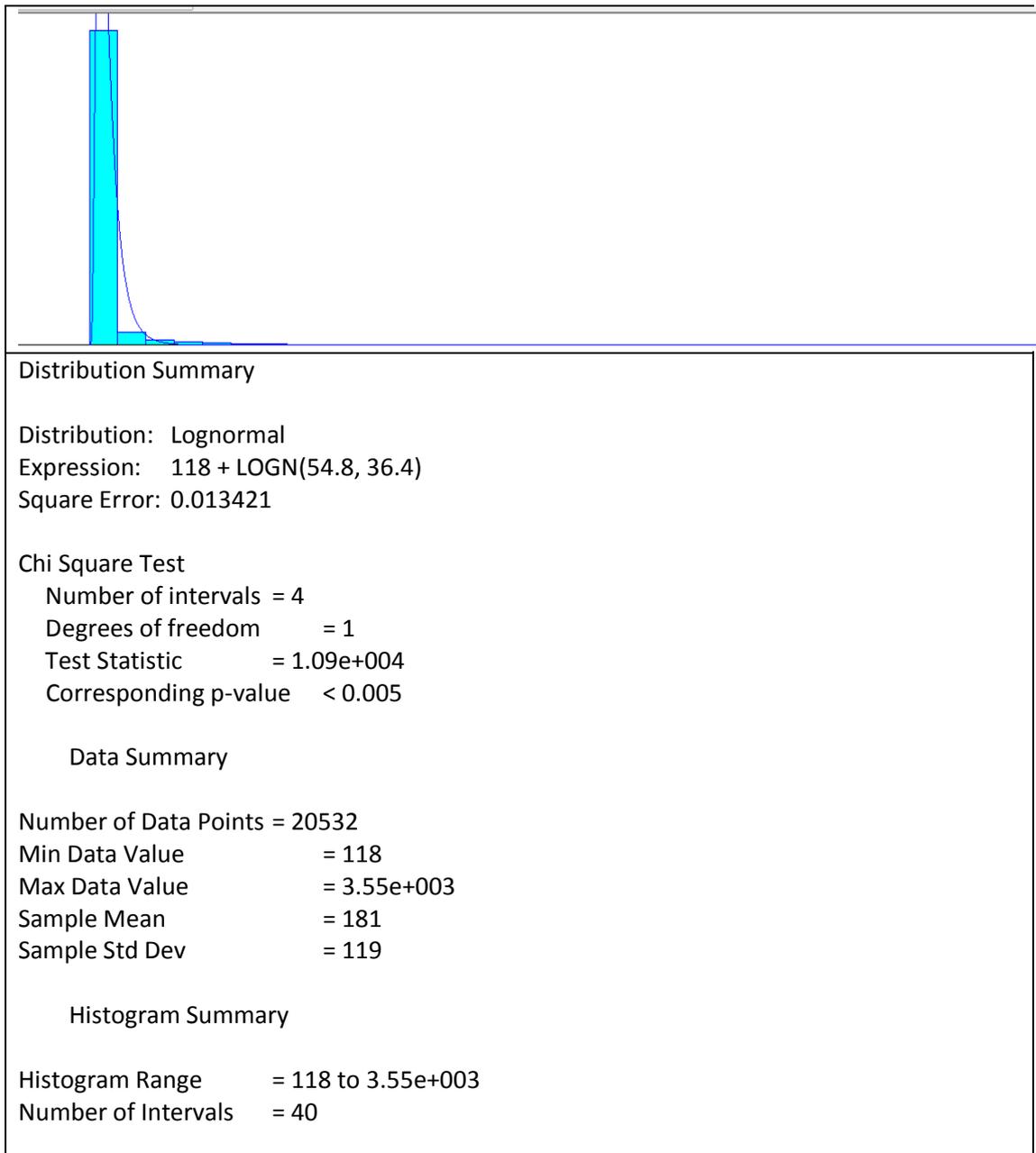
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

22) Data distribusi durasi pemindahan container dari WS to Stack oleh ASC-O1W



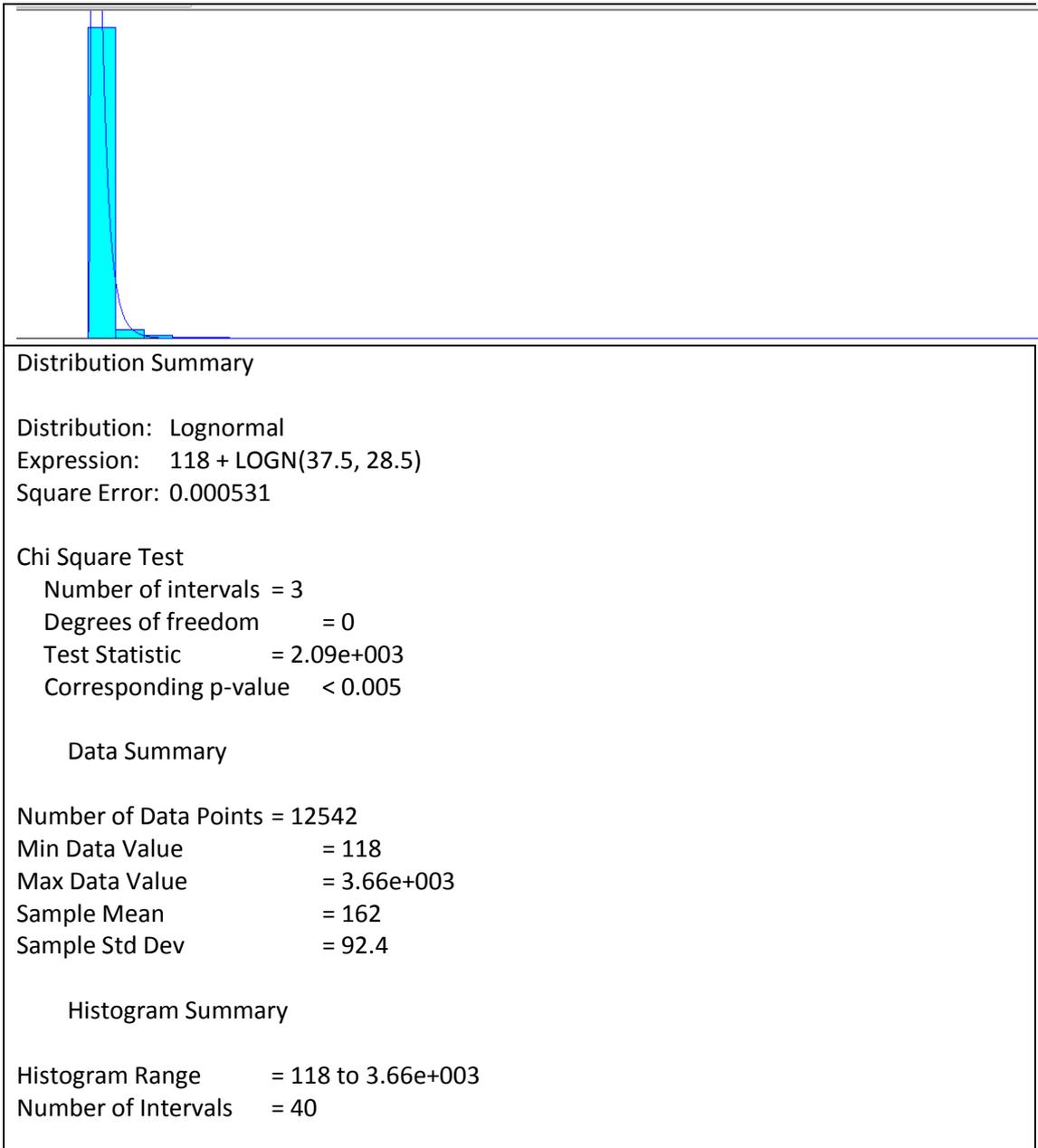
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

23) Data distribusi durasi pemindahan container dari Stack to WS oleh ASC-O2W



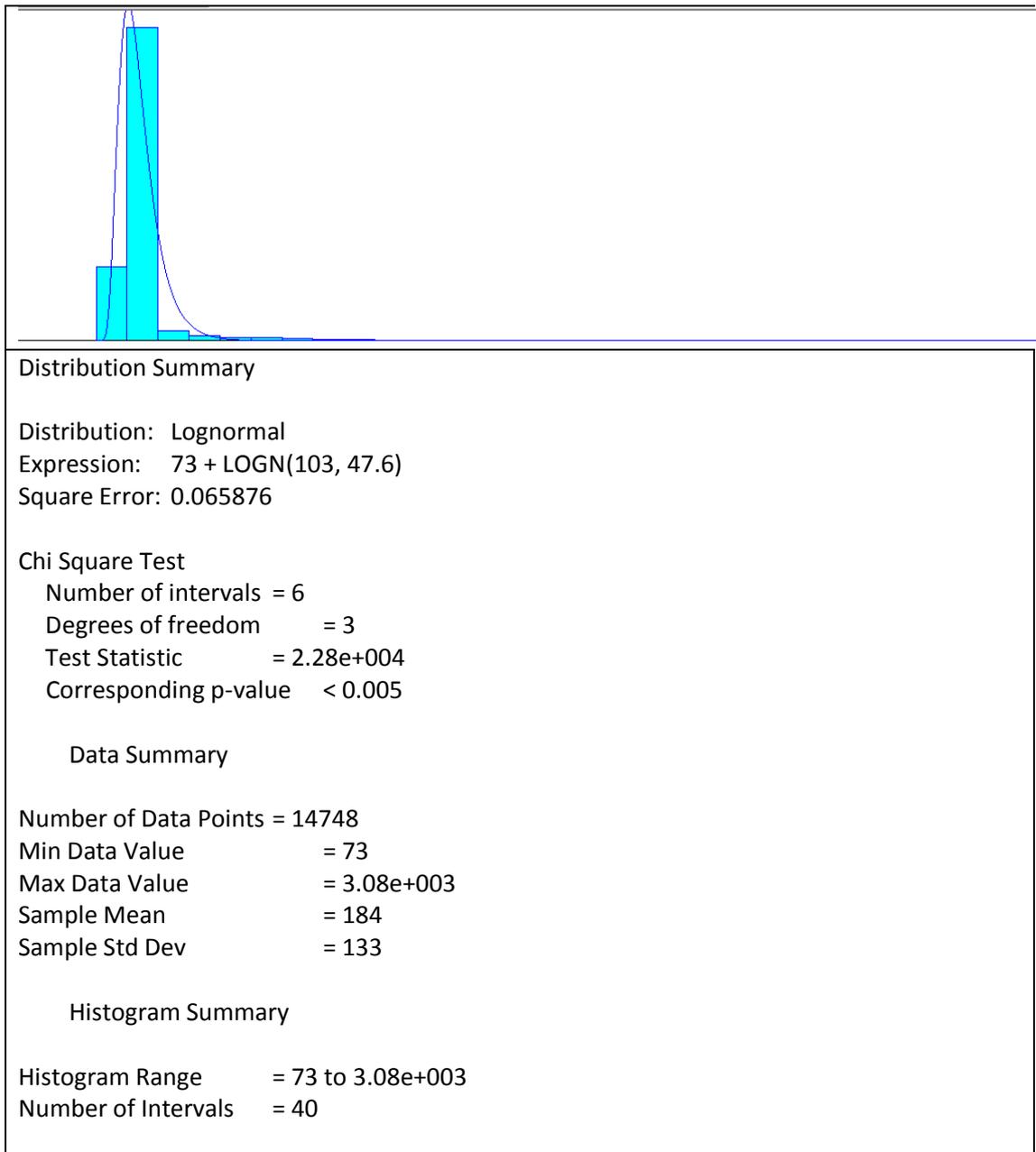
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

24) Data distribusi durasi pemindahan container dari WS to Stack oleh ASC-O2W



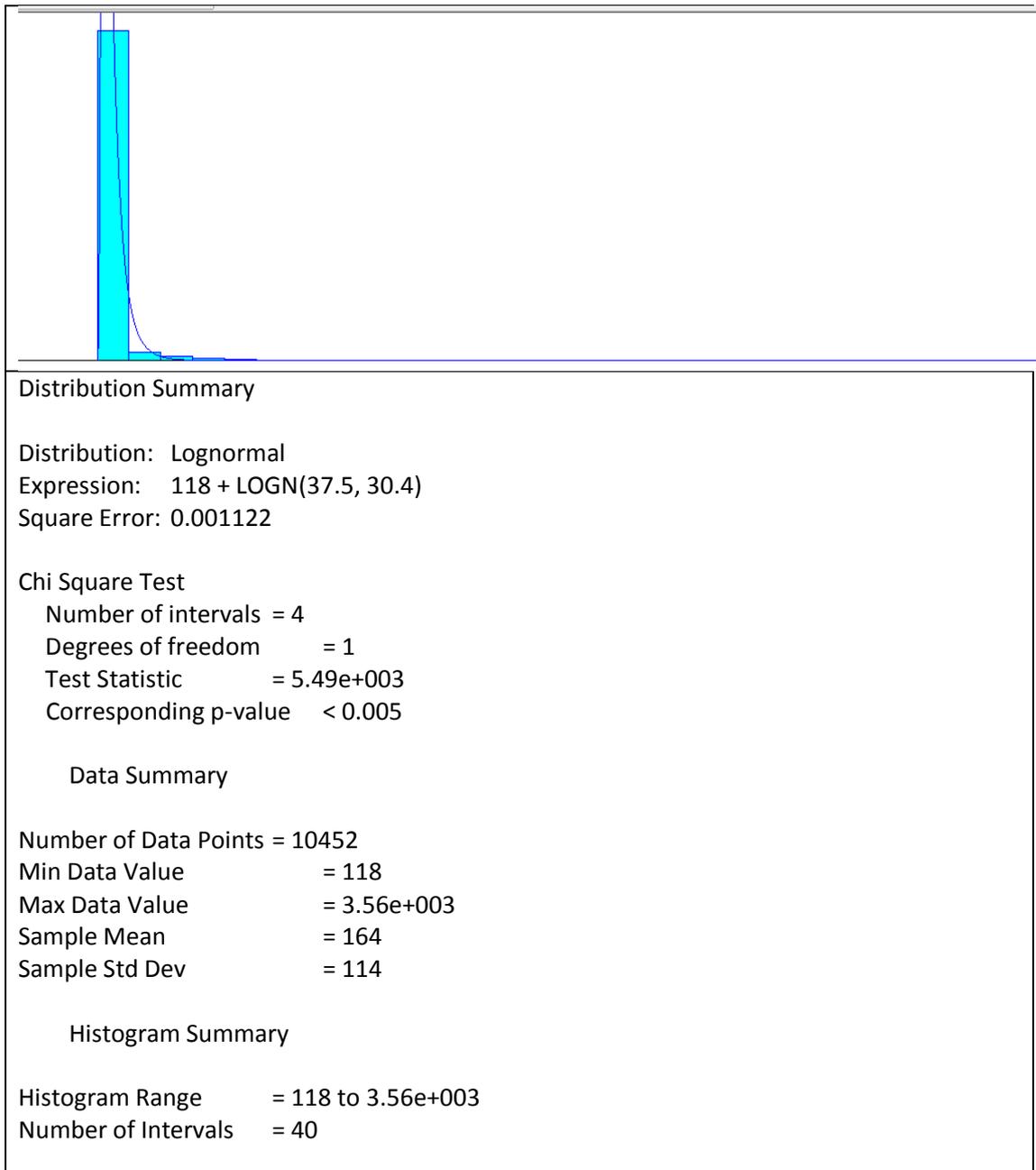
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

25) Data distribusi durasi pemindahan container dari Stack to WS oleh ASC-O3W



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

26) Data distribusi durasi pemindahan container dari WS to Stack oleh ASC-O3W



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

27) Data distribusi durasi pemindahan container dari Stack to WS oleh ASC-O4W



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $114 + \text{LOGN}(54.8, 35)$
Square Error: 0.030235

Chi Square Test

Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = $1.4e+004$
Corresponding p-value < 0.005

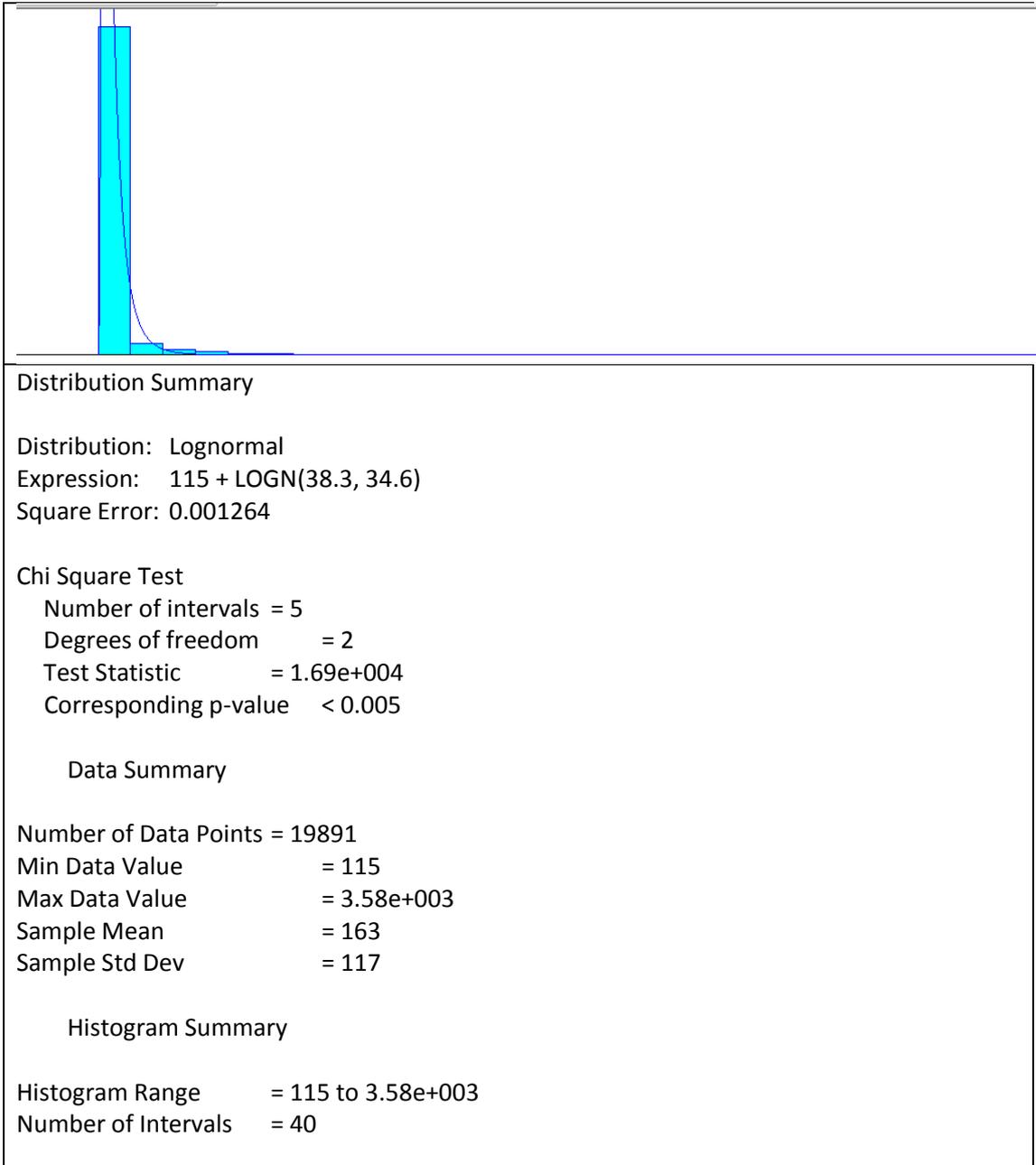
Data Summary

Number of Data Points = 22315
Min Data Value = 114
Max Data Value = $2.94e+003$
Sample Mean = 175
Sample Std Dev = 98.1

Histogram Summary

Histogram Range = 114 to $2.94e+003$
Number of Intervals = 40

28) Data distribusi durasi pemindahan container dari WS to Stack oleh ASC-O4W



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

29) Data distribusi durasi pemindahan container dari Stack to WS oleh ASC-O5W



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $113 + \text{LOGN}(59.7, 51.4)$
Square Error: 0.003664

Chi Square Test

Number of intervals = 7
Degrees of freedom = 4
Test Statistic = $1.08e+004$
Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

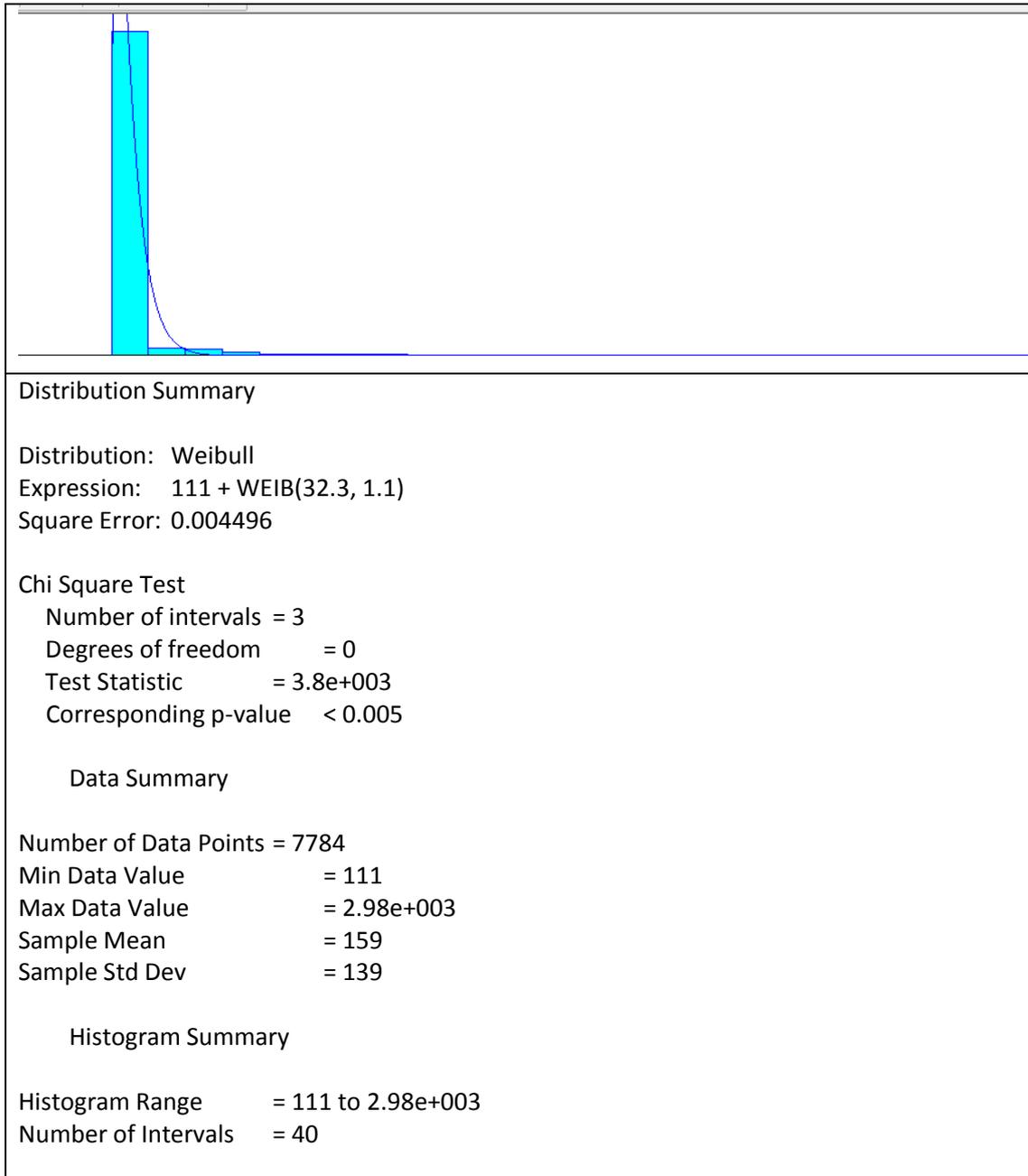
Number of Data Points = 21758
Min Data Value = 113
Max Data Value = $3.65e+003$
Sample Mean = 182
Sample Std Dev = 129

Histogram Summary

Histogram Range = 113 to $3.65e+003$
Number of Intervals = 40

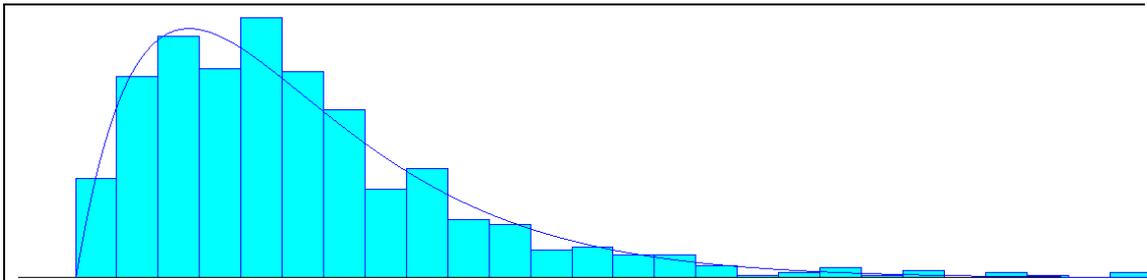
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

30) Data distribusi durasi pemindahan container dari WS to Stack oleh ASC-O5W



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

31) Data distribusi durasi pemindahan container dari BUFFER TO ASC



Distribution Summary

Distribution: Erlang
Expression: $2 + \text{ERLA}(6, 2)$
Square Error: 0.001699

Chi Square Test

Number of intervals = 15
Degrees of freedom = 12
Test Statistic = 16.6
Corresponding p-value = 0.18

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0292
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

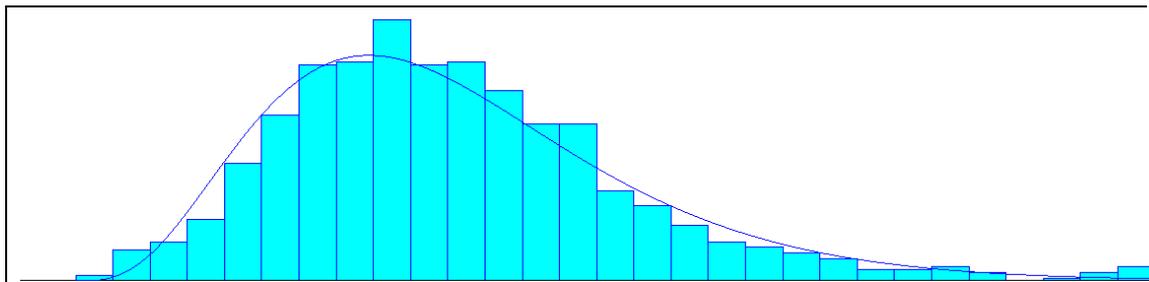
Number of Data Points = 728
Min Data Value = 2.19
Max Data Value = 58.5
Sample Mean = 14
Sample Std Dev = 8.68

Histogram Summary

Histogram Range = 2 to 59
Number of Intervals = 26

Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

32) Data distribusi durasi pemindahan container dari BUFFER TO SC



Distribution Summary

Distribution: Gamma
Expression: GAMM(4.77, 4.41)
Square Error: 0.001188

Chi Square Test

Number of intervals = 20
Degrees of freedom = 17
Test Statistic = 20.7
Corresponding p-value = 0.243

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0328
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

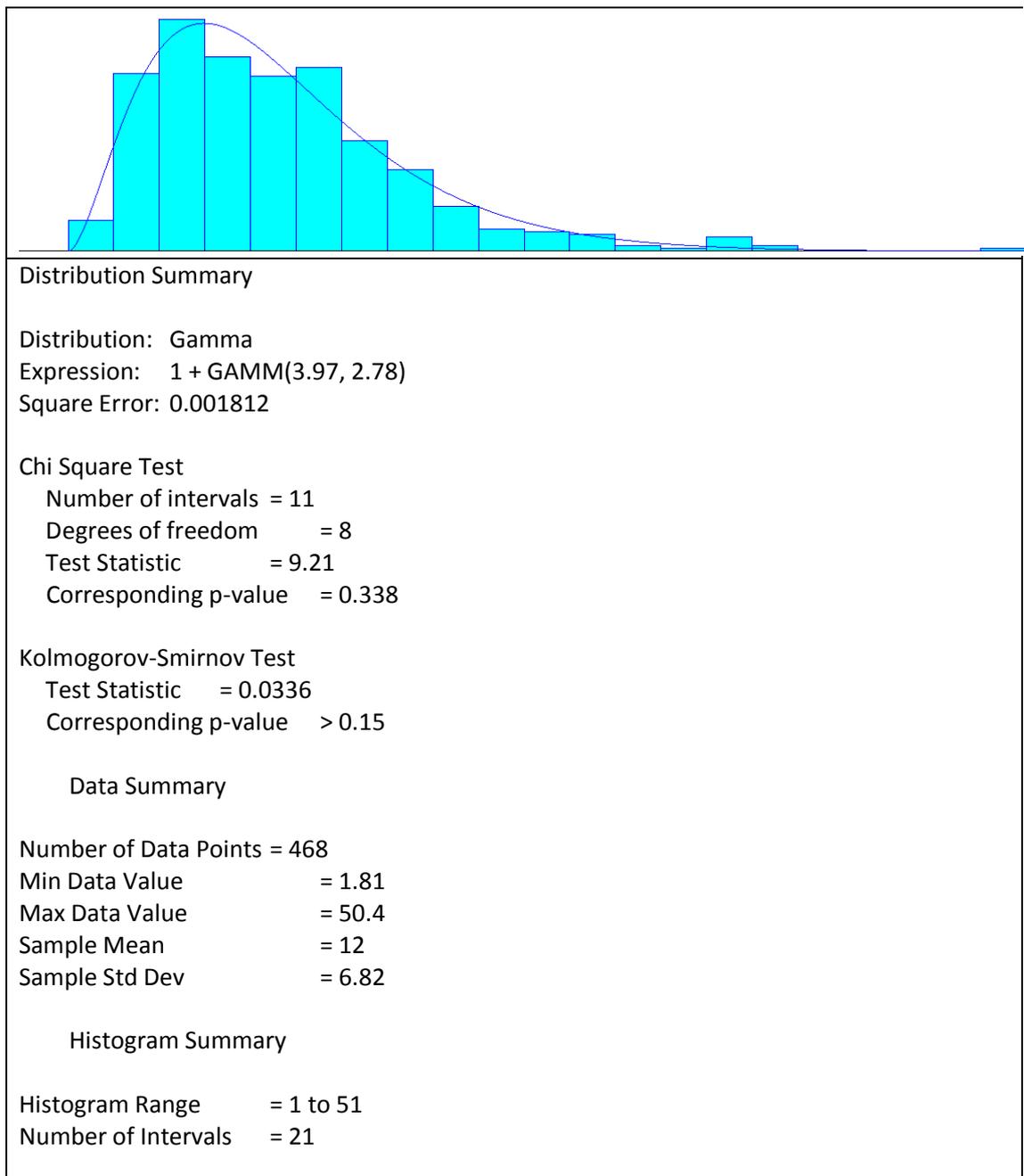
Number of Data Points = 881
Min Data Value = 0.03
Max Data Value = 59.5
Sample Mean = 21
Sample Std Dev = 9.69

Histogram Summary

Histogram Range = 0 to 60
Number of Intervals = 29

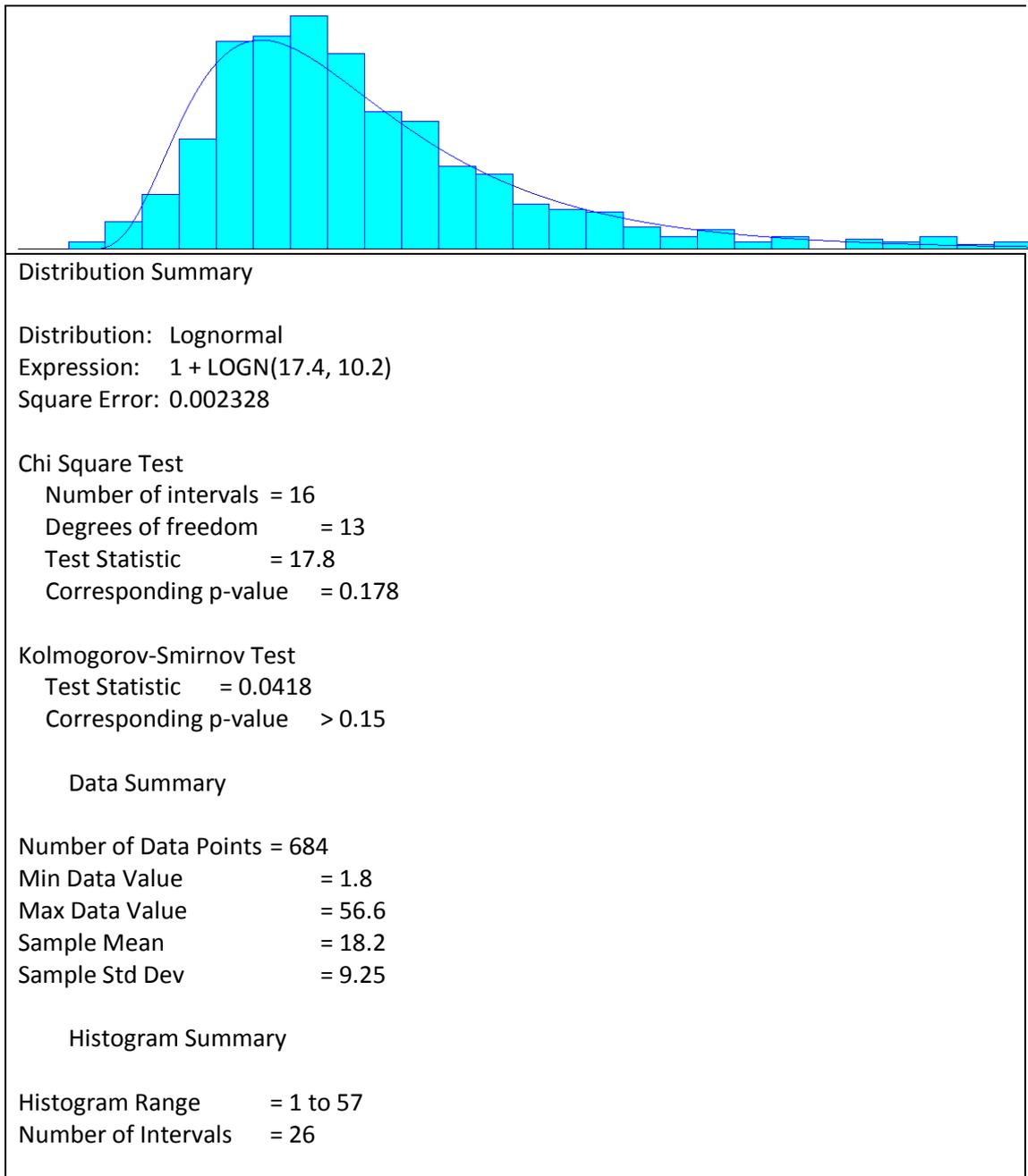
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

33) Data distribusi durasi pemindahan container dari DOCK TO ASC



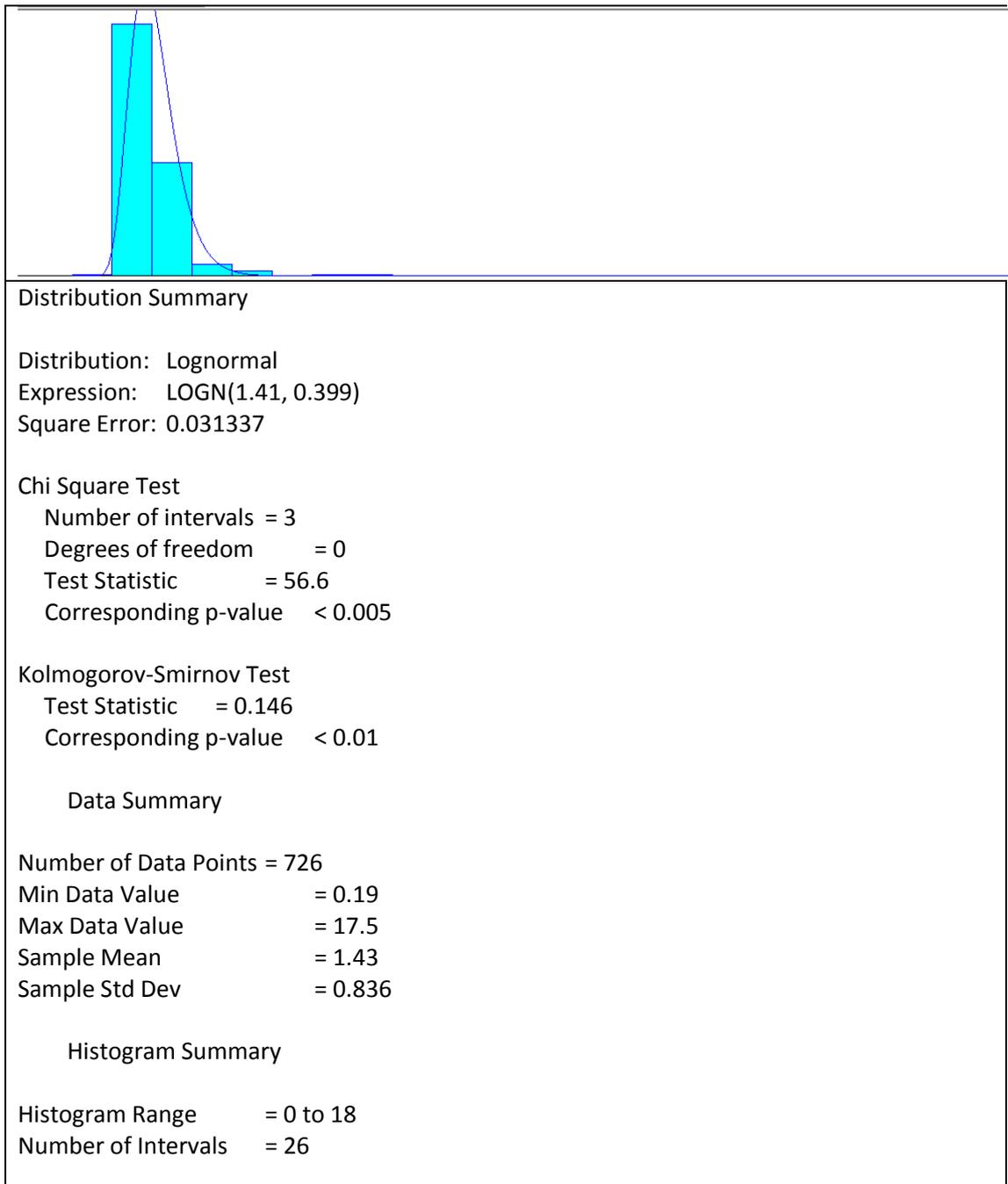
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

34) Data distribusi durasi pemindahan container dari DOCK TO TRUCK



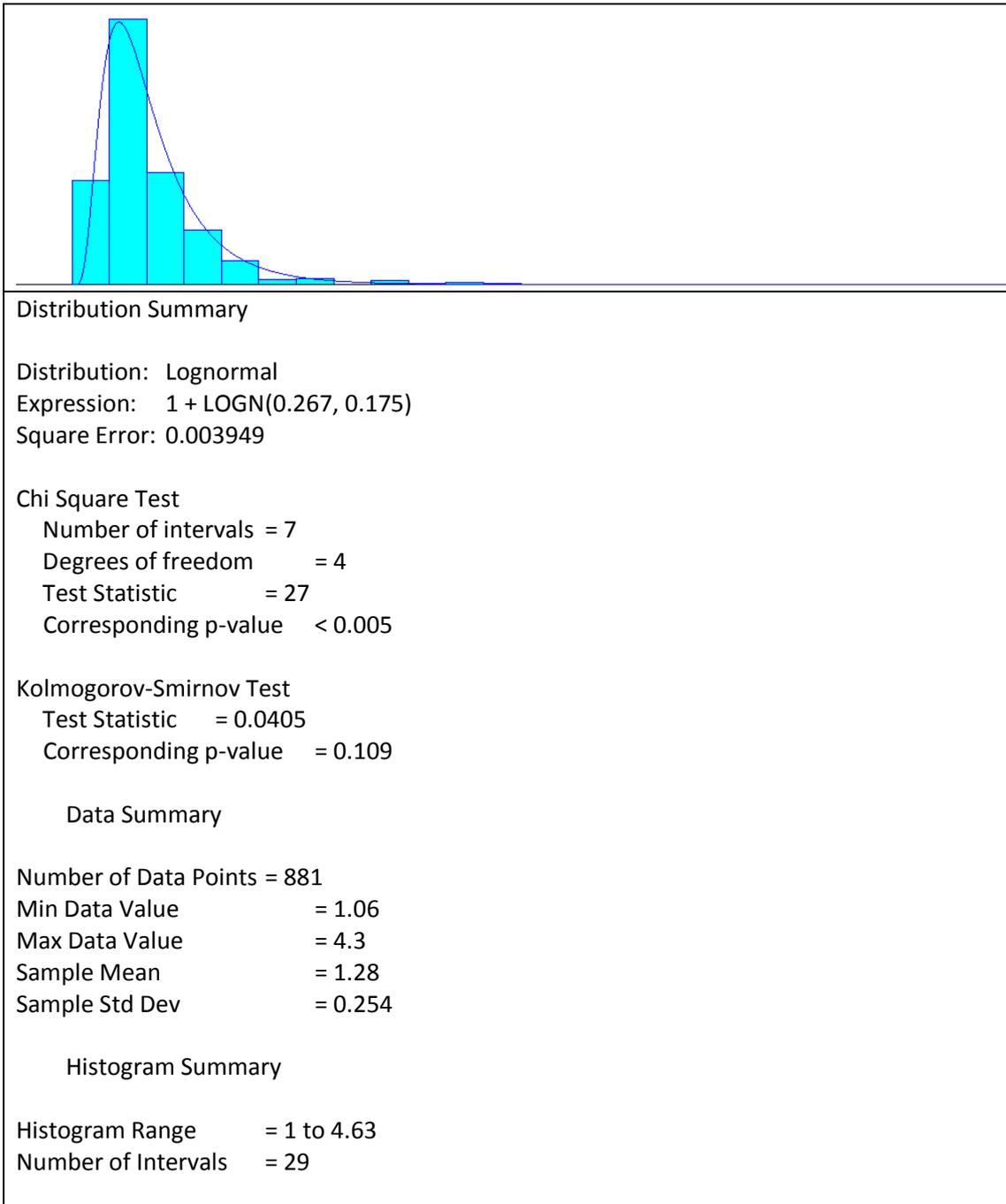
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

35) Data distribusi durasi pemindahan container dari SC to BUFFER



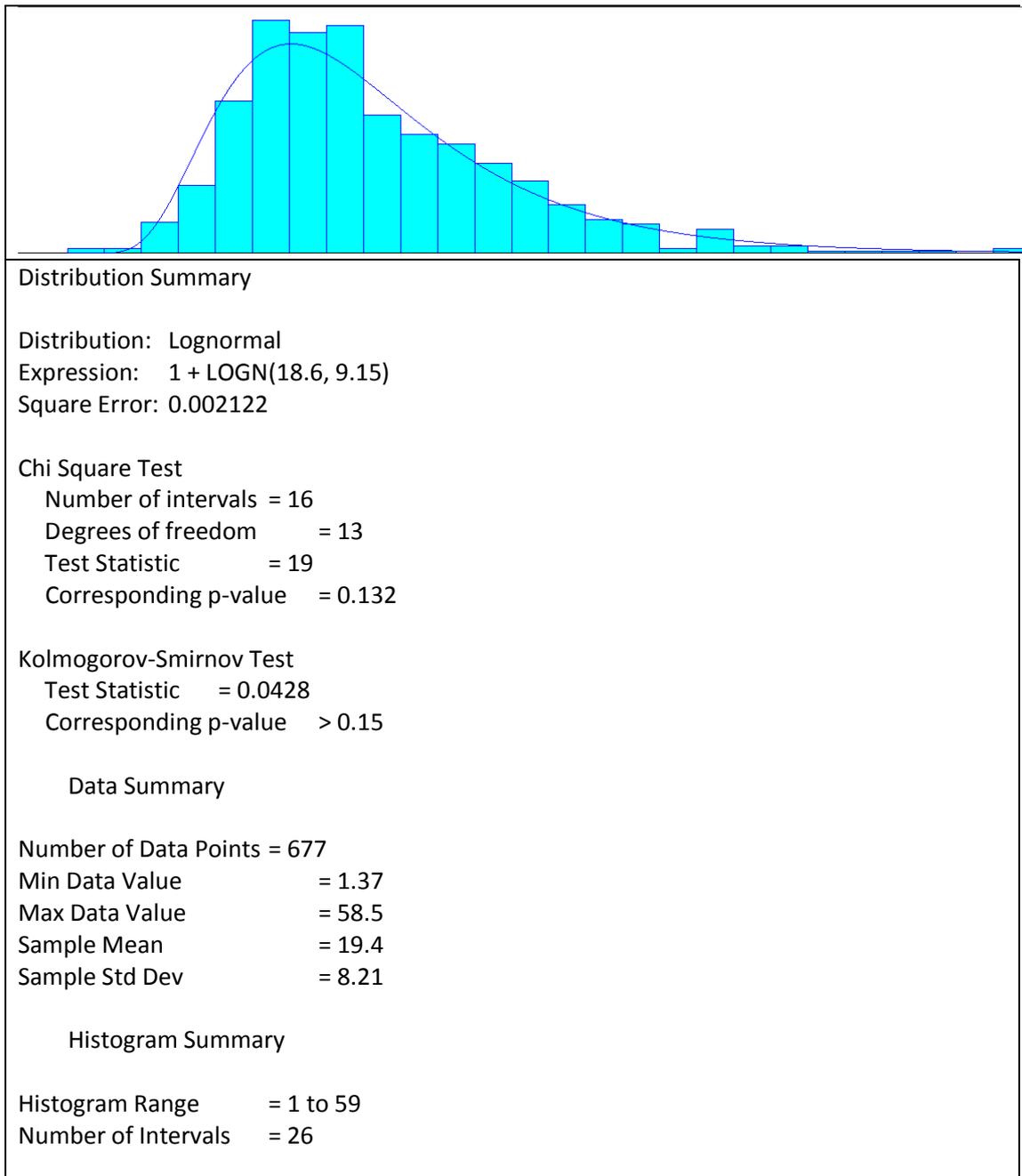
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

36) Data distribusi durasi pemindahan container dari SC to Truck



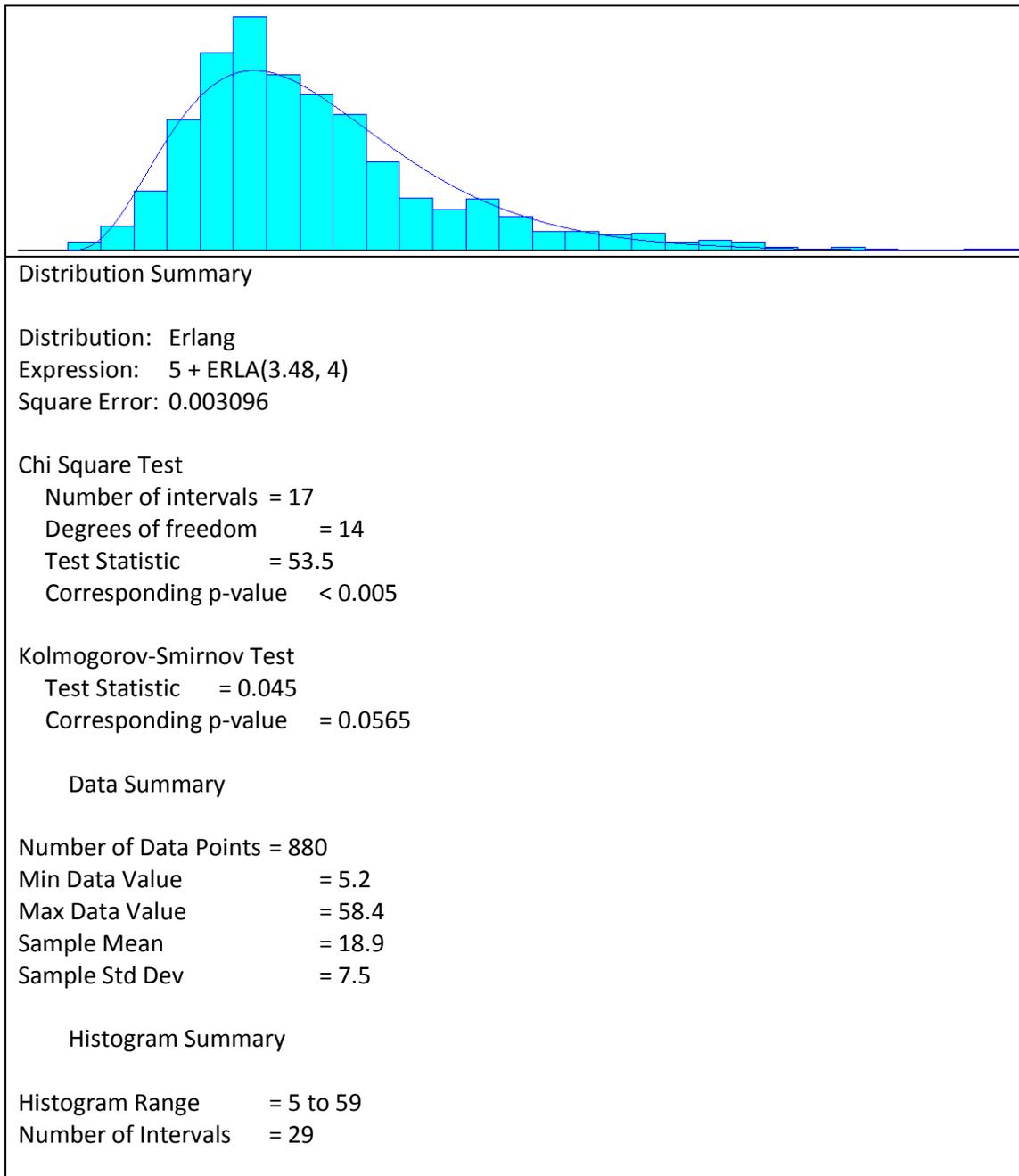
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

37) Data distribusi durasi pemindahan container dari Truck to Vessel (Docking)



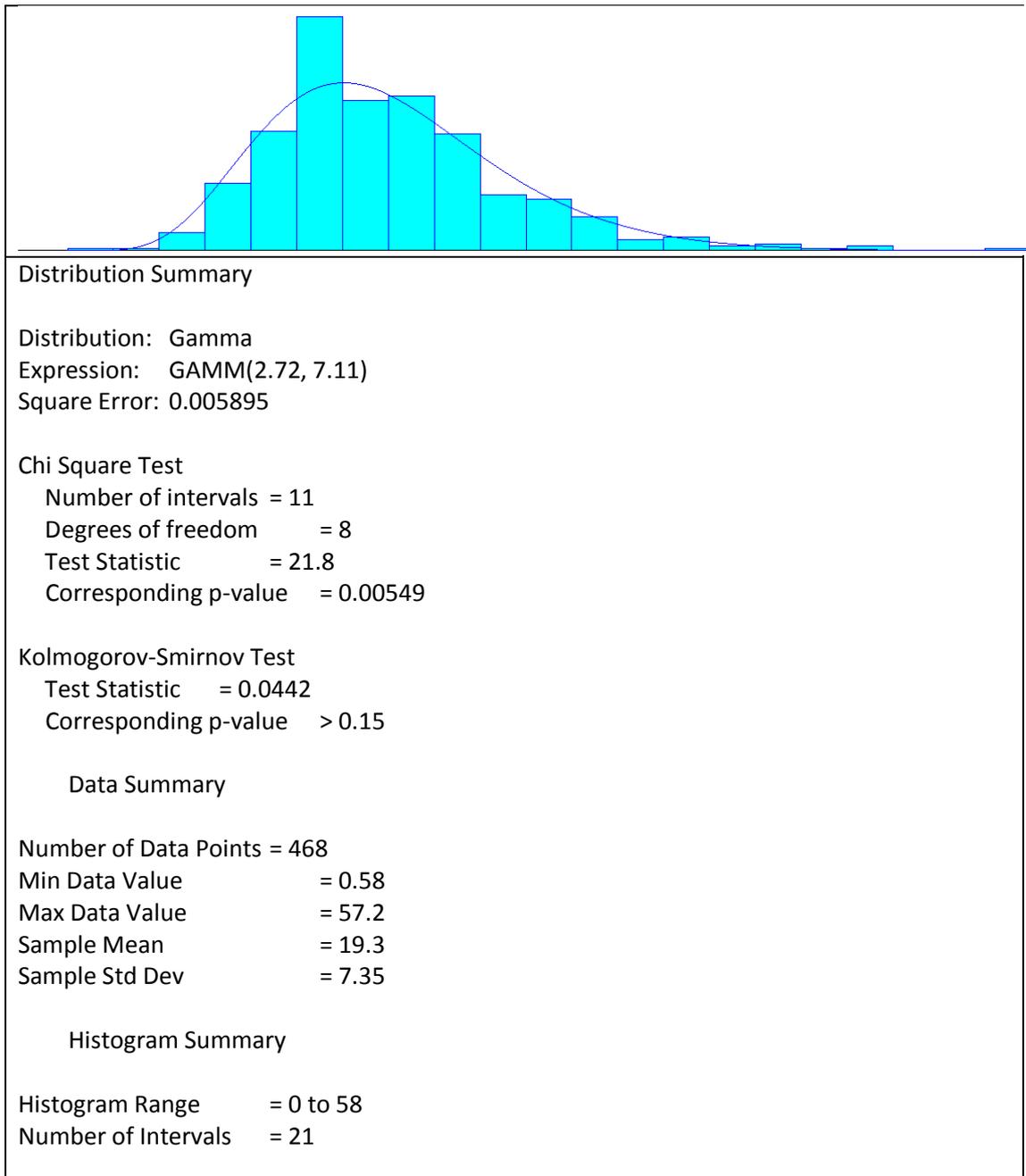
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

38) Data distribusi durasi pemindahan container dari Truck to Vessel



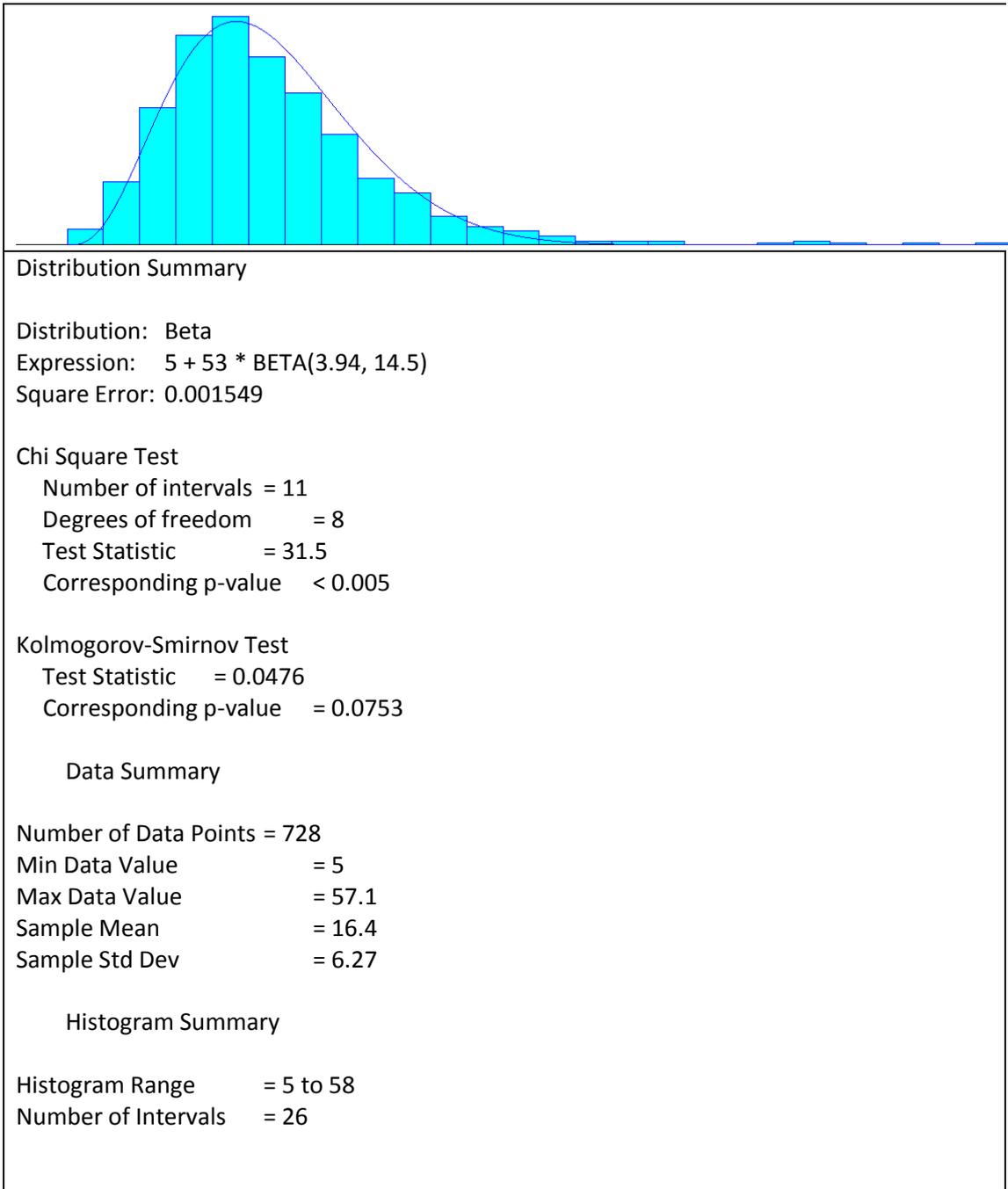
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

39) Data distribusi durasi pemindahan container dari TRUCK(WHARF) TO DOCK



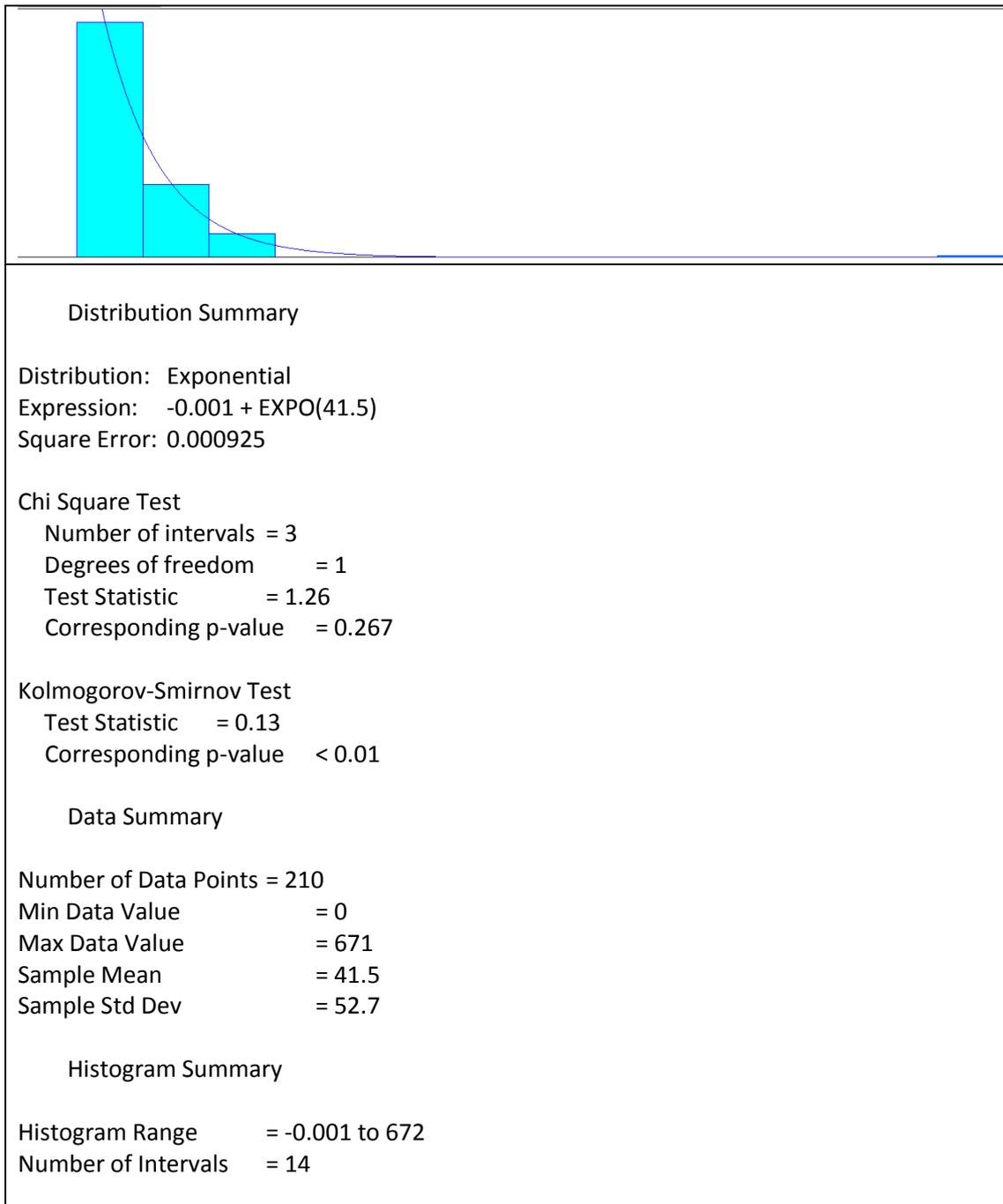
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

40) Data distribusi durasi pemindahan container dari TRUCK(WHARF) TO SC



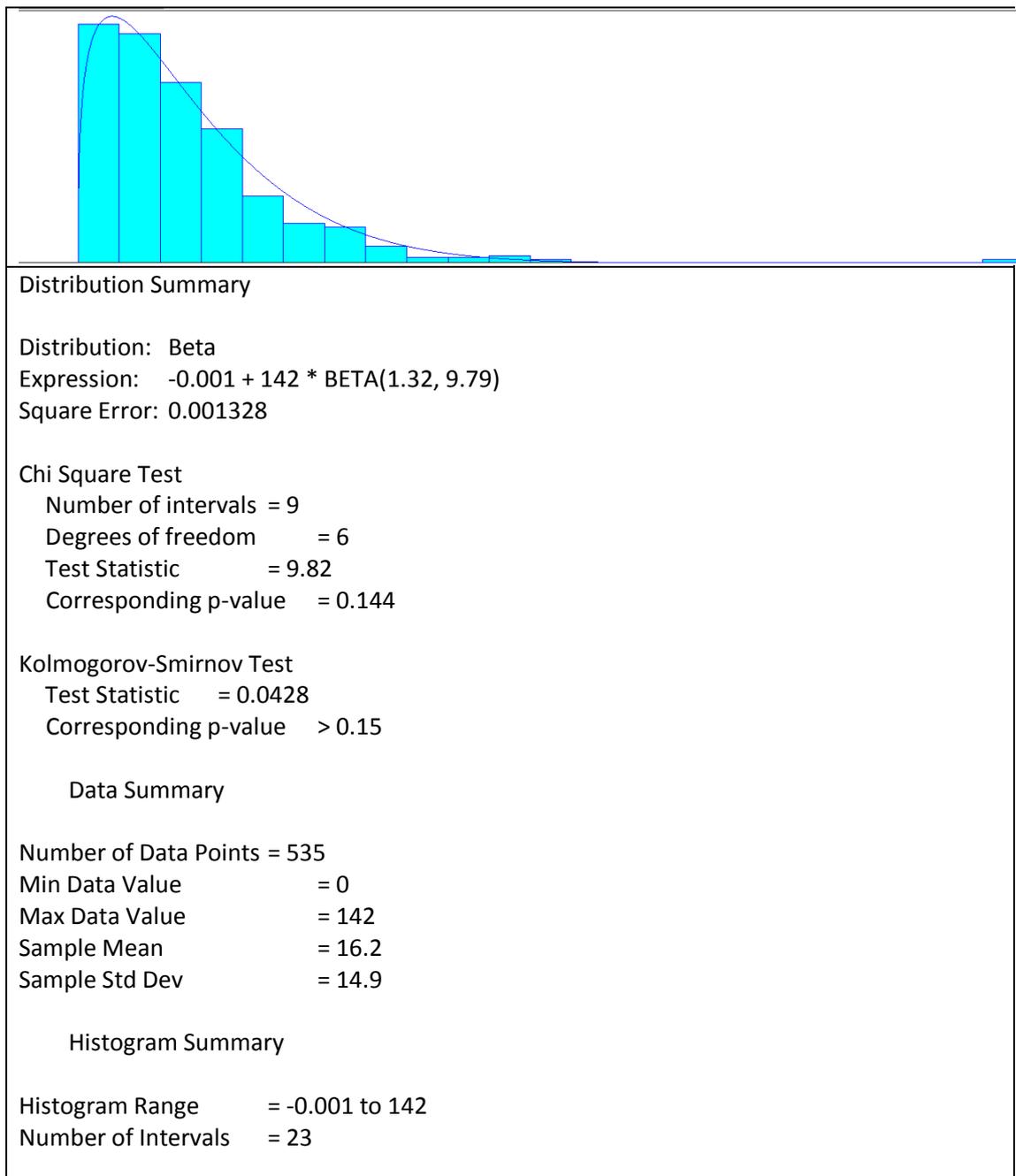
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

41) Data distribusi waktu Kedatangan Kapal Internasional



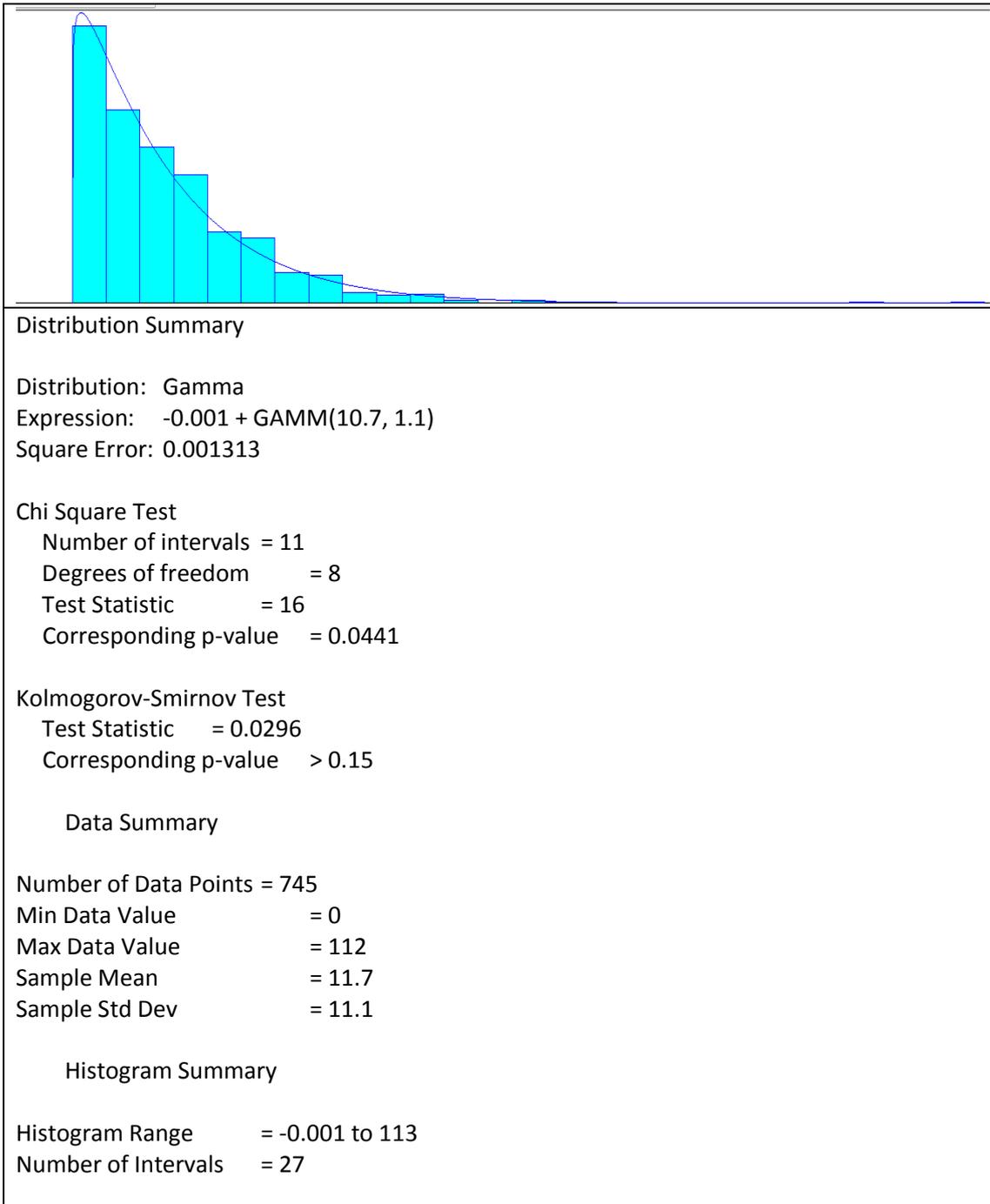
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

42) Data distribusi waktu Kedatangan Kapal Domestik



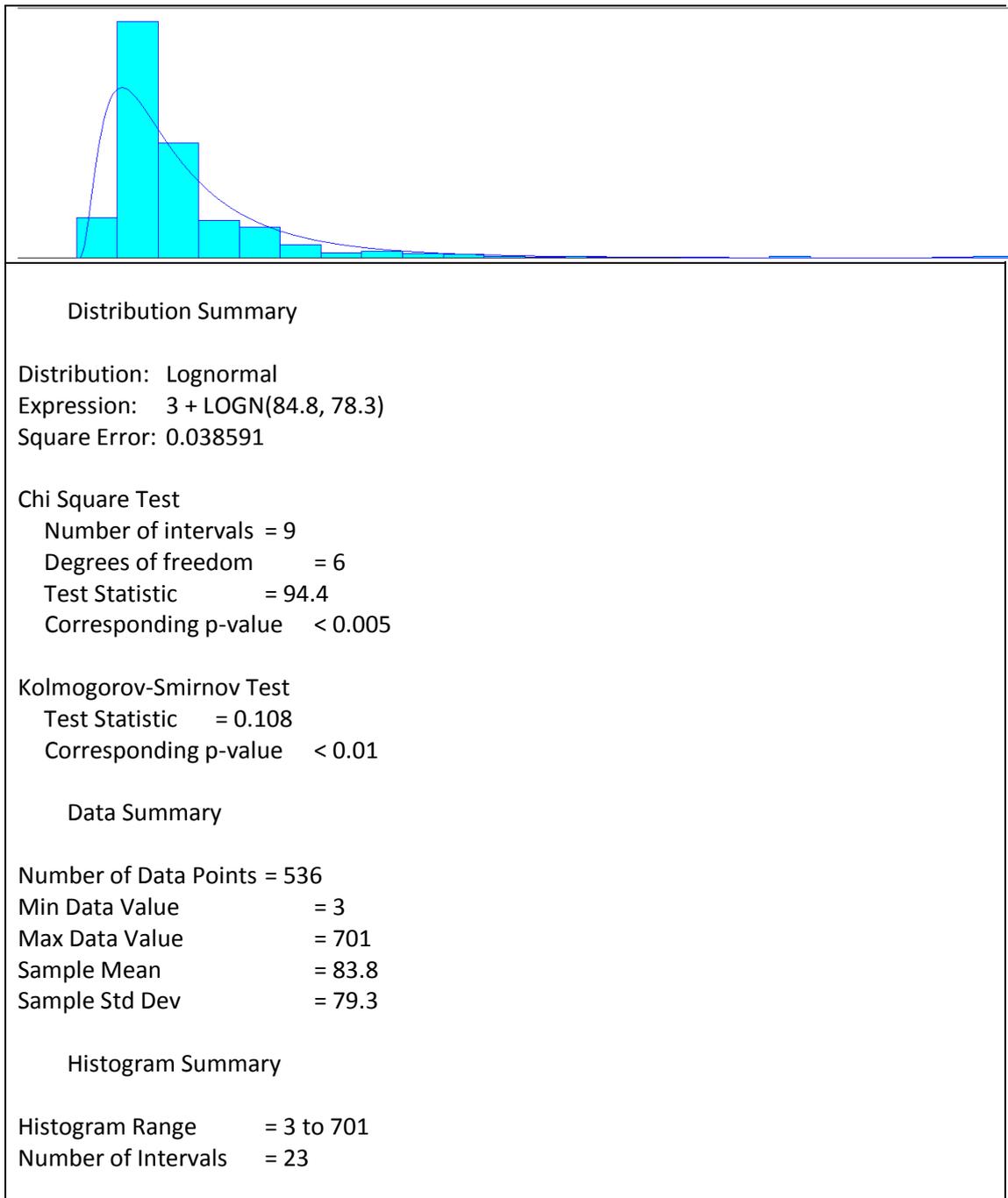
Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

43) Data distribusi Kedatangan Semua Kapal



Lampiran 1. Data Distribusi Kegiatan Terkait Stevedoring

44) Data Distribusi Stevedoring Commence



Lampiran 2. Validasi Sub Model

KEDATANGAN KAPAL

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	11.69789262	11.93855034
Variance	122.25225	134.0985753
Observations	745	745
Pooled Variance	128.1754127	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1488	
t Stat	-0.410261318	
P(T<=t) one-tail	0.340836663	
t Critical one-tail	1.645878307	
P(T<=t) two-tail	0.681673326	
t Critical two-tail	1.961559528	

t hitung	t Stat	-0.410261318
t tabel	t Critical two-tail	1.961559528

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

Waktu Efektif Pelayanan Kapal - Pola 5 CTT

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Waktu Efektif -Riil (jam)</i>	<i>Waktu Efektif -Pola 5 CTT</i>
Mean	18.008375	21.61425
Variance	150.0359961	156.1892728
Observations	80	80
Pooled Variance	153.1126345	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	158	
t Stat	-1.843041646	
P(T<=t) one-tail	0.033598336	
t Critical one-tail	1.654554875	
P(T<=t) two-tail	0.067196672	
t Critical two-tail	1.975092073	

t hitung	t Stat	-1.843041646
t tabel	t Critical two-tail	1.975092073

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

Waktu Efektif Pelayanan Kapal - Pola 6 CTT

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Waktu Efektif -Riil (jam)</i>	<i>Waktu Efektif -Pola 6 CTT</i>
Mean	18.008375	21.687375
Variance	150.0359961	141.605288
Observations	80	80
Pooled Variance	145.820642	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	158	
t Stat	-1.926860529	
P(T<=t) one-tail	0.027895806	
t Critical one-tail	1.654554875	
P(T<=t) two-tail	0.055791612	
t Critical two-tail	1.975092073	

t hitung	t Stat	-1.926860529
t tabel	t Critical two-tail	1.975092073

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

Waktu Efektif Pelayanan Kapal - Pola 7 CTT

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Waktu Efektif -Riil (jam)</i>	<i>Waktu Efektif -Pola 7 CTT</i>
Mean	18.008375	20.421125
Variance	150.0359961	113.096205
Observations	80	80
Pooled Variance	131.5661006	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	158	
t Stat	-1.330363492	
P(T<=t) one-tail	0.092657764	
t Critical one-tail	1.654554875	
P(T<=t) two-tail	0.185315528	
t Critical two-tail	1.975092073	

t hitung	t Stat	-1.330363492
t tabel	t Critical two-tail	1.975092073

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

Waktu Efektif Pelayanan Kapal - Pola 13 CTT
 t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Waktu Efektif -Riil (jam)</i>	<i>Waktu Efektif -Pola 13 CTT</i>
Mean	18.008375	21.323875
Variance	150.0359961	147.1678088
Observations	80	80
Pooled Variance	148.6019025	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	158	
t Stat	-1.720152073	
P(T<=t) one-tail	0.043681362	
t Critical one-tail	1.654554875	
P(T<=t) two-tail	0.087362724	
t Critical two-tail	1.975092073	

t hitung	t Stat	-1.720152073
t tabel	t Critical two-tail	1.975092073

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

Waktu Efektif Pelayanan Kapal - Pola 26 CTT
 t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Waktu Efektif -Riil (jam)</i>	<i>Waktu Efektif -Pola 26 CTT</i>
Mean	18.008375	19.416375
Variance	150.0359961	114.5327854
Observations	80	80
Pooled Variance	132.2843907	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	158	
t Stat	-0.774244894	
P(T<=t) one-tail	0.219971499	
t Critical one-tail	1.654554875	
P(T<=t) two-tail	0.439942998	
t Critical two-tail	1.975092073	

t hitung	t Stat	-0.774244894
t tabel	t Critical two-tail	1.975092073

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

ASC Moving: Stack ke Buffer Area (Diwakili oleh ASC 04W)

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	160.6961218	160.4185949
Variance	572.8952224	404.1405817
Observations	21479	21479
Pooled Variance	488.517902	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	42956	
t Stat	1.301238347	
P(T<=t) one-tail	0.096591931	
t Critical one-tail	1.644889101	
P(T<=t) two-tail	0.193183862	
t Critical two-tail	1.960019212	

t hitung	t Stat	1.301238347
t tabel	t Critical two-tail	1.960019212

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

ASC Moving: Buffer Area ke Stack (diwakili oleh ASC04W)

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	142.6032903	142.534966
Variance	244.3856462	206.3144927
Observations	18661	18661
Pooled Variance	225.3500695	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	37320	
t Stat	0.439641704	
P(T<=t) one-tail	0.330099588	
t Critical one-tail	1.644894458	
P(T<=t) two-tail	0.660199177	
t Critical two-tail	1.960027552	

t hitung	t Stat	0.439641704
t tabel	t Critical two-t:	1.960027552

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

SC Moving: Buffer Area ke CTT

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	1.275811578	1.260851305
Variance	0.064421869	0.031708934
Observations	881	881
Pooled Variance	0.048065401	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1760	
t Stat	1.432175276	
P(T<=t) one-tail	0.076135618	
t Critical one-tail	1.645719864	
P(T<=t) two-tail	0.152271236	
t Critical two-tail	1.961312778	

t hitung	t Stat	1.432175276
t tabel	t Critical two-tail	1.961312778

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

SC Moving: CTT ke Buffer Area

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	1.432727273	1.387011019
Variance	0.69887669	0.171696571
Observations	726	726
Pooled Variance	0.43528663	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1450	
t Stat	1.320189518	
P(T<=t) one-tail	0.093490055	
t Critical one-tail	1.645905178	
P(T<=t) two-tail	0.186980111	
t Critical two-tail	1.961601377	

t hitung	t Stat	1.320189518
t tabel	t Critical two-tail	1.961601377

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

CTT Moving: SC ke Dermaga

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	18.90482955	18.605875
Variance	56.28087688	50.42378444
Observations	880	880
Pooled Variance	53.35233066	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1758	
t Stat	0.858528667	
P(T<=t) one-tail	0.195358823	
t Critical one-tail	1.64572085	
P(T<=t) two-tail	0.390717646	
t Critical two-tail	1.961314313	

t hitung	t Stat	0.858528667
t tabel	t Critical two-tail	1.961314313

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

CTT Moving: Dermaga ke SC

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	16.37447802	16.52825549
Variance	39.25952187	24.07873519
Observations	728	728
Pooled Variance	31.66912853	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1454	
t Stat	-0.52134517	
P(T<=t) one-tail	0.301102867	
t Critical one-tail	1.645902283	
P(T<=t) two-tail	0.602205735	
t Critical two-tail	1.961596869	

t hitung	t Stat	-0.52134517
t tabel	t Critical two-tail	1.961596869

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

KEDATANGAN KAPAL

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>Simulasi</i>
Mean	11.69789262	11.93855034
Variance	122.25225	134.0985753
Observations	745	745
Pooled Variance	128.1754127	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1488	
t Stat	-0.410261318	
P(T<=t) one-tail	0.340836663	
t Critical one-tail	1.645878307	
P(T<=t) two-tail	0.681673326	
t Critical two-tail	1.961559528	

t hitung	t Stat	-0.410261318
t tabel	t Critical two-tail	1.961559528

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

CC UNLOADING (diwakili dari CC04D)

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>RIIL</i>	<i>SIMULASI</i>
Mean	159.6334136	159.2697152
Variance	1485.976364	892.4580382
Observations	24930	24930
Pooled Variance	1189.217201	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	49858	
t Stat	1.177489078	
P(T<=t) one-tail	0.119502987	
t Critical one-tail	1.64488419	
P(T<=t) two-tail	0.239005975	
t Critical two-tail	1.960011566	

t hitung	t Stat	1.177489078
t tabel	t Critical two-tail	1.960011566

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi

Lampiran 2. Validasi Sub Model

STEVEDORING COMMENCE

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Riil</i>	<i>SIMULATION</i>
Mean	84.23463687	85.98743017
Variance	18075.55606	6508.093548
Observations	716	716
Pooled Variance	12291.8248	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1430	
t Stat	-0.2991328	
P(T<=t) one-tail	0.382441094	
t Critical one-tail	1.645919895	
P(T<=t) two-tail	0.764882187	
t Critical two-tail	1.961624297	

t hitung	t Stat	-0.2991328
t tabel	t Critical two-tail	1.961624297

t hitung < t tabel

kesimpulan:

DATA VALID: tidak ada perbedaan data Riil dengan hasil Simulasi