



TUGAS AKHIR - KS184822

ANALISIS RELIABILITAS PADA *HYDRAULIC SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE* DI PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

**ADITA KRISDIYANTORO
NRP 062115 4000 0053**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR - KS184822

ANALISIS RELIABILITAS PADA *HYDRAULIC SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE* DI PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

**ADITA KRISDIYANTORO
NRP 062115 4000 0053**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - KS184822

**RELIABILTY ANALYSIS OF HYDRAULIC ON
SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE IN
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA**

**ADITA KRISDIYANTORO
SN 062115 4000 0053**

**Supervisors :
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS RELIABILITAS PADA *HYDRAULIC SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE* DI PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

TUGAS AKHIR

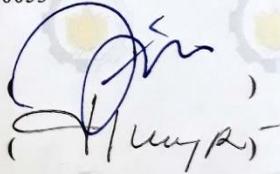
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

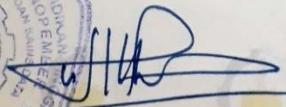
Adita Krisdiyantoro
NRP 062115 4000 0053

Disetujui oleh Pembimbing :

Wibawati, S.Si., M.Si
NIP. 19741213 199802 2 001
Dr. Haryono, M.SIE
NIP. 19520919 197901 1 001



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika



Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALISIS RELIABILITAS PADA *HYDRAULIC SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE* DI PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Nama Mahasiswa : Adita Krisdiyantoro
NRP : 0621 15 4000 0053
Departemen : Statistika-FMKSD-ITS
Dosen Pembimbing : Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE

Abstrak

Potensi ekonomi Indonesia dalam bidang Maritim sangat tinggi termasuk di bidang pelabuhan yaitu terminal bongkar muat barang. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang logistik bongkar muat barang adalah PT. Terminal Petikemas Surabaya yang merupakan sebuah terminal berstandar kelas dunia di bidang kepelabuhanan yang menangani ekspor dan impor petikemas baik domestik maupun internasional. Salah satu mesin utama yang digunakan dalam proses bongkar muat barang adalah Container Crane (CC). Rangkaian Speader System pada CC terdapat beberapa alat dan komponen yang saling mempengaruhi, salah satu alat yang berperan penting dalam menggerakkan Spreader adalah Hydraulic. Pada penelitian ini melakukan penentuan waktu optimum pemeliharaan Hydraulic Speader System pada CC-06 dan CC-09 menggunakan metode Geometric Process (GP). Waktu optimum untuk melakukan preventive maintenance pada Hydraulic Speader System Container Crane 06 adalah saat mengalami kerusakan ke-15 dengan estimasi rata-rata biaya sebesar Rp.1.289.800. Sedangkan waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan pada Container Crane 09 adalah saat mengalami kerusakan ke-30 dengan estimasi rata-rata biaya sebesar Rp. 417.600.

Kata Kunci : *Container Crane, Hydraulic, Maintaenance, Spreader System, Geometric Process*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RELIABILITY ANALYSIS OF HYDRAULIC ON SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE IN PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Name : Adita Krisdiyantoro
Student Number : 0621 15 4000 0053
Department : Statistics-FMKSD-ITS
Supervisors : Wibawati, S.Si.,M.Si
Drs. Haryono, M.SIE

Abstract

Indonesia's economic potential in the maritime field is very high including in the port sector, namely the loading and unloading terminal. One of the companies engaged in logistics of loading and unloading is PT. Surabaya Container Terminal, which is a world-class standard terminal in the port sector that handles the export and import of containers both domestically and internationally. One of the main machines used in the loading and unloading process is Container Crane (CC). Spreader System circuit on CC there are several tools and components that influence each other, one of the tools that plays an important role in moving the Spreader is Hydraulic. In this study, the optimum timing for maintenance Hydraulic Spreader System on CC-06 and CC-09 was determined using the Geometric Process (GP) method. The optimum time to do preventive maintenance on the Hydraulic Spreader System Container Crane 06 is when the 15th failure occurs with an estimated average cost Rp.1.289.800. While the optimum time for preventive maintenance on the Hydraulic Spreader System Container Crane 09 is when the 30th failure occurs with an estimated average cost Rp. 417.600.

Keywords : *Container Crane, Hydraulic, Maintenance, Spreader System, Geometric Process*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS RELIABILITAS PADA *HYDRAULIC SPREADER SYSTEM CONTAINER CRANE* DI PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA**” dengan baik dan sesuai harapan. Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan arahan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu penulis dan keluarga yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan hasil Tugas Akhir ini.
2. Ibu Wibawati, S.Si., M.Si dan Bapak Drs. Haryono, M.SIE, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu dan waktunya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Suhartono, selaku ketua Departemen Statistika FMKSD ITS dan Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si, M.Si selaku Kaprodi S1 Departemen Statistika ITS.
4. Bapak Dr. Drs Agus Suharsono, M.S, Bu Adatul Mukarromah, S.Si., M.Si dan Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si., M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran serta masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Dr. Vita Ratnasari, S.Si., M.Si selaku dosen wali atas segala nasehat dan bimbingan yang berguna selama masa studi.
6. Bapak Bayu Setyadi selaku pembimbing lapangan, Bapak Agus Salim, Bapak Suro Wijoyo, Pak Suluh Tjahjono dan Pak Wiwit yang telah membantu penulis dalam pengambilan data, serta pegawai Departemen Engineering lainnya di PT Terminal Petikemas Surabaya yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Ida Bagus Billy Wiguna dan Anggi Wahyu Puspa yang

memberikan semangat dan dukungan bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir yang selama ini telah berjuang bersama dan saling memberikan semangat.
9. Sahabat-sahabat penulis yang memotivasi dan menghibur penulis sehingga semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik dari segala pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai bentuk pengembangan bagi penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perusahaan yang terkait serta menambah wawasan bagi semua pihak yang membaca.

Surabaya, Juli 2019

Adita Krisdiyantoro

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pemeliharaan (<i>Maintanance</i>).....	9
2.2 Proses Stokastik.....	10
2.2.1 <i>Renewal Process</i>	10
2.2.2 Proses Perbaikan Minimal.....	10
2.3 Proses Poisson	11
2.3.1 <i>Homogeneous Poisson Process (HPP)</i>	11
2.3.2 <i>Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP)</i>	11
2.4 Pemeriksaan Trend	13
2.5 Estimasi Parameter <i>Geometric Process</i>	14
2.6 Pengujian <i>Geometric Process (GP)</i>	14
2.7 Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> dari G_n	15
2.8 Model Pemeliharaan Optimum.....	17
2.9 <i>Container Crane</i>	18
2.10 <i>Spreader and Hydraulic</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21

3.1	Sumber Data	21
3.2	Variabel Penelitian	21
3.3	Langkah Analisis	22
3.4	Diagram Alir	23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Karakteristik Data <i>Hydraulic Spreader System</i>	25
4.2	Pemeriksaan <i>Trend</i>	27
4.3	Estimasi Parameter	28
4.4	Pengujian <i>Geometric Process</i>	30
4.5	Estimasi Rata-rata Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i>	30
4.5.1	Estimasi Rata-rata Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i>	31
4.5.2	Estimasi Rata-rata Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i>	34
4.6	Penentuan Waktu Optimum Kebijakan <i>Preventive Maintenance</i>	36
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN		47
BIODATA PENULIS		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Container Crane</i>	19
Gambar 2. 2	<i>Spreader</i>	20
Gambar 3. 1	Diagram Alir	23
Gambar 4. 1	Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Kumulatif <i>Lifetime</i> (t)	27
Gambar 4. 2	Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Rata-rata Biaya Jangka Panjang $l_1(N)$ <i>Hydraulic Spreader</i> <i>System CC-06</i>	38
Gambar 4. 3	Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Rata-rata Biaya Jangka Panjang $l_1(N)$ <i>Hydraulic Spreader</i> <i>System CC-09</i>	41

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Struktur Data Usia Pakai dan Lama Perbaikan.....	21
Tabel 4. 1	Karakteristik Data <i>Lifetime Hydraulic Spreader System</i>	25
Tabel 4. 2	Karakteristik Data Lama Waktu Perbaikan	26
Tabel 4. 3	Hasil Nilai <i>Laplace</i> pada <i>Hydraulic Spreader System</i>	28
Tabel 4. 4	Estimasi Parameter <i>Lifetime</i> dan Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i>	29
Tabel 4. 5	Statistik Uji Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i>	30
Tabel 4. 6	Estimasi Rata-Rata Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i> G_1	31
Tabel 4. 7	Estimasi Rata-Rata Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i> G_n	32
Tabel 4. 8	Estimasi Rata-Rata Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i> G_1	34
Tabel 4. 9	Estimasi Rata-Rata Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i> G_n	35
Tabel 4. 10	Rata-Rata Biaya Jangka Panjang <i>Hydraulic Spreader System CC-06</i> per Jam	37
Tabel 4. 11	Rata-Rata Biaya Jangka Panjang <i>Hydraulic Spreader System CC-09</i> per Jam	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data <i>Lifetime Hydraulic Spreader System</i>	47
Lampiran 2.	Data Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i>	48
Lampiran 3A.	<i>Syntax Matlab</i> Perhitungan Nilai <i>Laplace</i> Usia Pakai dan Lama Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System CC-06</i>	49
Lampiran 3B.	Perhitungan Nilai <i>Laplace Lifetime</i> dan Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i> di <i>CC-06</i>	50
Lampiran 3C.	<i>Syntax Matlab</i> Perhitungan Nilai <i>Laplace</i> Usia Pakai dan Lama Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System CC-09</i>	51
Lampiran 3D.	Perhitungan Nilai <i>Laplace Lifetime</i> dan Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i> di <i>CC-09</i>	52
Lampiran 4.	<i>Syntax</i> Estimasi Parameter, Pengujian <i>Geometric Process</i> dan Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System</i>	53
Lampiran 5.	<i>Output</i> Estimasi Parameter, Pengujian <i>Geometric Process</i> dan Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System CC-06</i>	56
Lampiran 6.	<i>Output</i> Estimasi Parameter, Pengujian <i>Geometric Process</i> dan Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic Spreader System CC-06</i>	57
Lampiran 7.	<i>Output</i> Estimasi Parameter, Pengujian <i>Geometric Process</i> dan Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System CC-09</i>	58
Lampiran 8.	<i>Output</i> Estimasi Parameter, Pengujian <i>Geometric Process</i> dan Estimasi <i>Mean</i> dan <i>Variance</i> Lama Waktu Perbaikan <i>Hydraulic</i>	

	<i>Spreader System CC-09</i>	58
Lampiran 9A.	<i>Syntax</i> Optimasi Waktu Pemeliharaan (<i>Preventive Maintenance</i>) <i>Hydraulic</i> <i>Spreader System CC-06</i>	49
Lampiran 9B.	<i>Syntax</i> Optimasi Waktu Pemeliharaan (<i>Preventive Maintenance</i>) <i>Hydraulic</i> <i>Spreader System CC-09</i>	60
Lampiran 10A.	<i>Output</i> Optimasi Waktu Pemeliharaan (<i>Preventive Maintenance</i>) <i>Hydraulic</i> <i>Spreader System CC-06</i>	62
Lampiran 10B.	<i>Output</i> Optimasi Waktu Pemeliharaan (<i>Preventive Maintenance</i>) <i>Hydraulic</i> <i>Spreader System CC-09</i>	63
Lampiran 11.	<i>Output</i> Estimasi Rata-Rata usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i> G_n	64
Lampiran 12.	Surat Disposisi Penerimaan Pengambilan Data dan Penelitian	67
Lampiran 13.	Surat Keterangan Pengambilan Data dan Publikasi	68
Lampiran 14.	Surat Pernyataan Pengambilan Data	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki wilayah laut yang luas dan dikenal sebagai Negara bahari. Indonesia termasuk Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) yaitu sekitar 5,8 juta km² atau 75% dari total wilayah di Indonesia. Potensi ekonomi Indonesia yang besar, dapat mendorong bidang industri untuk melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan perekonomian di bidang Maritim termasuk bidang pelabuhan. Pembangunan infrastruktur maritim sangat berguna untuk meningkatkan efisiensi logistik di jalur laut. Hal ini dikarenakan proses logistik di Indonesia melalui jalur darat membutuhkan biaya yang sangat tinggi. Peluang sektor usaha terminal pelabuhan di bidang bongkar muat barang dari dan ke atas kapal di pelabuhan sangat besar dalam meningkatkan perekonomian Negara. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang logistik adalah PT. Terminal Petikemas Surabaya. PT.TPS (Terminal Petikemas Surabaya) merupakan sebuah terminal berstandar kelas dunia di Indonesia, berkomitmen untuk mempertahankan posisi TPS yang unik dan menonjol yaitu sebagai Pintu Gerbang ke Kawasan Indonesia Bagian Timur serta bergerak di bidang kepelabuhanan yang menangani ekspor dan impor petikemas baik domestik maupun internasional. Arus petikemas melalui Terminal Petikemas Surabaya (TPS) tahun 2018 mengalami peningkatan yang sangat signifikan yaitu sebesar 5,67% atau sebanyak 1.464.258 TEUs dibandingkan tahun 2017 (TPS 2019).

Berkembangnya sektor industri di Indonesia yang semakin pesat, meningkatkan persaingan di bidang industri. Salah satunya adalah terminal pelabuhan bongkar muat. Setiap perusahaan berusaha menyediakan layanan bermutu dengan meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya untuk menyediakan layanan terbaik bagi para pelanggan dalam memuat dan membongkar petikemas

tepat waktu dan terjadwal dengan fasilitas yang baik. Selain orang yang melayani, salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah mesin. Mesin merupakan faktor yang penting dalam melayani bongkar muat barang di PT. Terminal Petikemas Surabaya dalam mempercepat proses pelayanan. Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen penting yang mendukung kelancaran mesin, apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen maka mesin tidak dapat beroperasi. Seperti yang diketahui proses bongkar muat barang yang ada di pelabuhan berupa *container - container* dalam ukuran besar yang tidak mungkin diangkat oleh manusia sehingga dalam prosesnya menggunakan beberapa bantuan mesin dalam proses bongkar muat barang dari dermaga ke lapangan penumpukan atau *Container Yard (CY)* hingga keluar atau masuk terminal di PT. Terminal Petikemas Surabaya, diantaranya adalah *Container Crane (CC)*, *Rubber Tyred Gantry (RTG)*, *Head Truck (HT)*, *Reach Sacker (RS)*, *Forklift* dan lain sebagainya. Apabila terjadi kegagalan atau masalah pada mesin – mesin tersebut akan mengganggu dan terhambatnya proses bongkar muat barang atau petikemas, sehingga mesin tersebut harus memiliki kondisi yang baik agar proses berjalan cepat dan tepat waktu. Setiap mesin memiliki peluang terjadinya kegagalan dalam proses bongkar muat barang dan semua mesin merupakan *asset* bagi PT. Terminal Petikemas Surabaya dalam menjalankan proses bisnis. Salah satu mesin utamanya adalah *Container Crane* yang merupakan alat bongkar muat petikemas yang digunakan untuk mengangkat, menurunkan, dan memindahkan barang secara horizontal serta dipasang permanen dipinggir dermaga dengan menggunakan rel sehingga dapat bergeser ke kanan atau kiri. Alat ini berfungsi untuk bongkar muat petikemas dengan jangkauan atau *row* yang cukup jauh. Ada beberapa mesin *Container Crane* di PT. Terminal Petikemas Surabaya yang digunakan dalam melakukan proses bongkar muat barang memiliki kapasitas yang sama. Total keseluruhan mesin *Container Crane* yang ada di PT. Terminal Petikemas Surabaya sebanyak 18 buah, 15 mesin aktif

sedangkan 3 lainnya tidak digunakan karena usia mesin yang sudah tua. Mesin *Container Crane* yang ada merupakan produksi beberapa Negara tetapi memiliki spesifikasi sama, salah satunya adalah IMPSA dari Argentina. Mesin *Container Crane* tersebut digunakan selama 24 jam setiap hari dengan target 25 *container* setiap jamnya, mesin dikatakan berhenti jika sedang dilakukan pemeliharaan atau perbaikan. PT. Terminal Petikemas Surabaya memiliki jadwal pemeliharaan pada *Container Crane* yang digunakan, untuk mesin *Container Crane* dengan usia pakai yang cukup lama dilakukan secara mingguan atau *weekly* sedangkan mesin yang baru dilakukan satu bulan sekali. Lama waktu pemeliharaan yang dilakukan tergantung permasalahan yang ada di lapangan. Pengecekan rutin untuk mendapatkan sertifikasi mesin layak digunakan dalam proses bongkar muat barang juga dilakukan setiap satu tahun sekali oleh pihak lembaga sertifikasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan mesin dan seberapa besar kapasitas yang mampu dikerjakan oleh mesin tersebut. Oleh karena itu, biasanya terdapat pengurangan kapasitas yang diberikan pada mesin apabila kondisi mesin sudah tidak baik. Tujuan dari pemeliharaan adalah meminimalisir adanya kerusakan *Container Crane*. Perusahaan terus menerus mengembangkan waktu pemeliharaan yang optimum sehingga *Container Crane* tersebut selalu *available*.

Ada beberapa sistem yang diperhatikan dalam perawatan *Container Crane*, diantaranya adalah *Boom System*, *Control ON System*, *Control System*, *Gantry System*, *Hoist System*, *Spreader System*, *TLS System*, *Trolley System*, *Flood Light System*, dan *Mainlift System*. Sistem yang sering mengalami kerusakan adalah *Spreader System*. Sistem ini memiliki tingkat kerusakan yang cukup tinggi karena sering mengalami benturan dengan *container* saat peletakan. Dalam rangkaian *Spreader System* terdapat beberapa alat dan komponen yang saling mempengaruhi, salah satu alat yang berperan penting dalam menggerakkan *Spreader* adalah *Hydraulic*. Alat ini sebagai penggerak beberapa komponen dalam *Spreader System* yang berfungsi memanjang

dan memendek menyesuaikan dengan ukuran *box container* yang akan diangkat oleh *Spreader*, karena dalam satu kapal yang dilakukan bongkar muat memiliki ukuran *box* yang berbeda - beda. Apabila *Hydraulic* dalam sistem terganggu atau mengalami kerusakan maka *Spreader* tidak dapat mengangkat petikemas sehingga *Container Crane* tersebut tidak dapat beroperasi. Oleh karena itu, perlu adanya pemeliharaan untuk menjaga keandalan mesin agar bekerja dengan baik. Mesin merupakan peralatan yang seiring dengan bertambahnya waktu akan mengalami laju kerusakan dan menyebabkan keandalan mesin akan menurun. Mesin yang baik adalah mesin yang menghasilkan *output* maksimal, tetapi memiliki frekuensi kerusakan minimal. Kerusakan yang terjadi pada suatu mesin dapat menimbulkan terhentinya proses, dalam hal ini yaitu proses bongkar muat barang. Apabila sistem berupa rangkaian seri atau tidak memiliki mesin cadangan maka mengakibatkan perusahaan mengalami *loss production* dan kerugian yang tidak dapat diprediksi jumlahnya. Mesin memiliki kemungkinan mengalami kegagalan dalam proses bongkar muat, apabila kegagalan tersebut terjadi berulang maka menyebabkan laju kerusakan mesin juga meningkat. Sedangkan ketepatan waktu dalam bongkar muat barang sangatlah penting dan supaya tidak terjadi penumpukan. Sehingga perusahaan perlu menerapkan salah satu ilmu Statistika di bidang industri yaitu mengenai *maintenance* agar *asset* yang digunakan dalam operasi bongkar muat dapat berfungsi dengan baik.

Maintenance atau pemeliharaan adalah semua kegiatan yang dibutuhkan untuk mempertahankan suatu mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi beroperasi dengan baik, apabila terjadi kerusakan maka diusahakan agar mesin atau peralatan tersebut dapat kembali beroperasi dalam kondisi baik. Dengan adanya proses *maintenance* diharapkan dapat meminimalisir kerugian waktu proses bongkar muat yang hilang (*downtime*). Salah satu metode yang digunakan dalam *maintenance* adalah analisis reliabilitas. Analisis reliabilitas

adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui peluang suatu mesin untuk bekerja dengan sebagaimana mestinya pada waktu dan kondisi tertentu. Menurut Ebeling, *reliability* atau keandalan merupakan peluang sebuah komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan. Reliabilitas meneliti mengenai keandalan dari sebuah mesin yang digunakan untuk mengetahui umur (*life time*) dari suatu mesin sehingga diketahui waktu mesin tersebut untuk dilakukan sebuah perawatan. Komponen – komponen penting yang diamati dalam analisis reliabilitas diantaranya adalah laju kerusakan, *Mean Time to Failure*, dan fungsi reliabilitas.

Penelitian menggunakan analisis reliabilitas sudah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan berbagai macam metode mengenai reliabilitas. Anisa melakukan penelitian mengenai optimasi penentuan waktu pemeliharaan di PT. X menggunakan metode *Geometric Process* yang menghasilkan kesimpulan bahwa waktu pemeliharaan (*preventive maintenance*) optimum mesin Boiler dengan biaya minimum dilakukan pada saat kerusakan ke-6 dengan estimasi biaya Rp. 6.301.382 (Fadilah 2018). Penelitian lain mengenai penentuan waktu optimum *preventive maintenance* pada mesin Pellet Mill di PT Japfa Comfeed Indonesia, Tbk menggunakan metode *geometric process* yang menghasilkan kesimpulan bahwa waktu optimum pemeliharaan adalah pada kerusakan ke-8 dengan estimasi rata-rata biaya jangka panjang sebesar Rp. 3.812.096 perjam untuk mesin *Pellet Mill* 5.12. Sedangkan untuk mesin *Pellet Mill* 8.12 pada kerusakan ke-7 dengan estimasi rata-rata jangka panjang Rp. 7.344.398 (Raudina 2018). Dan beberapa referensi lainnya.

PT. Terminal Petikemas Surabaya memiliki laju kerusakan dan lama perbaikan *Container Crane* yang mengalami fluktuasi. Sehingga pada penelitian ini, akan menggunakan ilmu dalam Statistika yaitu analisis reliabilitas penentuan waktu optimum pemeliharaan alat *Hydraulic Spreader System Container Crane* (CC) pada CC-06 dan CC-09 menggunakan metode

Geometric Process (GP). Alasan memilih kedua *CC* tersebut dikarenakan pada kenyataan sesuai data sering mengalami kerusakan di *Hydraulic Spreader System* dan merupakan sistem yang bersifat *repairable*. Selain digunakan pada sistem yang memiliki laju kerusakan yang naik maupun turun, metode *Geometric Process* juga digunakan pada sistem *repairable* dan *nonrepairable*. Pada metode ini, sistem yang telah dilakukan perbaikan maka akan dianggap memiliki kinerja dan keandalan yang menurun. Menurut Lam (1992) dalam Leung & Fong (2000) pendekatan dengan *Geometric Process* lebih relevan dan realistis untuk memodelkan permasalahan penurunan kinerja mesin setelah dilakukan perbaikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, bahwa *Container Crane* merupakan salah satu mesin utama yang digunakan dalam proses bongkar muat barang di PT. Terminal Petikemas Surabaya. Sistem yang sering mengalami kerusakan pada *Container Crane* adalah *Spreader System*, salah satunya adalah *Hydraulic*. Proses bongkar muat barang akan terhambat dan terlambat apabila mesin tidak berfungsi dengan baik, sehingga akan menyebabkan kemunduran jadwal bongkar muat dan terjadi penumpukan barang maupun kapal di dermaga yang akan melakukan bongkar muat. PT. Terminal Petikemas Surabaya melakukan pengecekan rutin yang terbagi kedalam mingguan atau bulan. Sertifikasi *Container Crane* dilakukan setiap satu tahun sekali untuk mengetahui kelayakan mesin dalam proses bongkar muat barang. Saat ini PT. Terminal Petikemas Surabaya sedang menganalisis dan mengembangkan mengenai *maintenance* pada mesin – mesin yang digunakan di lingkungan PT. Terminal Petikemas Surabaya untuk meningkatkan *reliability* dan *availability*. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis reliabilitas menggunakan metode *Geometric Process* (GP) pada *Hydraulic Spreader System* di *Container Crane*. Selanjutnya, membandingkan hasil analisis yang diperoleh dengan kebijakan perusahaan sebelumnya dan diharapkan dapat memberikan pe-

ngaruh besar terhadap peningkatan *performance* atau kinerja *Container Crane*, sehingga dari penelitian ini dapat diperoleh hasil penentuan waktu optimum pemeliharaan mesin yang lebih efektif dan efisien dengan biaya minimum dalam meningkatkan *reliability* dan *availability Container Crane*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah melakukan evaluasi dalam meningkatkan keandalan mesin dan menentukan waktu dan biaya optimum pemeliharaan *Container Crane* pada proses bongkar muat barang di PT. Terminal Petikemas Surabaya. Khususnya pada *Hydraulic Spreader System* dengan menggunakan metode *Geometric Process (GP)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini diantaranya adalah hasil penelitian dan saran – saran yang diperoleh dapat memberikan masukan bagi perusahaan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan penentuan waktu optimum pemeliharaan *Hydraulic Spreader System* pada *Container Crane* di PT. Terminal Petikemas Surabaya untuk meningkatkan *performance* sistem secara keseluruhan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fokus pada pemeliharaan *Container Crane 06* dan *09* di PT. Terminal Petikemas Surabaya. Terutama pada alat *Hydraulic* di *Spreader System*. Data yang diambil hanya dari *software* terbaru yang digunakan di PT. Terminal Petikemas Surabaya. Alasan memilih *Container Crane 06* dan *09* dikarenakan peralatan berat tersebut memiliki intensitas kerusakan pada *Hydraulic* yang tinggi. Selain itu, *Hydraulic Spreader System* merupakan penggerak utama yang ada di *Spreader* untuk menyesuaikan ukuran *box* yang akan diangkat. *Container Crane 06* dan *09* juga digunakan dalam proses bongkar muat di dermaga internasional sehingga memiliki intensitas yang tinggi dalam jam operasionalnya, hal ini

dikarenakan lebih dari 90% kegiatan operasionalnya adalah bongkar muat di dermaga internasional. Penentuan waktu kebijakan optimum terkait *cost* berdasarkan *overhaul* keseluruhan yang dikeluarkan perusahaan tiap setnya. Selain itu, ukuran *box container* dianggap statis sehingga tidak random dalam proses bongkar muat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemeliharaan (*Maintanance*)

Secara umum kata pemeliharaan identik dengan pekerjaan memperbaiki, membongkar, atau memeriksa mesin secara seksama dan menyeluruh (MRO – *Maintenance, Repair, and Overhaul*). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, *maintainability* atau pemeliharaan diartikan sebagai harta kekayaan. Pada industri manufaktur, harta kekayaan adalah alat yang digunakan dalam proses produksi atau segala hal *operation* yang ada di perusahaan agar tahan lama dan tetap dalam kondisi baik. Menurut Hamsi Alfian, ada beberapa hal penting dalam penerapan strategi pemeliharaan. Diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Frekuensi kerusakan dan pengeluaran biaya untuk perbaikan termasuk upah.
2. Item – item yang dipilih harus benar – benar penting dan dapat berakibat fatal untuk keseluruhan pabrik tersebut jika bermasalah ketika sedang beroperasi.
3. Penaksiran biaya – biaya pemeliharaan.
4. Melakukan pekerjaan sebanyak mungkin pada saat pembongkaran pabrik tahunan (*overhaul*) dan efektifitas kerja dari para mekanik harus tinggi selama dilakukannya pembongkaran pabrik tahunan tersebut.
5. Meramalkan kerusakan – kerusakan yang akan terjadi.
6. Data yang dikumpul dari pabrik secara harian, periodik, tahunan merupakan dasar informasi untuk *system* pemeliharaan yang baik.
7. Pengawasan pekerjaan pemeliharaan harus merupakan suatu pekerjaan yang terintegrasi. Sehingga perlu dibuat suatu jadwal pemeliharaan untuk setiap mesin dan komponen.

Pada dasarnya tidak ada mesin yang mampu beroperasi secara terus menerus, tetapi mampu bertahan atau bekerja sesuai dengan standar operasional yang telah ditetapkan. Jika

pemeliharaan tidak terjadwal dan diatur secara baik, maka pemeliharaan dapat menimbulkan biaya dan kerugian yang besar bagi perusahaan (Hingpins, 2002).Kebutuhan pemeliharaan didasarkan pada *history* data dan prediksi *failure* yang terjadi.

2.2 Proses Stokastik

Random variabel dengan $N(t)$ adalah jumlah kejadian yang muncul dari sebuah ke-gagalan pada interval waktu $(0, t)$. Proses dari $\{N(t), t \geq 0\}$ merupakan sebuah proses stokastik yang memiliki realisasi berupa proses menghitung atau *counting process*, digunakan untuk mengetahui hubungan dari suatu runtutan peristiwa atau proses kejadian yang bersifat tidak pasti (Hoyland & Rausand, 1994).

2.2.1 *Renewal Process*

Renewal Process merupakan proses yang apabila suatu komponen rusak, maka komponen tersebut akan dikembalikan kepada kondisi seperti komponen yang baru (*as good as new condition*) setelah mengalami perbaikan (Hoyland & Rausand, 1994). Ada dua jenis komponen yaitu *repairable* dan *non repairable*. *Repairable System* adalah sebuah komponen dimana ketika terjadi sebuah kerusakan maka komponen tersebut dapat diperbaiki dengan beberapa proses perbaikan selain penggantian pada seluruh sitem. *Non Repairable System* adalah sebuah komponen yang apabila mengalami kerusakan maka komponen tersebut harus diganti yang baru, jika diperbaiki kemungkinan membutuhkan biaya perbaikan yang mahal.

2.2.2 Proses Perbaikan Minimal

Proses perbaikan minimal merupakan salah satu istilah dari *preventive maintenance* yang memiliki arti bahwa sitem yang mengalami *failure* akan berfungsi kembali setelah perbaikan dilakukan dengan kondisi dan usia efektif yang sama seperti *failure* yang terakhir. Perbaikan minimal mengasumsikan bahwa waktu perbaikan dianggap sangat minimum dan untuk memperoleh model yang fleksibel dari suatu sistem *failure* yang akan

diperbaiki dalam perbaikan yang minimal. Sehingga hanya sebagian kecil dari unsur – unsur sistem yang diganti pada proses perbaikan. Hal ini mengkondisikan sistem sama seperti sebelum mengalami kerusakan (Rigdon & Basu, 2000).

2.3 Proses Poisson

Proses Poisson, apabila sebuah komponen memiliki tingkat kerusakan konstan (λ) atau rusak secara tiba-tiba maka secara langsung diperbaiki atau diganti ketika mengalami kerusakan. N merupakan jumlah kejadian yang muncul dari sebuah kegagalan pada interval waktu $(0, t)$ (Rigdon & Basu, 2000). Proses Poisson dibagi menjadi dua yaitu proses poisson homogen dan proses poisson nonhomogen. Probabilitas jumlah kerusakan yang memiliki distribusi Poisson adalah sebagai berikut.

$$p(x) = P(N = n) = \frac{e^{-\lambda} (\lambda)^n}{n!} \quad (2.1)$$

dengan

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

λ = nilai rata-rata dan variansi dari jumlah kerusakan suatu sistem.

2.3.1 Homogeneous Poisson Process (HPP)

Proses Poisson Homogen merupakan proses Poisson dengan laju kerusakan yang bersifat independen dan berdistribusi eksponensial dengan parameter λ , ($\lambda > 0$). Laju kerusakan pada HPP bersifat konstan. Probabilitas jumlah kerusakan pada waktu t pada HPP adalah sebagai berikut (Hoyland & Rausand, 1994).

$$P[N(t) = n] = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

2.3.2 Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP)

Proses Poisson Non Homogen adalah proses Poisson dengan fungsi intensitas tidak konstan, laju kerusakan

dipengaruhi oleh waktu. NHPP dapat diaplikasikan pada sistem dengan laju kerusakan yang menurun atau meningkat (Rigdon & Basu, 2000). NHPP menggambarkan proses kerusakan komponen suatu sistem yang memiliki pola tertentu dengan jumlah kumulatif hingga waktu t adalah $N(t)$. Proses hitung dari $\{N(t), t \geq 0\}$ dengan fungsi intensitas sebesar $w(t)$ untuk $t \geq 0$ dikatakan memiliki proses Poisson dengan memenuhi syarat sebagai berikut.

1. $N(0) = 0$
2. $\{N(t), t \geq 0\}$ dikatakan *independent increments*.
3. $P(N(t + \Delta t) - N(t) \geq 2) = 0(\Delta t)$, tidak akan terjadi lebih dari satu kejadian terhadap satu kegagalan di waktu yang sama.
4. $P(N(t + \Delta t) - N(t) = 1) = w(t)\Delta t + 0(\Delta t)$

Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP) dapat juga disebut dengan *Weibull process*, karena *Rate of Occurance of Failure* (ROCOF) memiliki fungsi *failure rate* yang sama dengan distribusi *Weibull* dengan parameter *shape* (β) dan parameter *scale* (λ). *Cumulative intensity* dari NHPP adalah sebagai berikut (Hoyland & Rausand, 1994).

$$W(t) = \int_0^t w(t) dt, \quad (2.3)$$

dalam menentukan probabilitas jumlah kegagalan pada interval waktu $[t_1, t_2]$ maka menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P[N(t_2) - N(t_1) = n] \\ = \frac{[W(t_2) - W(t_1)]^n}{n!} e^{-[W(t_2) - W(t_1)]}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

untuk $n = 0, 1, 2, \dots$ dengan rata-rata jumlah kegagalan pada interval $[t_1, t_2]$ adalah sebagai berikut.

$$E(N(t_2) - N(t_1)) = W(t_2) - W(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} w(t) dt \quad (2.5)$$

2.4 Pemeriksaan Trend

Pemeriksaan *trend* data berguna untuk mengetahui laju kerusakan naik atau turun. Apabila laju kerusakan menurun berarti bahwa keandalan sistem meningkat seiring berjalannya waktu. Sedangkan jika laju kerusakan meningkat, hal ini menunjukkan bahwa kendalan sistem menurun seiring berjalannya waktu. Salah satu cara yang digunakan untuk melihat naik turunnya laju kerusakan dalam sebuah sistem adalah dengan menggunakan nilai *Laplace*. Statistik uji nilai *Laplace* untuk *time truncated data* adalah sebagai berikut.

$$L = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{N_k} t_{i,k}}{N_k} - \frac{T_k}{2} \right)}{\left(T_k \sqrt{\frac{1}{12N_k}} \right)}, \quad (2.6)$$

dengan

L = nilai *Laplace* (pendekatan distribusi normal standar)

$t_{i,k}$ = waktu kerusakan berdasarkan (*lifetime* atau lama waktu perbaikan) ke- i pada sistem ke- k . Pada struktur data *lifetime* dinotasikan x dan y untuk lama perbaikan.

T_k = *time truncated* yang telah ditentukan pada sistem ke- k

N_k = banyaknya kerusakan yang terjadi pada sistem ke- k

Apabila nilai $L > 0$ maka data set kerusakan $\{t_{i,k}; i=1, 2, \dots, N_k\}$ menunjukkan adanya *trend* naik. Jika nilai $L < 0$ maka data set kerusakan $\{t_{i,k}; i=1, 2, \dots, N_k\}$ menunjukkan adanya *trend* turun.

2.5 Estimasi Parameter *Geometric Process*

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi parameter adalah *Ordinary Least Square*. Persamaan regresi linier sederhana yang dapat digunakan adalah sebagai berikut.

$$\ln G_n = -(n-1) \ln r + \alpha + e_n, \quad (2.7)$$

dengan

$$n = 1, 2, \dots, N$$

e_n = variabel random dari bentuk eror yang menjelaskan pengaruh variabel dependen $\ln G_n$ dengan mean 0 dan varians σ_e^2 untuk $n = 1, 2, \dots, N$

Estimasi parameter $\ln r, \alpha$, dan σ_e^2 diperoleh menggunakan teknik regresi linier sederhana, dengan formulasi estimasi titik menggunakan metode *Ordinary Least Square* (Lam, 1992) sebagai berikut.

$$\ln \hat{r} = \frac{6}{(N-1)N(N+1)} \left[(N-1) \sum_{n=1}^N G_n - 2 \sum_{n=1}^N (n-1) \ln G_n \right] \quad (2.8)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{n=1}^N \ln G_n}{N} + \left(\frac{N-1}{2} \right) \ln \hat{r} \quad (2.9)$$

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{N-2} \left\{ \sum_{n=1}^N (\ln G_n)^2 - \frac{\left(\sum_{n=1}^N \ln G_n \right)^2}{N} - \ln \hat{r} \left[\left(\frac{N-1}{2} \right) \sum_{n=1}^N \ln G_n - \sum_{n=1}^N (n-1) \ln G_n \right] \right\} \quad (2.10)$$

2.6 Pengujian *Geometric Process* (GP)

Pengujian *Geometric Process* digunakan untuk mengetahui data berasal dari *Geometric Process* atau tidak.

Geometric Process merupakan sebuah proses dimana kenaikan kejadian tersebut proposional terhadap waktu sebelumnya dan lajunya bersifat *non-linear* sehingga membentuk pola polinomial. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian *Geometric Process* adalah sebagai berikut (Leung&Fong, 2000)

$H_0 : r = 1$ (rasio keandalan sama dengan 1 atau bukan *geometric process*)

$H_1 : r \neq 1$ (rasio keandalan tidak sama dengan 1 atau *geometric process*)

Statistik Uji:

$$t = \frac{-\ln \hat{r} \sqrt{(N-1)N(N+1)}}{\hat{\sigma}_e \sqrt{12}} \quad (2.11)$$

t memiliki distribusi *student-t* dengan derajat bebas $(N-2)$. Keputusan tolak H_0 jika $|t| > t_{tabel(N-2);0,025}$ dengan taraf signifikansi 5%. Artinya, data set $\{G_1, G_2, \dots, G_N\}$ berasal dari *Geometric Process*.

2.7 Estimasi Mean dan Variance dari G_n

Langkah pertama dalam mengestimasi *mean* dan *variance* dari G_n dilakukan dengan menggunakan estimasi yang sesuai dengan nilai r yang diperoleh. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Lam, 1992).

- a. Jika rasio $r > 1$ maka estimasi *mean* dan *variance* dari G_1 adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{(1 - \hat{r}^{-1}) \sum_{n=1}^N G_n}{1 - \hat{r}^{-N}}, \quad (2.12)$$

dan

$$\hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (\hat{r}^{n-1} G_n)^2 - \frac{\left(\sum_{n=1}^N \hat{r}^{n-1} G_n \right)^2}{N}}{N-1} \quad (2.13)$$

- b. Jika rasio $0 < r < 1$ maka estimasi *mean* dari G_1 adalah sebagai berikut.

$$2\hat{\mu}_{G_1} \ln \mu_{G_1} - 2\hat{\alpha}\hat{\mu}_{G_1}^2 - \sigma_{G_1}^2 = 0, \quad (2.14)$$

dimana $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\sigma}_{G_1}^2$ dihitung masing-masing berdasarkan persamaan (7) dan (11).

- c. Jika $r = 1$ maka estimasi *mean* dan *variance* dari G_1 adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{\sum_{n=1}^N G_n}{N}, \quad (2.15)$$

dan

$$\hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (G_n - \hat{\mu}_{G_1})^2}{N-1} \quad (2.16)$$

Kedua, estimasi *mean* dan *variance* dari G_n untuk $n = 2, 3, \dots, N$ dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_n} = \frac{\hat{\mu}_{G_1}}{\hat{r}^{n-1}} \quad \text{dan} \quad \hat{\sigma}_{G_n}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_1}^2}{\hat{r}^{2(n-1)}} \quad (2.17)$$

2.8 Model Pemeliharaan Optimum

Salah satu cara pemeliharaan adalah dengan melakukan penggantian komponen. Jika G_n adalah waktu antara penggantian ke $(n-1)$ dan penggantian ke- n dengan $G_0 = 0$, maka $\{G_n, n = 1, 2, \dots\}$ membentuk *renewal process*. Berikut ini merupakan penerapan hasil yang telah diketahui dari teori *renewal process* (Ross, 1970).

$$l(N) = \frac{c_f \mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + c_R - w \mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{w \mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + d_R}, \quad (2.18)$$

dengan

$l(N)$ = Biaya rata-rata jangka panjang per satuan waktu, fungsi dari jumlah kerusakan N

N = 1, 2, ...

c_f = Biaya rata-rata perbaikan

c_R = Biaya rata-rata penggantian

a = Parameter *Geometric Process* umur mesin

b = Parameter *Geometric Process* lama waktu perbaikan

w = Pendapatan rata-rata dari kerja mesin per hari

d_R = Rata-rata lama waktu perbaikan

μ_{X_1} = Rata – rata umur mesin setelah kerusakan pertama

μ_{Y_1} = Rata – rata lama waktu perbaikan setelah kerusakan ke-1

Waktu penggantian komponen yang telah rusak dan sistem *repairable* biasanya bersifat stokastik. Oleh karena itu tidak perlu mempertimbangkan usia pakai komponen yang digunakan, sehingga akan membentuk *renewal process*. Waktu penggantian diasumsikan diabaikan untuk mempermudah perhitungan. Persamaan rata-rata biaya jangka panjangnya menjadi sebagai berikut

($w = 1$ dan $d_R = 0$).

$$l_1(N) = \frac{c_f \mu_Y \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + c_R - \mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{\mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_Y \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}} \quad (2.19)$$

Kebijakan waktu optimal penggantian komponen ditentukan dengan meminimalkan $l_1(N)$ terhadap N . Langkah-langkah menentukan kebijakan waktu optimum penggantian adalah sebagai berikut.

1. Menghitung rata-rata biaya jangka panjang $l_1(N)$ untuk $N = 1, 2, 3, \dots$ menggunakan persamaan (2.17).
2. Melakukan plot rata-rata biaya jangka panjang $l_1(N)$ terhadap N , selanjutnya akan diperoleh waktu penggantian optimum yang ditunjukkan oleh titik minimum pada kurva.

2.9 Container Crane

Container Crane (CC) merupakan alat bongkar muat *container* yang dipasang permanen dipinggir dermaga dengan menggunakan rel sehingga dapat bergeser ke kanan atau kiri. Alat ini berfungsi untuk bongkar muat *container* dengan jangkauan atau *row* yang cukup jauh. Pada CC terdapat *spreader* yang digunakan sebagai pengangkat petikemas, memiliki mekanisme penguncian di setiap sudut yang menempel pada keempat sudutnya (Anonim, 2018). Ada beberapa bagian utama dari *Container Crane* diantaranya adalah *Machinery House*, *Boom*, *Spreader*, dan *Operator Cab's*. *Machinery House* merupakan tempat pemasangan motor – motor listrik utama yang menggerakkan *Container Crane* dan semua peralatan penunjang lainnya. *Boom* berfungsi untuk memperpanjang jangkauan *Container Crane* ke arah laut. Sedangkan *Spreader* berguna untuk mengangkat petikemas dari truk ke kapal maupun sebaliknya serta ukurannya dapat menyesuaikan dengan panjang

petikemas yang akan diangkat. Selain itu juga terdapat *Operator Cab's* sebagai tempat operator *Container Crane* bekerja, kabin ini bergerak bersama *trolley* sehingga operator dapat melihat posisi *Spreader* terhadap petikemas (Saragi, 2012).



Gambar 2. 1 *Container Crane*
Sumber: (TPS 2019)

2.10 *Spreader and Hydraulic*

Spreader merupakan salah satu komponen pada *Container Crane* yang berfungsi untuk menempelkan dan mengunci kontainer yang akan dipindahkan ke tempat lain. Sedangkan *Hydraulic* merupakan penggerak (*actuator*) dengan media oli hidrolis bertekanan tinggi yang berguna untuk mengangkat beban berat sesuai hukum Pascal. *Hydraulic* berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan *boom*, menggulung *wire rope*, berputar menggunakan sistem jalur hidrolis. Bagian utama *Hydarulic* diantaranya *Oil Tank*, *Motor Pump* atau *Hydraulic Pump*, *Solenoid Valve*, dan *Actuator*. *Hydraulic* pada

spreader berfungsi untuk mengubah fleksibilitas *Spreader* untuk mengangkat *container* sesuai dengan ukurannya.



Gambar 2. 2 *Spreader*
Sumber: (TPS 2019)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder pencatatan *equipment performance* mengenai *Container Crane* yang dilakukan oleh *Enginnering Department* di PT. Terminal Petikemas Surabaya. Data yang digunakan adalah data yang ada pada *software* terbaru yaitu *MAXIMO* dengan data yang tersedia pada tahun 2017 hingga 2018.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah usia pakai (*lifetime*) dan lama perbaikan mesin. Hal ini dikarenakan komponen *Hydraulic* merupakan *repairable system*, sehingga apabila terjadi kerusakan akan diperbaiki. Usia pakai dihitung dari mesin tersebut beroperasi hingga berhenti beroperasi akibat mendapatkan perbaikan atau pemeliharaan. Lama perbaikan dihitung mulai dari mesin mendapat perbaikan sampai dengan selesai perbaikan Struktur datanya adalah sebagai berikut,

Tabel 3. 1 Struktur Data Usia Pakai dan Lama Perbaikan

Kegagalan ke- <i>i</i>	Usia Pakai Hidrolik		Lama Perbaikan Hidrolik	
	x_1	x_2	y_1	y_2
1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$y_{1,1}$	$y_{1,2}$
2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$y_{2,1}$	$y_{2,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>i</i>	$x_{i,1}$	$x_{i,2}$	$y_{i,1}$	$y_{i,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>N</i>	$x_{N,k}$	$x_{N,k}$	$y_{N,k}$	$y_{N,k}$

dengan

x_1 = usia pakai hidrolik di *Container Crane* 06

x_2 = usia pakai hidrolik di *Container Crane* 09

$x_{i,1}$ = waktu usia pakai kegagalan ke-*i* yang terjadi pada *Container Crane* 06

- $x_{i,2}$ = waktu usia pakai kegagalan ke- i yang terjadi pada *Container Crane 09*
 $x_{N,k}$ = waktu usia pakai hingga kumulatif kegagalan ke- N yang terjadi pada *Container Crane ke-k*
 $y_{i,1}$ = lama waktu perbaikan akibat kegagalan ke- i pada *Container Crane 06*
 $y_{i,2}$ = lama waktu perbaikan akibat kegagalan ke- i pada *Container Crane 09*
 $y_{N,k}$ = lama waktu perbaikan akibat kegagalan hingga kumulatif ke- N pada *Container Crane ke-k*
 y_1 = lama perbaikan hidrolik di *Container Crane 06*
 y_2 = lama perbaikan hidrolik di *Container Crane 09*
 N = kumulatif kegagalan yang diamati

Diketahui x dan y pada struktur data adalah sebuah proses stokastik. Proses stokastik tersebut dinotasikan dengan $(G_n, n=1, 2, \dots)$ yang merupakan *Geometric Process (GP)*.

3.3 Langkah Analisis

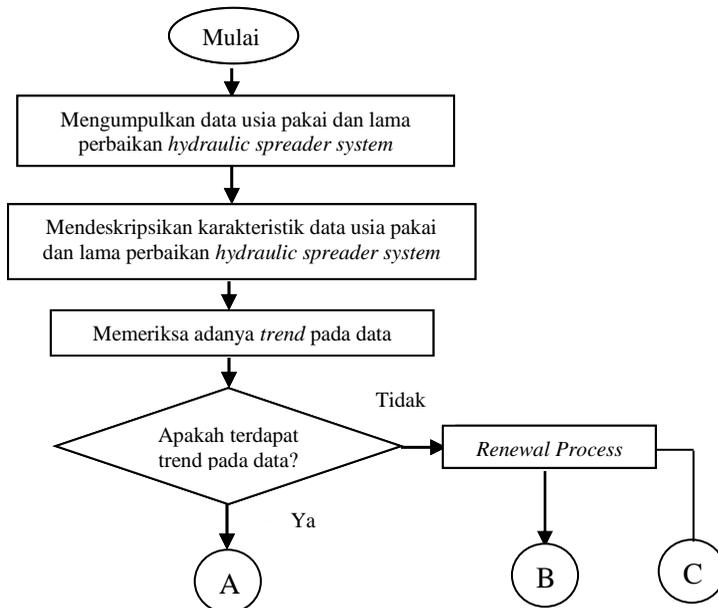
Langkah analisis yang dilakukan dalam mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data kerusakan *Container Crane* ke dalam kelompok sistem dan kerusakan komponen.
2. Menghitung data usia pakai serta lama perbaikan pada *Hydraulic Spreader System*.
3. Mendeskripsikan karakteristik data usia pakai (*lifetime*) pada *Hydraulic Spreader System* untuk masing-masing *Container Crane*.
4. Melakukan plot data laju kerusakan pada *Hydraulic Spreader System* di PT. Terminal Petikemas Surabaya.
5. Melakukan pemeriksaan *trend* pada data usia pakai dan lama perbaikan pada *Hydraulic Spreader System* di PT. Terminal Petikemas Surabaya dengan statistic uji *Laplace*.

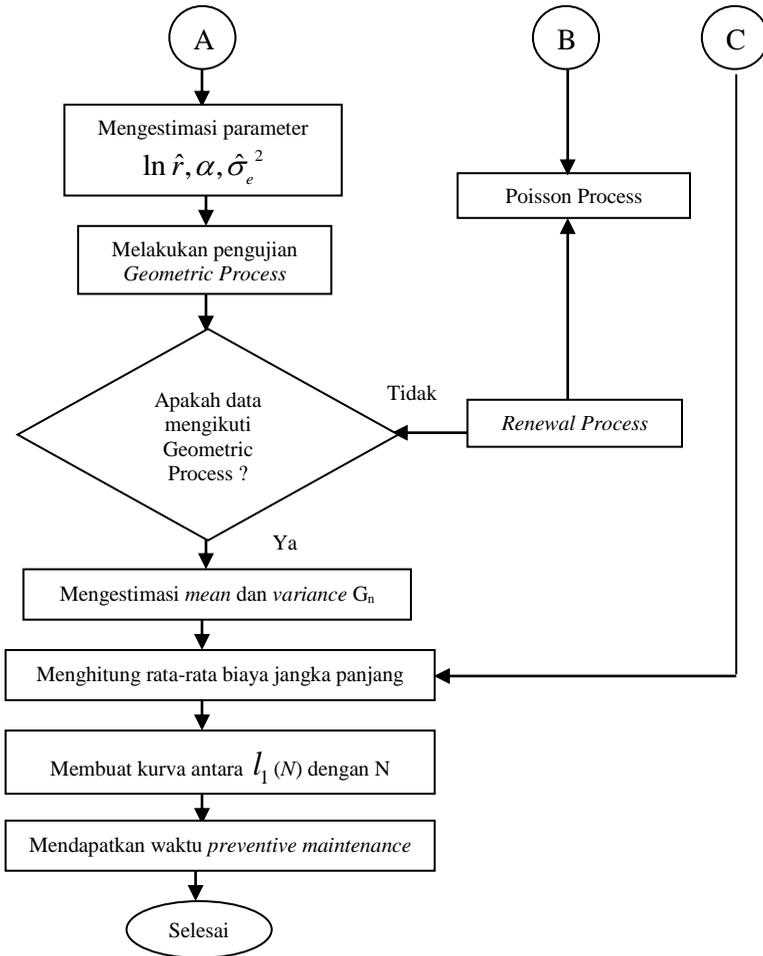
6. Melakukan estimasi parameter $\ln r, \alpha$, dan σ_e^2 menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) berdasarkan dugaan data mengikuti *Geometric Process*.
7. Melakukan pengujian *Geometric Process* (GP) terhadap data usia pakai (*lifetime*) pada *Hydraulic Spreader System*.
8. Melakukan estimasi parameter *mean* dan *variance* dari G_n .
9. Mendapatkan waktu optimum pemeliharaan (*preventive maintenance*) *Hydraulic Spreader System* dengan biaya yang minimum melalui kurva antara rata-rata biaya jangka panjang per tahun terhadap N .

3.4 Diagram Alir

Langkah analisis penelitian dapat disederhanakan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

PT Terminal Petikemas Surabaya memiliki beberapa *Container Crane* yang digunakan sebagai alat bongkar muat dari kapal ke dermaga. Salah satu sistem penting pada *Container Crane* adalah *Spreader System*. Salah satu bagian yang sering mengalami kerusakan adalah *Hydraulic* pada *Spreader System*. *Hydraulic* merupakan komponen *repairable* sehingga ketika terjadi suatu kerusakan maka akan dilakukan proses perbaikan. Proses perbaikan dilakukan agar peralatan berat tersebut dapat beroperasi kembali seperti semula sebelum mengalami kerusakan. Namun, pada waktu tertentu perlu dilakukan penggantian komponen karena jika terlalu sering diperbaiki maka biaya yang dikeluarkan dalam proses perbaikan semakin tinggi.

4.1 Karakteristik Data *Hydraulic Spreader System*

Data *Lifetime Hydraulic Spreader System* yang digunakan dalam penelitian adalah pada *Container Crane (CC) 06* dan *09*. *Hydraulic* pada kedua *Container Crane* memiliki spesifikasi yang sama. Karakteristik dari *Hydraulic* pada *Spreader System* di masing – masing *CC* dapat dilihat disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Karakteristik Data *Lifetime Hydraulic Spreader System* (jam)

<i>Hydraulic</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>CC-06</i>	12	2.284	2.555.452	250	5.567
<i>CC-09</i>	20	4.726	5.711.806	482	9.912

Pada Tabel 4.1 dapat diperoleh informasi bahwa rata-rata usia pemakaian *Hydraulic* pada *CC-06* yaitu 2.284 jam dari 12 kerusakan yang terjadi akibat beberapa kegagalan yang terjadi pada *Hydraulic*. Kerusakan tercepat yang terjadi pada komponen tersebut setelah beroperasi selama 250 jam atau 10 hari akibat kegagalan kabel *motor pump* di *Hydraulic* dan kerusakan paling

lama yaitu komponen *motor pump* terjadi setelah beroperasi selama 5.567 jam. Sedangkan rata-rata usia pakai *CC-09* adalah 4.726 jam dari 20 kerusakan, *failure* tercepat yang terjadi setelah *Hydraulic* beroperasi selama 482 jam atau sekitar 20 hari akibat harus dilakukan penambahan oli. Rata-rata waktu usia pakai *Hydraulic* pada *CC-09* lebih lama dibandingkan dengan *Hydraulic* pada *CC-06*. Keragaman usia pakai *Hydraulic* pada *CC-06* lebih kecil daripada *Hydraulic* pada *CC-09*, hal ini berarti bahwa *Hydraulic* pada *CC-06* memiliki waktu usia pakai cenderung homogen lebih pendek atau lebih cepat terjadi *failure* dibandingkan lainnya. Sedangkan untuk lama waktu perbaikan disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Karakteristik Data Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* (jam)

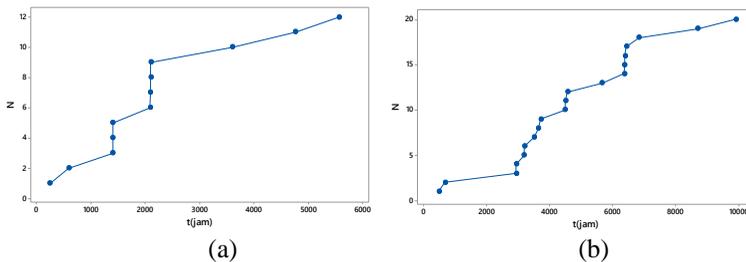
<i>Hydraulic</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>CC-06</i>	12	2,182	1,936	0,250	4,267
<i>CC-09</i>	20	27,16	164,42	3,47	43,37

Rata-rata waktu perbaikan kerusakan pada *Hydraulic Spreader System* di *CC-09* lebih lama dibandingkan kerusakan di *Hydraulic* pada *CC-06* yaitu sebesar 27,16 jam. Waktu perbaikan tercepat pada kerusakan *Hydraulic* di *CC-09* yaitu selama 3,47 jam untuk penambahan ulang oli dan paling lama yaitu 43,37 jam dalam proses penggantian *solenoid valve*. Sedangkan rata-rata waktu perbaikan *Hydraulic* di *CC-06* selama 2,182 jam. Nilai variansi yang kecil pada *CC-06* menunjukkan bahwa waktu perbaikan *Hydraulic* di *CC-06* lebih cepat daripada *Hydraulic* pada *CC-09*, hal ini berarti bahwa *Hydraulic* pada *CC-06* memiliki waktu lama perbaikan cenderung homogen lebih pendek atau lebih cepat dibandingkan lainnya.

Secara visual, untuk mengetahui karakteristik dapat dilihat melalui plot antara banyak kerusakan (N) dengan kumulatif *lifetime* yang dialami *Hydraulic Spreader System* pada masing-masing *CC*. Selain untuk melihat karakteristik dari data, plot juga

dapat dijadikan dugaan awal adanya trend (mengikuti NHPP) atau tidak pada waktu antar kerusakan.

Plot antara banyak kerusakan (N) dengan kumulatif *lifetime* (t) pada kedua Gambar 4.1 menunjukkan bahwa titik-titik pengamatan pada plot memiliki kecenderungan semakin rapat seiring berjalannya waktu. Jarak titik plot yang semakin rapat menandakan *Hydraulic Spreader System* pada *CC* tersebut semakin cepat mengalami kerusakan seiring berjalannya waktu. Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh dari lapangan seperti yang tersedia pada Lampiran 1. Sehingga dalam menganalisis perlu dilakukannya pemeriksaan ada atau tidaknya *trend* (naik atau turun) pada data supaya tampak jelas laju kerusakannya. Berdasarkan plot dapat diindikasikan bahwa data tersebut mengikuti *Geometric Process*. Plotnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Kumulatif Lifetime (t)
(a) *CC*-06 dan (b) *CC*-09

4.2 Pemeriksaan *Trend*

Pemeriksaan *trend* dilakukan untuk memenuhi asumsi bahwa pada pengujian *Geometric Process* (*GP*), datanya harus memiliki *trend* dan untuk meyakinkan hasil secara visual jika data tersebut mengikuti *GP* dengan pola kenaikan tertentu pada setiap periode waktunya. Pemeriksaan *trend* menggunakan nilai *Laplace* (L). Jika nilai $L > 0$ maka laju kerusakan *Hydraulic Spreader System* memiliki *trend* naik, sedangkan jika nilai $L < 0$ menunjukkan laju kerusakan *Hydraulic Spreader System* me-

memiliki *trend* turun. Hasil perhitungan nilai L pada masing-masing *Container Crane* ditampilkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Nilai *Laplace* pada *Hydraulic Spreader System*

<i>Hydraulic</i>	Variabel	L
CC-06	Usia Pakai	-3,2595
	Lama Waktu Perbaikan	-5,9974
CC-09	Usia Pakai	-0,4249
	Lama Waktu Perbaikan	-7,7039

Pemeriksaan *trend* berdasarkan nilai *Laplace* menghasilkan informasi bahwa data usia pakai *Hydraulic Spreader System* yang terdapat pada kedua *Container Crane* tersebut menunjukkan *trend* turun. Hal ini dapat dilihat dari nilai L yang bertanda negatif atau memiliki nilai kurang dari nol. *Trend* yang menurun, berarti laju kerusakan pada mesin tersebut semakin menurun atau usia pakai *Hydraulic Spreader System* semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Apabila dilihat dari plot Gambar 4.1, kedua *Hydraulic Spreader System* memiliki jarak antar plot semakin rapat meskipun terdapat beberapa titik yang jauh. Hal ini yang dapat menyebabkan nilai *Laplace* menunjukkan adanya *trend* menurun.

Sedangkan untuk data lama waktu perbaikan juga memiliki nilai negatif yang berarti waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* memiliki *trend* turun. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan belum optimum dalam meningkatkan keandalan mesin. Adanya *trend* pada data usia pakai dan lama waktu perbaikan diduga mengikuti *Geometric Process*. Untuk membuktikan dugaan tersebut, maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Namun, sebelumnya harus melakukan estimasi parameter sebagai berikut.

4.3 Estimasi Parameter

Data usia pakai (*lifetime*) dan lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* menunjukkan adanya *trend* sehingga data tersebut diindikasikan mengikuti *Geometric Process*.

Sebelum melakukan pengujian *Geometric Process*, perlu dilakukannya estimasi parameter $\ln r, \alpha$, dan σ_e^2 yang diperoleh dari model regresi linier sederhana melalui metode OLS. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.8 – 2.10).

Tabel 4. 4 Estimasi Parameter *Lifetime* dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System*

<i>Parameter</i>	Usia Pakai Hidrolik		Lama Waktu Perbaikan	
	<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>	<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>
$\ln \hat{r}$	0,647357	0,27759	3,72436	1,59524
\hat{r}	1,91048	1,31994	41,4449	4,92949
$\hat{\alpha}$	1,94386	1,82368	11,9105	9,2072
$\hat{\sigma}_e^2$	2,83533	1,68019	13,2453	6,68759

Hasil estimasi parameter r usia pakai (*lifetime*) memberikan informasi bahwa nilainya lebih dari 1. Hal ini mengindikasikan usia pakai komponen *Hydraulic Spreader System* semakin memendek, sehingga akan sering mengalami kerusakan. Nilai parameter \hat{r} pada *CC-06* lebih besar dibandingkan dengan *CC-09*, berarti *Hydraulic Spreader System* pada *CC-06* lebih cenderung mengalami kerusakan dibandingkan dengan *CC-09*. Nilai estimasi $\hat{\sigma}_e^2$ relatif kecil memberikan informasi bahwa parameter yang dihasilkan model regresi untuk usia pakai *Hydraulic Spreader System* pada kedua *CC* tersebut cukup baik menangkap adanya *trend*.

Estimasi parameter \hat{r} lama waktu perbaikan juga memiliki nilai yang lebih besar dari satu, hal ini menunjukkan bahwa lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* akan semakin berkurang atau cenderung menuju nol. Sedangkan untuk estimasi lama waktu perbaikan relatif kecil yaitu sebesar 13,2453 dan 6,68759. Artinya, estimasi parameter yang dihasilkan model regresi untuk usia pakai *Hydraulic Spreader System* pada kedua *CC* tersebut cukup baik menangkap adanya *trend*.

4.4 Pengujian *Geometric Process*

Pengujian *Geometric Process* digunakan untuk mengetahui data usia pakai dan lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* mengikuti *Geometric Process* atau tidak. Pengujian dilakukan setelah mendapatkan estimasi parameter untuk melakukan perhitungan berdasarkan persamaan (2.11). Hasil perhitungan statistik ujinya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Statistik Uji Usia Pakai *Hydraulic Spreader System*

Hidrolik	Statistik Uji		t-tabel
	Usia Pakai	Lama Waktu Perbaikan	
CC-06	-2,73029	-3,36246	2,22814
CC-09	-4,17774	-6,15129	2,10092

Pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa nilai statistik uji $|t|$ kedua data usia pakai dan lama waktu perbaikan pada CC-06 dan CC-09 lebih besar dari nilai kritis ($|t| > t_{n,0,025}$) masing-masing. Hal ini memberikan kesimpulan tolak H_0 pada taraf signifikansi 5%. Artinya, data usia pakai dan lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* pada masing – masing CC mengikuti *Geometric Process*. Selain dapat diperoleh informasi lain yaitu apabila *Hydraulic Spreader System* mengalami kerusakan kemudian diperbaiki, maka kinerja atau keandalan akan menurun seiring dengan berjalannya waktu serta laju kerusakan *Hydraulic Spreader System* juga akan meningkat.

4.5 Estimasi Rata-rata Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System*

Setelah diketahui bahwa data usia pakai dan lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* mengikuti *Geometric Process*, maka selanjutnya dilakukan estimasi *mean* dan *variance* pada data usia pakai dan lama waktu perbaikan untuk setiap CC. Berikut ini merupakan hasil estimasi *mean* dan *variance*.

4.5.1 Estimasi Rata-rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System*

Perhitungan estimasi rata-rata usia pakai *Hydraulic Spreader System* untuk *failure* pertama berbeda dengan *failure* yang terjadi untuk $n > 2$. Kegagalan atau kerusakan yang pertama yang terjadi dilakukan perhitungannya berdasarkan persamaan (2.12) karena rasio $r > 1$. Rasio merupakan hasil dari estimasi parameter yang diperoleh dari regresi linier sederhana menggunakan metode *Ordinary Least Square*. Hasil estimasi rata-rata usia pakai *Hydraulic Spreader System CC-06* seperti yang disajikan pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* dari G_1

Estimasi Parameter	Hidrolik CC-06	Hidrolik CC-09
$\hat{\mu}_{x_1}$ (tahun)	1,49055	2,6104
$\hat{\mu}_{x_1}$ (jam)	13066,16	22882,77

Pada Tabel 4.6 dapat diperoleh informasi bahwa rata-rata *hydraulic spreader system* dapat berfungsi baik saat pertama kali digunakan hingga mengalami kerusakan untuk pertama kalinya adalah setelah beroperasi selama 13067 jam (hidrolik CC-06) dan 22883 jam (hidrolik CC-09). Apabila di konversikan dalam tahun, estimasi rata-rata usia pakai pada masing-masing *Hydraulic Spreader System* adalah 1,49055 tahun untuk CC-06 dan 2,6104 tahun untuk CC-09. Perhitungan dengan satuan tahun tersebut, dilakukan berdasarkan data yang telah dikonversikan dari jam ke tahun pada masing-masing data sebelum dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.12), kemudian hasil berdasarkan satuan tahun dikonversi dengan dikalikan 8766 jam dalam satu tahun. Sedangkan untuk estimasi *mean* dari G_n untuk $n = 2, 3, \dots, N$ hingga *failure* yang menyebabkan peralatan tersebut tidak dapat digunakan kembali menggunakan rumus

(2.17) sehingga diperoleh hasil secara umum sebagai berikut.

- *Container Crane 06*

$$\hat{\mu}_{X_n} (\text{jam}) = \frac{13066,16}{1,91048^{n-1}}$$

- *Container Crane 09*

$$\hat{\mu}_{X_n} (\text{jam}) = \frac{22882,77}{1,31994^{n-1}}$$

Hasil perhitungan rata-rata usia pakai *Hydraulic Spreader system* berfungsi dengan baik hingga kerusakan ke- n sehingga peralatan tersebut tidak dapat digunakan kembali disajikan pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* G_n (satuan jam)

No	Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i>	
	<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>
1	13066	22883
2	6839	17336
3	3580	13134
4	1874	9951
5	981	7539
6	513	5711
7	269	4327
8	141	3278

Tabel 4. 7 Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* G_n (Lanjutan)

No	Usia Pakai <i>Hydraulic Spreader System</i>	
	CC-06	CC-09
9	74	2484
10	39	1882
11	20	1425
12	11	1080
13	6	818
14	3	620
15	2	470
16	1	356
17	0	270
18		204
⋮		⋮
40		0

Pada Tabel 4.7 dapat diperoleh informasi bahwa *Hydraulic Spreader System CC-06* tidak dapat beroperasi setelah 16 kali mengalami kegagalan atau kerusakan apabila tidak dilakukan pemeliharaan. Sedangkan pada *Hydraulic Spreader System CC-09* tidak dapat beroperasi kembali setelah 39 kali mengalami kegagalan atau kerusakan jika tidak dilakukan pemeliharaan. Estimasi *Hydraulic Spreader System CC-06* dapat berfungsi dengan baik untuk pertama kali secara keseluruhan selama 27419 jam atau 1143 hari (3 tahun) tanpa adanya *preventive maintenance*. Sedangkan untuk *Hydraulic Spreader System CC-09* selama 94405 jam atau 3934 hari (10 tahun) tanpa adanya

pemeliharaan. Oleh karena itu, perlu dilakukannya *preventive maintenance* dengan melakukan pengecekan seluruh komponen yang ada pada *Hydraulic Spreader System* atau melakukan penggantian komponen apabila diperlukan agar keandalan *CC* tetap terjaga sehingga tidak menimbulkan kerugian akibat tidak adanya kegiatan operasional. Hasil estimasi rata-rata usia pakai secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 11.

4.5.2 Estimasi Rata-rata Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System*

Estimasi rata-rata lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* menggunakan prosedur sama seperti menghitung estimasi rata-rata usia pakai. Hasil estimasi rata-rata lama waktu perbaikan disajikan pada Tabel 4.8. Perhitungannya dilakukan berdasarkan persamaan (2.12).

Tabel 4. 8 Estimasi Rata-Rata Lama Waktu Perbaikan
Hydraulic Spreader System G₁

Estimasi Parameter	Hidrolik CC-06	Hidrolik CC-09
$\hat{\mu}_{y_1}$ (tahun)	0,00291486	0,0493915
$\hat{\mu}_{y_1}$ (jam)	25,5517	432,97

Sedangkan untuk $n = 2, 3, \dots, N$ menggunakan rumus (2.17) sehingga diperoleh hasil berdasarkan rumus sebagai berikut.

- *Container Crane 06*

$$\hat{\mu}_{Y_n} \text{ (jam)} = \frac{25,5517}{41,4449^{n-1}}$$

- Container Crane 09

$$\hat{\mu}_{Y_n} \text{ (jam)} = \frac{432,97}{4,92949^{n-1}}$$

Estimasi rata – rata lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* seperti yang disajikan pada Tabel 4.8, memberikan informasi bahwa rata-rata lama perbaikan *Hydraulic Spreader System* pada saat pertama kali mengalami kerusakan selama 26 jam (hidrolik *CC-06*) dan 433 jam (hidrolik *CC-09*). Hasil perhitungan rata-rata lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* setelah mengalami kegagalan atau kerusakan ke-*n* disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Estimasi Rata-Rata Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* G_n (satuan jam)

No	Lama Waktu Perbaikan	
	<i>Hydraulic Spreader System</i>	
	<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>
1	26	433
2	1	10
3	0	0

Selain itu, dapat diperoleh informasi bahwa rata-rata lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* apabila dilihat secara keseluruhan mengalami penurunan, hal ini dikarenakan perusahaan terus meningkatkan kecepatan dan efisiensi waktu perbaikan ketika terjadi kegagalan atau kerusakan. Perusahaan akan melakukan penggantian komponen pada *Hydraulic Spreader System* *CC-06* dan *CC-09* setelah mengalami kerusakan ke-2 pada komponen yang sama. Perbaikan atau penggantian komponen juga disesuaikan dengan kegagalan yang terjadi dan

ketersediaan komponen yang diperlukan. Rata-rata lama waktu perbaikan *Hydraulic Spreader System* secara menyeluruh adalah 27 jam (hidrolik *CC-06*) dan 443 jam atau 19 hari (hidrolik *CC-09*). Apabila dikaitkan antara lamanya waktu perbaikan pada *CC-06* dengan kegiatan operasional maka dapat menimbulkan kerugian rata – rata sebanyak 675 *box* akibat terjadinya *failure* pada *Hydraulic Spreader System*. Sedangkan pada *CC-09* rata – rata sebanyak 11075 *box* akibat terjadinya *failure* pada *Hydraulic Spreader System*.

4.6 Penentuan Waktu Optimum Kebijakan Preventive Maintenance

Penentuan waktu optimum kebijakan *preventive maintenance* harus dilakukan dengan perhitungan yang tepat. Sehingga hasil analisisnya bermanfaat bagi perusahaan yaitu meminimumkan terjadinya *failure* saat produksi berlangsung. Selain itu dengan adanya *preventive maintenance* diharapkan juga dapat meminimumkan biaya pemeliharaan terhadap aset perusahaan. Pemeliharaan biasanya dilakukan tindakan *shut down* dengan melakukan pengecekan seluruh komponen *spreader* yang didalamnya juga terdapat *Hydraulic Spreader System*, tindakan ini bertujuan untuk mengetahui komponen masih baik, perlu diperbaiki, atau diganti serta *fill up oil* pada komponen yang membutuhkan.

Pada *Hydraulic Spreader System CC-06*, komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu *motor pump* sedangkan *Hydraulic Spreader System CC-09* adalah *solenoid valve*. Sehingga biaya perbaikan disesuaikan dengan komponen yang sering mengalami kerusakan pada *Hydraulic Spreader System* di masing – masing *Container Crane*. Standar biaya perbaikan (*cost of repair*) di *CC-06* dan *CC-09* sebesar Rp. 4.000.000 dalam satu kali perbaikan. Biaya apabila terjadi kerusakan (*cost of failure*) sebesar Rp. 12.563.750 untuk *CC-06* dan Rp. 8.525.000 untuk *CC-09*. Hasil estimasi biaya tersebut, kemudian disubstitusikan ke persamaan (2.19) yang merupakan rata – rata biaya *preventive maintenance* jangka panjang. Berikut ini adalah fungsi rata – rata

biaya *preventive maintenance* jangka panjang untuk *Hydraulic Spreader System CC-06*.

$$I_1(N) = \frac{12.563.750\mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + 4.000.000 - \mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{\mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}}$$

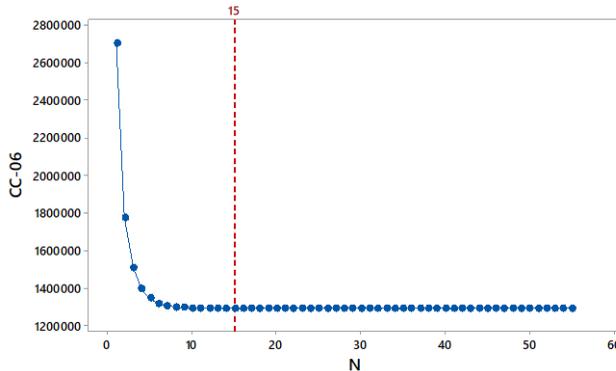
Sehingga akan diperoleh hasil rata – rata biaya *preventive maintenance* jangka panjang untuk *Hydraulic Spreader System CC-06* seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Rata-Rata Biaya Jangka Panjang *Hydraulic Spreader System CC-06* per Jam

Kerusakan ke (N)	I₁(N)	Kerusakan ke (N)	I₁(N)
1	2.702.900	31	1.289.700
2	1.775.400	32	1.289.700
3	1.505.300	33	1.289.700
4	1.394.200	34	1.289.700
5	1.342.400	35	1.289.700
6	1.316.700	36	1.289.700
7	1.303.700	37	1.289.700
8	1.297.000	38	1.289.700
9	1.293.500	39	1.289.700
10	1.291.700	40	1.289.700
11	1.290.700	41	1.289.700
12	1.290.200	42	1.289.700
13	1.290.000	43	1.289.700
14	1.289.800	44	1.289.700
15	1.289.800	45	1.289.700
16	1.289.700	46	1.289.700
17	1.289.700	47	1.289.700

Tabel 4. 10 Rata-Rata Biaya Jangka Panjang *Hydraulic Spreader System CC-06* per Jam (Lanjutan)

Kerusakan ke (N)	$l_1(N)$	Kerusakan ke (N)	$l_1(N)$
18	1.289.700	48	1.289.700
19	1.289.700	49	1.289.700
20	1.289.700	50	1.289.700
21	1.289.700	51	1.289.700
22	1.289.700	52	1.289.700
23	1.289.700	53	1.289.700
24	1.289.700	54	1.289.700
25	1.289.700	55	1.289.700
26	1.289.700		
27	1.289.700		
28	1.289.700		
29	1.289.700		
30	1.289.700		



Gambar 4. 2 Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Rata-rata Biaya Jangka Panjang $l_1(N)$ *Hydraulic Spreader System CC-06*

Secara visual dapat dilihat melalui plot antara $l_1(N)$ dan N seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Dari gambar tersebut dapat diperoleh informasi mengenai rata-rata estimasi biaya

jangka panjang perjam untuk *Hydraulic Spreader System CC-06* baik berupa pengecekan maupun penggantian komponen. Biaya optimum secara visual menunjukkan pada kerusakan atau kegagalan ke-15. Hal ini juga memperhatikan biaya, pemilihannya berdasarkan besarnya biaya sebelum mendekati nilai yang konstan maka dikatakan optimum. Sehingga pengecekan maupun penggantian komponen *motor pump* yang optimum berdasarkan biaya yang minimum adalah ketika terjadi kerusakan ke-15 dengan biaya Rp. 1.289.800. Apabila komponen *motor pump* pada *Hydraulic Spreader System CC-06* mengalami kerusakan terus menerus maka, usia pakai pada komponen tersebut akan semakin menurun. Komponen yang sering diperbaiki, hasil dari perbaikan yang dilakukan tidak efektif lagi dan akan menimbulkan biaya yang lebih besar daripada diganti karena akan mengalami kerusakan kembali. Grafik tersebut semakin menurun seiring dengan jumlah kerusakan atau kegagalan yang terjadi. Kegagalan maupun kerusakan yang terjadi dapat mengganggu proses produksi bongkar muat dan menimbulkan kerugian yang cukup besar. Hal ini dikarenakan dalam satu jam proses bongkar muat dapat menghasilkan produksi 25 *box* tiap jam. Sehingga perlu adanya perhitungan *preventive maintenance* yang tepat.

Selanjutnya, fungsi rata – rata biaya *preventive maintenance* jangka panjang untuk *Hydraulic Spreader System CC-09* adalah sebagai berikut.

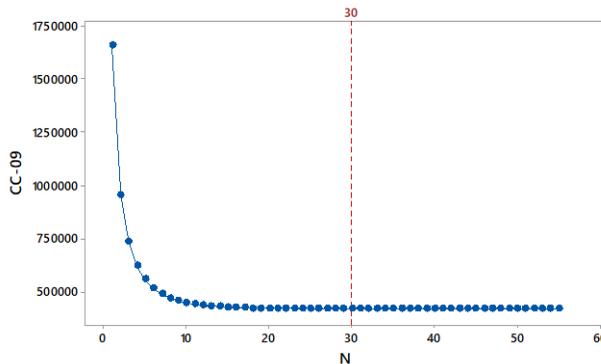
$$I_1(N) = \frac{8.525.000\mu_{y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + 4.000.000 - \mu_{x_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{\mu_{x_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}}$$

Sehingga akan diperoleh hasil rata – rata biaya *preventive maintenance* jangka panjang untuk *Hydraulic Spreader System CC-09* seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Rata-Rata Biaya Jangka Panjang *Hydraulic Spreader System CC 09* per Jam

Kerusakan ke (N)	I₁(N)	Kerusakan ke (N)	I₁(N)
1	1.662.200	31	417.600
2	953.200	32	417.600
3	733.000	33	417.600
4	620.900	34	417.600
5	555.600	35	417.600
6	514.500	36	417.600
7	487.100	37	417.600
8	468.300	38	417.600
9	454.900	39	417.600
10	445.300	40	417.600
11	438.200	41	417.600
12	433.000	42	417.600
13	429.200	43	417.600
14	426.300	44	417.600
15	424.200	45	417.600
16	422.600	46	417.600
17	421.300	47	417.600
18	420.400	48	417.600
19	419.700	49	417.600
20	419.200	50	417.600
21	418.800	51	417.600
22	418.500	52	417.600
23	418.300	53	417.600
24	418.100	54	417.600
25	418.000	55	417.600
26	417.900		
27	417.800		
28	417.700		
29	417.700		
30	417.700		

Secara visual dapat dilihat melalui plot antara $l_1(N)$ dan N seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 yang merupakan grafik rata-rata estimasi biaya jangka panjang perjam untuk *Hydraulic Spreader System CC-09* terkait *preventive maintenance* baik berupa pengecekan maupun penggantian.



Gambar 4. 3 Plot Banyak Kerusakan (N) dengan Rata-rata Biaya Jangka Panjang $l_1(N)$ *Hydraulic Spreader System CC-09*

Grafik tersebut semakin menurun seiring dengan jumlah kerusakan atau kegagalan yang terjadi. Komponen yang sering mengalami *failure* pada *Hydraulic Spreader System CC-09* adalah *Solenoid Valve*. Pengecekan maupun penggantian komponen *Solenoid Valve* yang optimum berdasarkan biaya yang minimum adalah ketika terjadi kerusakan ke-30 dengan biaya Rp. 417.600. Namun, apabila komponen *Solenoid Valve* pada *hydraulic spreader system CC-09* mengalami kerusakan terus menerus maka, usia pakai pada komponen tersebut akan semakin menurun. Secara umum, komponen yang sering diperbaiki maka hasil dari perbaikan yang dilakukan tidak efektif lagi dan akan menimbulkan biaya yang lebih besar daripada diganti karena akan mengalami kerusakan kembali. Oleh karena itu, jika terjadi kegagalan maupun kerusakan dapat mengganggu proses produksi bongkar muat dan menimbulkan kerugian yang cukup besar apabila sering terjadi. Sama seperti *CC-06*, dalam satu jam proses

bongkar muat *CC-09* dapat menghasilkan produksi 25 *box* tiap jam. Biaya pe-meliharaan (*preventive maintenance*) *hydraulic spreader system CC-09* berupa pengecekan atau penggantian pada komponen *Solenoid Valve* mengeluarkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan biaya pemeliharaan *Hydraulic Spreader System CC-09* yang telah dikeluarkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Geometric Process* memberikan informasi waktu optimum untuk melakukan kebijakan *preventive maintenance Hydraulic Spreader System* di PT. Terminal Petikemas Surabaya baik berupa pengecekan maupun penggantian komponen. Waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan berupa penggantian komponen pada *Hydraulic Spreader System Container Crane 06* adalah saat mengalami kerusakan ke-15 dengan estimasi rata-rata biaya sebesar Rp.1.289.800 dan estimasi rata-rata usia pakai selama 3 tahun. Sedangkan waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan berupa penggantian komponen yang sering mengalami kerusakan pada *Hydraulic Spreader System Container Crane 09* adalah saat mengalami kerusakan ke-30 dengan estimasi rata-rata biaya sebesar Rp. 417.600 dan estimasi rata-rata usia pakai selama 10 tahun.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang diberikan dari hasil analisis dan penelitian selanjutnya, diantaranya adalah sebagai berikut.

- Penentuan waktu *preventive maintenance* yang optimum bagi perusahaan adalah ketika terjadi kegagalan atau kerusakan ke-15 untuk *Container Crane 06* sedangkan *Container Crane 09* pada kerusakan maupun kegagalan ke-30.
- Rekomendasi bagi perusahaan mengenai pencatatan data. Pencatatan data *failure* dan biaya harus lebih detail dan seragam dalam penamaan komponen, sehingga memudahkan dalam mengolah dan menganalisis data serta memberikan hasil analisis yang lebih spesifik dan akurat.
- Penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan waktu penggantian dan peneliti memperhatikan perbedaan ukuran pada *box container* yang diangkat oleh *Spreader* secara

random dengan menggunakan metode *Bayesian* serta memperhatikan *supply chain* terkait stok komponen yang digunakan dibutuhkan dalam *maintenance* saat terjadi *breakdown time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2018, Januari 11). *Alat Bongkar Muat Petikemas*. <http://www.petikemas.co.id/alat-alat-bongkar-muat-petikemas/>.
- Fadilah, Anisa Nur. (2018). *Optimasi Penentuan Waktu Optimum Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Mesin Boiler di PT X Menggunakan Metode Geometric Process*. Surabaya: Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Leung, F. K., & Fong, C. (2000). A Repair-Replacement Study for Gearboxes Using Geometric Processes. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(3), 285-304.
- Higgins, L., Mobley, R., & Smith, R. (2002). *Maintenance Engineering Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Hoyland, A., & Rausand, M. (1994). *System Reliability Theory*. New York: John Wiley & Sons.
- Lam, Y. (1992). Nonparametric Inference for Geometric Processes. *Communications in Statistic-Theory and Methods*, (21), 2083-2105.
- Raudina, Zahrina Luthfi. (2018). *Penentuan Waktu Optimum Preventive Maintenance pada Mesin Pellet Mill di PT Japfa Comfeed Indonesia, Tbk Unit Margomulyo menggunakan Metode Geometric Process*. Surabaya: Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rigdon, S., & Basu, A. (2000). *Statistical Methods for the Reliability of Repairable System*. New York: John Wiley & Sons.
- Ross, S. (1970). *Applied Probability Models with Optimization Applications*. San Francisco: Holden-Day.
- Saragi, Hadi Sutanto. (2012). *Sistem Operasi Container Crane (CC) di Terminal Petikemas Semarang*. Semarang: Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro.

TPS. (2019, Januari 8). *TPS Throughput 2018*.
<http://www.tps.co.id/News/LatestNews/Listing/2019/01/08/10/02/TPS%20Throughput%202018>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Data Lifetime Hydraulic Spreader System*

Usia Pakai (jam)		Usia Pakai (tahun)	
CC-06	CC-09	CC-06	CC-09
250.2333	482.1333	0.028546	0.055
597.5	676.3	0.068161	0.07715
1405.117	2936.95	0.160292	0.335039
1406.117	2939.333	0.160406	0.335311
1408.733	3184.3	0.160704	0.363256
2089.183	3199.717	0.238328	0.365014
2100.233	3509.217	0.239589	0.400321
2104.033	3639.55	0.240022	0.415189
2104.65	3711.783	0.240092	0.42343
3608.433	4485.233	0.41164	0.511662
4763.817	4501.15	0.543442	0.513478
5567.35	4558.283	0.635107	0.519996
	5661.383		0.645834
	6369.267		0.726588
	6381.95		0.728034
	6389.15		0.728856
	6433.267		0.733889
	6838.867		0.780158
	8705.117		0.993055
	9911.8		1

Lampiran 2. Data Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System*

Lama Waktu Perbaikan (jam)		Lama Waktu Perbaikan (tahun)	
<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>	<i>CC-06</i>	<i>CC-09</i>
0.25	3.466667	2.85193E-05	0.000395
0.55	8.466667	6.27424E-05	0.000966
0.85	9.25	9.69655E-05	0.001055
1.183333	10.13333	0.00013499	0.001156
1.466667	12.8	0.00016731	0.00146
1.633333	21.55	0.00018633	0.002458
2.3	21.88333	0.00026238	0.002496
2.733333	22.15	0.00031181	0.002527
3.316667	26.06667	0.00037836	0.002974
3.716667	28.25	0.00042399	0.003223
3.916667	30.1	0.0004468	0.003434
4.266667	34.1	0.00048673	0.00389
	34.68333		0.003957
	35.75		0.004078
	38.55		0.004398
	39.35		0.004489
	40.68333		0.004641
	41.18333		0.004698
	41.36667		0.004719
	43.36667		0.004947

Lampiran 3A. *Syntax Matlab* Perhitungan Nilai *Laplace* Usia Pakai dan Lama Perbaikan *Hydraulic Spreader System CC-06*

```

%-----
%Laplace Usia Pakai
%-----
[x]=xlsread('D:\hydraulic6.xlsx');
n=length(x);
fprintf('-----\n')
fprintf('Analisis Laplace Usia Pakai Hidrolik
6\n')
fprintf('-----\n')
a=0;
T=10000;
for i=1:n
    a=a+x(i);
    at=a/(n);
end
b=T/2;
c=T/sqrt(12*(n));
L=(at-b)/c;
L

%-----
%Laplace Lama Waktu Perbaikan
%-----
[x]=xlsread('D:\LP6.xlsx');
n=length(x);
fprintf('-----\n')
fprintf('Analisis Laplace Laa Waktu Perbaikan
Hidrolik 6\n')
fprintf('-----\n')
a=0;
T=10000;
for i=1:n
    a=a+x(i);
    at=a/(n);

```

Lampiran 3A. *Syntax Matlab* Perhitungan Nilai *Laplace* Usia Pakai dan Lama Perbaikan *Hydraulic Spreader System CC-06* (lanjutan)

```

end
b=T/2;
c=T/sqrt(12*(n));
L=(a*b-c)/c;
L

```

Lampiran 3B. Perhitungan Nilai *Laplace Lifetime* dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* di *CC-06*

- *Lifetime*

$$L = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} - \frac{T}{2} \right]}{\left[T \sqrt{\frac{1}{12N}} \right]} = \frac{\left[\frac{27405,4}{12} - \frac{10000}{2} \right]}{10000 \sqrt{\frac{1}{12(12)}}} = -3,2595$$

- Lama Waktu Perbaikan

$$L = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} - \frac{T}{2} \right]}{\left[T \sqrt{\frac{1}{12N}} \right]} = \frac{\left[\frac{26,18333}{12} - \frac{10000}{2} \right]}{10000 \sqrt{\frac{1}{12(12)}}} = -5,9974$$

 Analisis Laplace Usia Pakai Hidrolik 6

L =
 -3.2595

 Analisis Laplace Laa Waktu Perbaikan Hidrolik 6

L =
 -5.9974

Lampiran 3C. *Syntax Matlab* Perhitungan Nilai *Laplace* Usia Pakai dan Lama Perbaikan *Hydraulic Spreader System CC-09*

```
%-----
%Laplace Usia Pakai
%-----
[x]=xlsread('D:\hydraulic9.xlsx');
n=length(x);
fprintf('-----\n')
fprintf('Analisis Laplace Usia Pakai Hidrolik
9\n')
fprintf('-----\n')
a=0;
T=10000;
for i=1:n
    a=a+x(i);
    at=a/(n);
end
b=T/2;
c=T/sqrt(12*(n));
L=(at-b)/c;
L
```

Lampiran 3C. *Syntax Matlab* Perhitungan Nilai *Laplace* Usia Pakai dan Lama Perbaikan *Hydraulic Spreader Sysytem CC-09* (Lanjutan)

```

%-----
%Laplace Lama Waktu Perbaikan
%-----
[x]=xlsread('D:\LP9.xlsx');
n=length(x);
fprintf('-----\n')
fprintf('Analisis Laplace Laa Waktu Perbaikan
Hidrolik 9\n')
fprintf('-----\n')
a=0;
T=10000;
for i=1:n
    a=a+x(i);
    at=a/(n);
end
b=T/2;
c=T/sqrt(12*(n));
L=(at-b)/c;
L

```

Lampiran 3D. Perhitungan Nilai *Laplace Lifetime* dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* di *CC-09*

- *Lifetime*

$$L = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} - \frac{T}{2} \right]}{\left[T \sqrt{\frac{1}{12N}} \right]} = \frac{\left[\frac{94514,75}{12} - \frac{10000}{2} \right]}{10000 \sqrt{\frac{1}{12(12)}}} = -0,4249$$

- Lama Waktu Perbaikan

$$L = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} - \frac{T}{2} \right]}{\left[T \sqrt{\frac{1}{12N}} \right]} = \frac{\left[\frac{543,15}{12} - \frac{10000}{2} \right]}{10000 \sqrt{\frac{1}{12(12)}}} = -7,7039$$

 Analisis Laplace Usia Pakai Hidrolik 9

L =
 -0.4249

 Analisis Laplace Laa Waktu Perbaikan Hidrolik 9

L =
 -7.7039

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Parameter, Pengujian *Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System*

```
%-----
%Geometric Process
%-----
X=xlsread('D:/hydraulic6.xlsx');
N=length(X);

sigmaXn=0;
sigmaInXn=0;sigmanmin1lnXn=0;sigmaInXn2=0;
```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Parameter, Pengujian *Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* (Lanjutan)

```

for i=1:N
    sigmaXn=sigmaXn+X(i);
    sigmalnXn=sigmalnXn+log(X(i));
    sigmanmin1lnXn=sigmanmin1lnXn+(i-
1)*log(X(i));
    sigmalnXn2=sigmalnXn2+(log(X(i))).^2;
end;
lnrtopi=(6./((N-1)*N*(N+1)))*(((N-
1)*sigmaXn)-(2*sigmanmin1lnXn));
rtopi=exp(lnrtopi);
alfatopi=(sigmalnXn./N)+(((N-1)/2)*lnrtopi);
f=1/(N-2);
g=(sigmalnXn.^2)./N;
h=((N-1)./2)*sigmalnXn;
vare=f*(sigmalnXn2-g-(lnrtopi*(h-
sigmanmin1lnXn)));
thit=-lnrtopi*sqrt((N-
1)*N*(N+1))./(vare*sqrt(12));
ttab=ttinv(1-0.025,(N-2));

if abs(thit)>ttab
    kesimpulan='tolak H0';
else
    kesimpulan='gagal tolak H0';
end;
fprintf('-----\n')
fprintf('lnr = % g\n',lnrtopi)
fprintf('rtopi = % g\n',rtopi)
fprintf('alfa topi = % g\n',alfatopi)
fprintf('var = % g\n',vare)
fprintf('Uji Geometric Process \n')
fprintf('-----\n')
fprintf('t hitung = % g\n',thit)
fprintf('t tabel = %g\n',ttab)
kesimpulan

```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Parameter, *Pengujian Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* (Lanjutan)

```

%-----
%Estimasi Mean dan Varians
%-----
rtopi=exp(lnrtopi);
a=rtopi;
if rtopi==1
    muX(1)=sigmaXn./N;
    sigmaXnminmuX1=0;
    for i=i:N
        sigmaXnminmuX1=sigmaXminmuX1+(X(i)-
muX1).^2;
    end;
    varX(1)=sigmaXnminmuX1./(N-1);
else
    muX(1)=(1-(rtopi.^(-1)))*sigmaXn./(1-
(rtopi.^(-N)));
    rXn=0;
    rXn2=0;
    for i=1:N
        rXn=rXn+(X(i)*rtopi.^(i-1));
        rXn2=rXn2+(X(i)*rtopi.^(i-1)).^2;
    end;
    varX(1)=(rXn2-(rXn.^2)./N)./(N-1);
end;

nstopX=1;
while muX(nstopX)>0.0001
    nstopX=nstopX+1;
    muX(nstopX)=muX(1)./rtopi.^(nstopX-1);
end;

for i=2:N
    varX(i)=var(1)./rtopi.^(2*(i-1));
end;

```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Parameter, *Pengujian Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai dan Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System* (Lanjutan)

```
fprintf('-----\n')
fprintf('Estimasi Mean\n')
fprintf('-----\n')
fprintf('Mu X1 =%g\n', muX(1))
%fprintf('Mu Xn = %g\n', sum(muX));
%fprintf('n iterasi=%g\n'nstopX);
fprintf('VarX1 =%g\n', varX(1))
%fprintf('\n')
%fprintf('\n')
```

Lampiran 5. *Output* Estimasi Parameter, *Pengujian Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai *Hydraulic Spreader System CC-06*

```
>> bismillah
-----
lnr = 0.647357
rtopi = 1.91048
alfa topi = 1.94386
var = 2.83533

Uji Geometric Process
-----
t hitung = -2.73029
t tabel = 2.22814

kesimpulan =

tolak H0
```

Lampiran 5. *Output Estimasi Parameter, Pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean dan Variance Usia Pakai Hydraulic Spreader System CC-06 (Lanjutan)*

```
-----
Estimasi Mean
-----
```

```
Mu X1 =1.49055
VarX1  =55328.2
```

Lampiran 6. *Output Estimasi Parameter, Pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean dan Variance Lama Waktu Perbaikan Hydraulic Spreader System CC-06*

```
>> bismillah
-----
lnr = 3.72436
rtopi = 41.4449
alfa topi = 11.9105
var = 13.2453
Uji Geometric Process
-----
t hitung = -3.36246
t tabel = 2.22814
kesimpulan =
tolak H0
-----
Estimasi Mean
-----
Mu X1 =0.00291486
VarX1 =7.55405e+27
```

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter, Pengujian *Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Usia Pakai *Hydraulic Spreader System CC-09*

```
>> bismillah
-----
lnr = 0.275955
rtopi = 1.31779
alfa topi = 1.81426
var = 1.70337
Uji Geometric Process
-----
t hitung = -4.17774
t tabel = 2.10092
kesimpulan =
tolak H0
-----
Estimasi Mean
-----
Mu X1 =2.6104
VarX1 =3129.75
```

Lampiran 8. *Output* Estimasi Parameter, Pengujian *Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System CC-09*

```
>> bismillah
lnr = 1.59524
rtopi = 4.92949
alfa topi = 9.2072
var = 6.68759
Uji Geometric Process
t hitung = -6.15129
t tabel = 2.10092
```

Lampiran 8. *Output* Estimasi Parameter, *Pengujian Geometric Process* dan Estimasi *Mean* dan *Variance* Lama Waktu Perbaikan *Hydraulic Spreader System CC-09* (Lanjutan)

```
kesimpulan =
tolak H0
-----
Estimasi Mean
-----
Mu X1 =0.0493915
VarX1  =2.62752e+20
```

Lampiran 9A. *Syntax* Optimasi Waktu Pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) *Hydraulic Spreader System CC-06*

```
%-----
%Optimasi Biaya Preventive Maintenance
%-----

fprintf('-----\n')
fprintf('Optimasi Biaya\n')
fprintf('-----\n')
rup=1.91048;
rlp=41.4449;
cf=12563750;
cR=4000000;
muX1=1.49055;
muY1=0.00291486;

N=55;
for j=1:N
    sigma1perb=0;
    sigma1pera=0;
    if j==1
        sigma1perb=1;
        sigma1pera=1;
    else
```

Lampiran 9A. *Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Hydraulic Spreader System CC-06 (Lanjutan)*

```

for i=1:(j-1)

sigmalperb=sigmalperb+1./(rlp.^(i-1));
    end;
    for i=1:j

sigmalpera=sigmalpera+1./(rup.^(i-1));
    end;
    end;
    I1(j)=(cf*muY1*sigmalperb-
muX1*sigmalpera+cR)./(muX1*sigmalpera+muY1*si
gmalperb);
end
stasioner=5;
while abs(I1(stasioner)-I1(stasioner-1))>1
    stasioner=stasioner+1;
end
%fprintf('Titik stasioner = %g\n',stasioner)
%fprintf('Biaya optimum =
%g\n',I1(stasioner))

X=(1:N);
plot(X,I1,'Color','red')
I1

```

Lampiran 9B. *Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Hydraulic Spreader System CC-09*

```

%-----
%Optimasi Biaya Preventive Maintenance
%-----
fprintf('-----\n')
fprintf('Optimasi Biaya\n')
fprintf('-----\n')

```

Lampiran 9B. *Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Hydraulic Spreader System CC-09 (Lanjutan)*

```

rup=1.31994;
rlp=4.92949;
cf=8525000;
cR=4000000;
muX1=2.6104;
muY1=0.0493915;

N=55;
for j=1:N
    sigmalperb=0;
    sigmalpera=0;
    if j==1
        sigmalperb=1;
        sigmalpera=1;
    else
        for i=1:(j-1)

sigmalperb=sigmalperb+1./(rlp.^(i-1));
            end;
            for i=1:j

sigmalpera=sigmalpera+1./(rup.^(i-1));
                end;
            end;
            I1(j)=(cf*muY1*sigmalperb-
muX1*sigmalpera+cR)./(muX1*sigmalpera+muY1*si
gmalperb);
        end
    stasioner=5;
    while abs(I1(stasioner)-I1(stasioner-1))>1
        stasioner=stasioner+1;
    end
    %fprintf('Titik stasioner = %g\n',stasioner)
    %fprintf('Biaya optimum =
    %g\n',I1(stasioner))

```

Lampiran 9B. *Syntax* Optimasi Waktu Pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) Hydraulic Spreader System CC-09 (Lanjutan)

```
X= (1:N) ;
plot(X, I1, 'Color', 'red')
I1
```

Lampiran 10A. *Output* Optimasi Waktu Pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) Hydraulic Spreader System CC-06

```
>> NewCost
-----
Optimasi Biaya
-----
I1 =
  1.0e+06 *

Columns 1 through 7
  2.7029  1.7754  1.5053  1.3942  1.3424  1.3167
1.3037

Columns 8 through 14
  1.2970  1.2935  1.2917  1.2907  1.2902  1.2900
1.2898

Columns 15 through 21
  1.2898  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897
1.2897

Columns 22 through 28
  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897
1.2897

Columns 29 through 35
  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897  1.2897
1.2897
```

Lampiran 10A. *Output* Optimasi Waktu Pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) Hydraulic Spreader System CC-06 (Lanjutan)

Columns 36 through 42						
1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897
1.2897						
Columns 43 through 49						
1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897
1.2897						
Columns 50 through 55						
1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897	1.2897

Lampiran 10B. *Output* Optimasi Waktu Pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) Hydraulic Spreader System CC-09

>> Cost						

Optimasi Biaya						

II =						
1.0e+06 *						
Columns 1 through 7						
1.6622	0.9532	0.7330	0.6209	0.5556	0.5145	
0.4871						
Columns 8 through 14						
0.4683	0.4549	0.4453	0.4382	0.4330	0.4292	
0.4263						
Columns 15 through 21						
0.4242	0.4226	0.4213	0.4204	0.4197	0.4192	
0.4188						

Lampiran 10B. Output *Optimasi Waktu Pemeliharaan* (Preventive Maintenance) Hydraulic Spreader System CC-09 (Lanjutan)

Columns 22 through 28	0.4185	0.4183	0.4181	0.4180	0.4179	0.4178
	0.4177					
Columns 29 through 35	0.4177	0.4177	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176
	0.4176					
Columns 36 through 42	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176
	0.4176					
Columns 43 through 49	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176
	0.4176					
Columns 50 through 55	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176	0.4176

Lampiran 11. Output Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* G_n

n	CC-06	CC-09
1	13066	22883
2	6839	17336
3	3580	13134
4	1874	9951
5	981	7539
6	513	5711
7	269	4327
8	141	3278

Lampiran 11. *Output* Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* G_n (Lanjutan)

n	CC-06	CC-09
9	74	2484
10	39	1882
11	20	1425
12	11	1080
13	6	818
14	3	620
15	2	470
16	1	356
17	0	270
18		204
19		155
20		117
21		89
22		67
23		51
24		39
25		29
26		22
27		17
28		13
29		10
30		7
31		6
32		4
33		3
34		2
35		2
36		1

Lampiran 11. *Output* Estimasi Rata-Rata Usia Pakai *Hydraulic Spreader System* G_n (Lanjutan)

n	CC-06	CC-09
37		1
38		1
39		1
40		0

Lampiran 12. Surat Disposisi Penerimaan Pengambilan Data dan Penelitian

	
To	: <u>ADITA E & PLANNING SPDT</u>
Form	: RESOURCE AND PLANNING MANAGER
<p><u>ADITA</u></p> <p>◦ BERKOORDINASI VS PLANNING SPDT</p> <p><u>PLANNING SPDT</u></p> <p>◦ MOHON MIBANTU U/ PROSES PENGAMBILAN DATA EIG DEPT</p> <p style="text-align: right;">  </p>	

Lampiran 13. Surat Keterangan Pengambilan Data dan Publikasi**SURAT KETERANGAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMKSD-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Adita Krisdiyantoro

NRP : 062115 4000 0053

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PT. Terminal Petikemas Surabaya

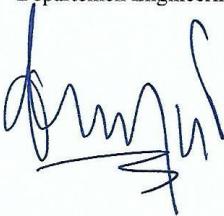
Divisi/ bagian : Departemen Engineering

sejak tanggal 01-02-19 sampai dengan 30-03-19

untuk keperluan Tugas Akhir/ Thesis Semester
Gasal/Genap* 2019/ 2019.

2. Tidak Keberatan/Keberatan* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/ Thesis mahasiswa Statistika yang akan di simpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan/Keberatan* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E journal ITS yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Surabaya, Juni 2019
Resources & Planning Manager
Departemen Engineering

()

*(coret yang tidak perlu)

Lampiran 14. Surat Pernyataan Pengambilan Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMKSD ITS:

Nama : Adita Krisdiyantoro

NRP : 0621154000053

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Departemen Engineering PT. TPS

Keterangan : Data usia pakai dan lama perbaikan hydraulic spreader system

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, Juli 2019


(Wibayati, S.Si, M.Si)
NIP. 19741213 199802 2 001


(Adita Krisdiyantoro)
NRP. 062115 4000 0053

*(coret yang tidak perlu)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Adita Krisdiyantoro, lahir di Kota Surabaya pada tanggal 27 Agustus 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Alm. Bapak Kasiyanto dan Ibu Sarmiti. Pendidikan formal yang telah ditempuh antara lain adalah SD Hang Tuah 8 Surabaya, SMPN 16 Surabaya, dan SMAN 22 Surabaya. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikannya di Departemen Statistika Program Studi S1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan. Setelah menempuh pendidikan di perguruan tinggi selama 4 tahun, penulis lulus S1 dengan Tugas Akhir yang berjudul “ **Analisis Reliabilitas pada Hydraulic Spreader System Container Crane di PT. Terminal Petikemas Surabaya**”. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan baik di lingkungan kampus maupun di luar kampus. Kegiatan tersebut diantaranya adalah sebagai pengajar dalam organisasi Aksi Belajar Ceria (ABC) ITS dan *Statistic in Social Improvement (SISI) HIMASTA-ITS* periode 2016 hingga 2017. Selain itu penulis juga merupakan penari tradisional, Sekretaris Departemen Internal dan pengajar *Cultural Course* dalam organisasi Unit Kegiatan Tari dan Karawitan (UKTK) ITS 2016/2018. Kepanitiaan yang pernah diikuti penulis adalah Sie Konsumsi Pekan Raya Statistika (PRS) ITS 2017, Panitia Pelepasan Wisuda (PW), Panitia Kejuaraan Shorinji Kempo untuk Piala KONI Kota Surabaya, dan sebagai volunteer Humas & Protokol ITS. Penulis mendapatkan kesempatan Kerja Praktik di PT. PAL Indonesia (Persero) Surabaya tahun 2018 dan berkemampuan mengikuti kegiatan magang bersertifikat di PT.

Pelabuhan Indonesia III selama 6 bulan tahun 2019. Penulis menerima segala kritikan dan saran yang bersifat membangun dan dapat meningkatkan manfaat Tugas Akhir ini melalui email penulis aditakrisdiyantoro@gmail.com.