



TUGAS AKHIR - KS184822

**OPTIMASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA
CONTAINER CRANE-05 MENGGUNAKAN
GEOMETRIC PROCESS-GENETIC ALGORITHM DI
TERMINAL NILAM PT. PELABUHAN INDONESIA
III (Persero)**

NABILA SAVINA
NRP 062115 4000 0076

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si., M.Sc.

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



TUGAS AKHIR - KS184822

**OPTIMASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA
CONTAINER CRANE-05 MENGGUNAKAN
GEOMETRIC PROCESS-GENETIC ALGORITHM DI
TERMINAL NILAM PT. PELABUHAN INDONESIA
III (Persero)**

**NABILA SAVINA
NRP 062115 4000 0076**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si., M.S.**

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



FINAL PROJECT - KS184822

**OPTIMISATION PREVENTIVE MAINTENANCE
FOR CONTAINER CRANE-05 USING GEOMETRIC
PROCESS-GENETIC ALGORITHM IN TERMINAL
NILAM PT. PELABUHAN INDONESIA III (Persero)**

**NABILA SAVINA
NRP 062115 4000 0076**

Supervisors

Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si., M.S.

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

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA CONTAINER CRANE-05 MENGGUNAKAN *GEOMETRIC PROCESS-GENETIC ALGORITHM* DI TERMINAL NILAM PT. PELABUHAN INDONESIA III (Persero)

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 :

Nabila Savina

NRP. 062115 4000 0076

Disetujui oleh Pembimbing:

Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

NIP. 19620408 198701 1 001

Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si, M.Sc

NIP. 1991201711036

(*Benny*)

(*PHI*)



Mengetahui,
Kepala Departemen

Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

**OPTIMASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA
CONTAINER CRANE-05 MENGGUNAKAN *GEOMETRIC
PROCESS-GENETIC ALGORITHM* DI TERMINAL NILAM
PT. PELABUHAN INDONESIA III (Persero)**

Nama Mahasiswa : Nabila Savina
NRP : 062115 4000 0076
Departemen : Statistika-FMKSD-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha,
S.Si, M.Sc

Abstrak

Terminal Nilam, merupakan terminal multipurpose yang melayani kegiatan bongkar muat peti kemas domestic. Salah satu faktor yang menentukan kelancaran proses bongkar muat adalah mesin container crane bekerja dengan baik, maka perlu dilakukan adanya kegiatan maintenance. Penelitian ini menggunakan metode Geometric process-Genetic Algorithm dan bertujuan untuk menentukan waktu optimum perusahaan melakukan tindakan pemeliharaan pada Sistem Hoist dan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05. Komponen utama dari Sistem Hoist adalah fuse dan Sistem Spreader adalah motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum pada Sistem Hoist menggunakan parameter OLS dan OLS-GA menghasilkan kerusakan yang sama yaitu kerusakan ke-10, sedangkan untuk hasil Sistem Spreader menggunakan parameter OLS pada kerusakan ke-8 dan menggunakan parameter OLS-GA pada kerusakan ke-11.

Kata Kunci: Container Crane, Genetic Algorithm, Geometric Process, Maintenance, Sistem Hoist, Sistem Spreader

**OPTIMISATION PREVENTIVE MAINTENANCE FOR
CONTAINER CRANE-05 USING GEOMETRIC PROCESS-
GENETIC ALGORITHM IN TERMINAL NILAM PT.
PELABUHAN INDONESIA III (Persero)**

Name : Nabila Savina
Student Number : 062115 4000 0076
Department : Statistika-FMKSD-ITS
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, M. T.
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si,
M.Sc

Abstract

Nilam Terminal, is a multipurpose terminal that serves domestic loading and unloading container's activities. One of the factors that determine the continuity of the loading and unloading process is when the container crane machine works well, so it needs to carry out maintenance activities. This study uses the Geometric process-Genetic Algorithm method. The objective of this study is to determine the optimum time the company carries out the maintenance of the Hoist System and Crane-05 Container Machine Spreader System. The main component of the Hoist System is fuse and the Spreader System is a motor. The results showed that the optimum time in the Hoist System used OLS parameters and OLS-GA parameter, which is the 10th failure, while for the Spreader System used OLS parameter on the 8th failure and used the OLS-GA parameter on the 11th failure.

Keywords: Container Crane, Genetic Algorithm, Geometric Process, Maintenance, System Hoist, Spreader System

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Optimasi Preventive Maintenance Pada Container Crane-05 Menggunakan Geometric Process-Genetic Algorithm Di Terminal Nilam Pt. Pelabuhan Indonesia Iii (Persero)”** dengan lancar.

Keberhasilan penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari banyaknya bantuan yang diberikan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah Avip Subarkah dan Ibu Hikmah, Kakak Cakik juga Adik Raul, serta semua keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri selaku dosen pembimbing dan Ibu Satyaning P. Paramitha, S.Si., M.Sc. selaku dosen co. pembimbing yang telah memberikan banyak sekali bimbingan dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir. Juga kepada Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S. dan Ibu Wibawati, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Suhartono selaku Ketua Departemen Statistika ITS dan Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si, M.Si selaku Ketua Prodi S1 Statistika ITS. Juga kepada Ibu Kartika selaku dosen wali atas dukungan dan nasehat yang telah diberikan kepada penulis selama proses perkuliahan.
4. M. Luthfi Hardiawan, Mbak Raudha, Imas Ayu Lestari, Vivacious, Kating Energik, dan Kolega Ngopi yang menjadi teman dan selalu mendukung penulis.

Penulis berharap hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak. Semoga kebaikan dan bantuan yang telah

diberikan kepada penulis dibalas dengan kebaikan yang lebih besar lagi oleh Allah SWT. Amin

Surabaya, Mei 2019
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	7
2.2 Geometric Process.....	8
2.3 Pemeriksaan <i>Trend</i> dengan <i>Laplace</i>	9
2.4 Estimasi Parameter <i>Geometric Process</i>	9
2.5 Genetic Algorithm.....	10
2.6 Uji <i>Geometric Process</i>	15
2.7 Estimasi Mean dan Varians dari G_n	16
2.8 Model Pemeliharaan Optimum.....	17
2.9 Mesin <i>Container Crane</i> (CC04 dan CC05).....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Variabel Penelitian.....	21
3.3 Langkah Analisis.....	22

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Karakteristik Data	27
4.2 Pemeriksaan <i>Trend</i> Data Usia Mesin dan Lama Waktu Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	29
4.3 Estimasi Parameter untuk Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	30
4.3.1 Menggunakan Metode OLS	30
4.3.2 Menggunakan Metode <i>OLS-Genetic Algorithm</i>	32
4.4 Pengujian <i>Geometric Process</i> Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	36
4.4.1 Menggunakan Parameter OLS	37
4.4.2 Menggunakan Parameter OLS-GA	37
4.5 Estimasi <i>Mean</i> Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	38
4.5.1 Estimasi <i>Mean</i> Usia Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	39
4.5.2 Estimasi <i>Mean</i> Lama Waktu Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> dan Sistem <i>Spreader</i> pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	45
4.6 Penentuan Waktu Optimum <i>Preventive Maintenance</i>	49
4.6.1 Menggunakan Parameter OLS.....	50
4.6.2 Menggunakan Parameter OLS-GA	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61

5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65
BIODATA PENULIS	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Kerja Penerapan Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Suatu Masalah Optimasi	11
Gambar 2.2 Pengkodean Kromosom.....	12
Gambar 2.3 Metode <i>Roulette-Wheel Selection</i>	13
Gambar 2.4 Contoh Proses Pindah Silang atau <i>Crossover</i>	14
Gambar 2.5 Contoh Proses Mutasi.....	14
Gambar 2.6 Ilustrasi Mesin <i>Container Crane</i>	18
Gambar 3.1 Diagram Pareto Intensitas Kerusakan Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	21
Gambar 3.2 Diagram Alir.....	25
Gambar 4.1 Plot Kumulatif Usia Mesin (t) dan Banyak Kerusakan $n(t)$ <i>Container Crane-05</i>	28
Gambar 4.2 Ilustrasi Kromosom dari Usia Sistem Hoist Mesin <i>Container Crane-05</i>	32
Gambar 4.3 Pindah Silang Dua Buah Kromosom.....	34
Gambar 4.4 Ilustrasi Proses Mutasi pada Estimasi Parameter Usia Sistem <i>Hoist</i>	35
Gambar 4.5 <i>Plot</i> Jumlah Keruskaan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem <i>Hoist</i> pada <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS.....	51
Gambar 4.6 <i>Plot</i> Jumlah Keruskaan (N) dengan <i>Mean</i> Biaya Pemeliharaan Sistem <i>Spreader</i> pada <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS	52
Gambar 4.7 <i>Plot</i> Jumlah Keruskaan (N) dengan <i>Mean</i> Biaya Pemeliharaan Sistem <i>Hoist</i> pada <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	54
Gambar 4.8 <i>Plot</i> Jumlah Keruskaan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem <i>Spreader</i> pada	

<i>Container Crane-05 Menggunakan Parameter</i>	
OLS-GA.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Struktur Data Sistem pada <i>Container Crane-05</i>	22
Tabel 4.1 Pemerilsaan Laplace untuk Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin Container Crane-05	29
Tabel 4.2 Estimasi Parameter Usia Sistem Menggunakan Parameter OLS pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	31
Tabel 4.3 Estimasi Parameter Lama Waktu Perbaikan Sistem Menggunakan Parameter OLS pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	31
Tabel 4.4 Ilustrasi Kromosom Dalam Populasi Awal pada Optimasi Parameter	33
Tabel 4.5 Ilustrasi Kromosom Dalam Populasi Awal pada Optimasi Parameter	33
Tabel 4.6 Estimasi Parameter Usia Sistem Menggunakan Parameter OLS-GA pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	35
Tabel 4.7 Estimasi Parameter Lama Waktu Perbaikan Sistem Menggunakan Parameter OLS-GA pada Mesin <i>Container Crane-05</i>	36
Tabel 4.8 Statistik Uji Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Pada Mesin <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS	37
Tabel 4.9 Statistik Uji Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Pada Mesin <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	38
Tabel 4.10 Estimasi <i>Mean</i> Usia Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS	39
Tabel 4.11 Hasil μGn Mean Usia Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> (jam).....	40
Tabel 4.12 Estimasi Mean Usia Sistem pada Mesin <i>Container</i>	

<i>Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	41
Tabel 4.13 Hasil μGn Mean Usia Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> (jam)	42
Tabel 4.14 Estimasi Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS	45
Tabel 4.15 Hasil μGn Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> (jam)	46
Tabel 4.16 Estimasi Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	46
Tabel 4.17 Hasil μGn Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin <i>Container Crane-05</i> (jam)	47
Tabel 4.18 Biaya Perbaikan dan Penggantian	49
Tabel 4.19 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem <i>Hoist</i> Menggunakan Parameter OLS	50
Tabel 4.20 <i>Mean</i> Biaya Jangka Panjang Sistem <i>Spreader</i> Menggunakan Parameter OLS	52
Tabel 4.21 <i>Mean</i> Biaya Jangka Panjang Sistem <i>Hoist</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	53
Tabel 4.22 <i>Mean</i> Biaya Jangka Panjang Sistem <i>Spreader</i> Menggunakan Parameter OLS-GA	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Usia Mesin dan Lama Perbaikan Mesin Sistem Hoist Mesin Container Crane-05	65
Lampiran 2 Data Lama Usia dan Lama Perbaikan Mesin Sistem Spreader Mesin Container Crane-05	66
Lampiran 3 Syntax dan Output Pemeriksaan Trend Laplace Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist Mesin Container Crane-05 (R)	67
Lampiran 4 Syntax dan Output Pemeriksaan Trend Laplace Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 (R)	68
Lampiran 5 Syntax Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R).....	69
Lampiran 6 Output Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R) .	70
Lampiran 7 Output Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R)	71
Lampiran 8 Syntax Optimasi Parameter Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Metode Genetic Algorithm (R)	72
Lampiran 9 Output Parameter Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Metode Genetic Algorithm (R)	74
Lampiran 10 Syntax Geometric Process Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader	

	Menggunakan Parameter Genetic Algorithm (MATLAB).....	77
Lampiran 11	Output Geometric Process Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Parameter Genetic Algorithm (MATLAB).....	78
Lampiran 12	Perhitungan Estimasi Mean Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (Ms. Excel 2010).....	80
Lampiran 13	Perhitungan Estimasi Mean Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 dengan Parameter GA (Ms. Excel 2010).....	81
Lampiran 14	Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R)	82
Lampiran 15	Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R).....	84
Lampiran 16	Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R).....	85
Lampiran 17	Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R).....	86
Lampiran 18	Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive	

	Maintenance) Sistem Hoist pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R)	88
Lampiran 19	Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R)	89
Lampiran 20	Surat Pernyataan	90
Lampiran 21	Surat Pernyataan Publikasi	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis merupakan sebuah negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan lebih besar daripada daratan. Hal ini bisa terlihat dengan adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (\pm 81.000 km) yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Kekuatan inilah yang merupakan potensi besar untuk memajukan perekonomian Indonesia (PERINDO, 2017). Dengan melihat Negara Indonesia saat ini sudah menjalankan sistem pasar bebas yang mengakibatkan terjadinya persaingan yang sangat ketat antar produsen satu dengan yang lain, maka perlu mempersiapkan kualitas terhadap barang dan jasa yang akan di produksi. Salah satu aspek yang dapat memajukan perekonomian di Indonesia adalah bagian operasi pelabuhan.

PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) atau lebih dikenal dengan sebutan Pelindo 3 merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam jasa layanan operator terminal pelabuhan. Perusahaan di bentuk berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 58 Tahun 1991 tentang Pengalihan Bentuk Perusahaan Umum (Perum) Pelabuhan III Menjadi Perusahaan Perseroan (Persero). Sebagai operator terminal pelabuhan, PELINDO III mengelola 43 pelabuhan dengan 16 kantor cabang yang tersebar di tujuh propinsi di Indonesia meliputi Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan. Sebagai jembatan penghubung antar pulau maupun antar negara, peranan pelabuhan sangat penting dalam keberlangsungan dan kelancaran arus distribusi logistik

(PELINDO III, 2018). Di propinsi Jawa Timur tepatnya di Tanjung Perak terdapat Pelindo 3 yang memiliki tiga terminal untuk beroperasi dalam kegiatan bongkar muat yaitu Terminal Nilam, Terminal Jamrud, dan Terminal Mirah, ketiga terminal ini memiliki fungsi dan fasilitas yang berbeda-beda. Salah satunya adalah Terminal Nilam merupakan terminal *multipurpose* yang melayani kegiatan bongkar muat peti kemas domestik dengan dilengkapi 4 unit *container crane* (CC01, CC03, CC04, dan CC05), 5 unit *rubber tyred gantry* kapasitas 40 ton, 17 unit truk, serta lapangan penumpukan peti kemas yang luas (Candra & Arnolfianto, 2018).

Salah satu faktor yang menentukan kelancaran proses bongkar muat adalah mesin *container crane* bekerja dengan baik, maka perlu dilakukan adanya kegiatan *maintenance*. *Maintenance* merupakan kegiatan pendukung produksi yang sangat dibutuhkan guna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan pada suatu alat produksi (Sudrajat, 2011). Kegiatan ini lah yang tidak baik apabila diabaikan, karena jika mesin *container crane* mengalami kerusakan akan menghambat operasi bongkar muat yang apabila itu terjadi akan merugikan perusahaan dan penyewa jasa mesin *container crane*. Penelitian kali ini akan dilakukan pada mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam PT Pelabuhan Indonesia III (Persero), merupakan alat bongkar muat yang merupakan faktor terpenting dari operasi bongkar muat, karena fungsinya untuk memindahkan *container* dari ruang muat kapal ke pelabuhan dan sebaliknya (User's Manual, 2014). *Container Crane-05* dilengkapi sistem utama diantaranya *Control On, Hoist, Trolley, Gantry, Spreader, Twistlock*, dan *Boom*. *Container Crane-05* bersifat *repairable* sehingga dibutuhkan *preventive maintenance* untuk menghindari kerusakan pada bagian-bagian *Container Crane-05* yang akan menyebabkan berhentinya kerja bongkar muat yang ada di pelabuhan. Salah satu hal yang harus

diperhatikan adalah *preventive maintenance* pada sistem mekanikal dan elektrikal induksi. Dalam melakukan *preventive maintenance* terhadap *Container Crane-05*, perusahaan melakukan *daily maintenance* untuk dapat mendeteksi terjadinya kerusakan agar tidak menghambat berjalannya operasi bongkar muat. Tetapi pada kenyataannya perbaikan yang dilakukan setiap hari tidak efektif dan membuat biaya semakin membengkak, untuk itu dilakukan optimasi waktu pemeliharaan dengan melihat pada kerusakan beberapa sistem akan diperbaiki dan mempertimbangkan biaya minimum yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

Analisis Reliabilitas adalah probabilitas item menjalankan fungsinya tanpa kegagalan dalam suatu kondisi yang telah ditetapkan pada periode waktu tertentu. Keandalan juga erat kaitannya dengan kegagalan (*failure*), sehingga nilai kendalan itu sendiri dapat dihitung/dikuantifikasi dengan menggunakan *failure rate* (laju kegagalan)/ λ . *Failure rate* dapat didefinisikan sebagai rata-rata jumlah kegagalan yang terjadi dalam periode waktu tertentu (O'Connor, 1995). Laju kerusakan suatu mesin dapat mengalami *trend*, salah satu metode analisis reliabilitas yang dapat mengatasi adanya *trend* adalah *Geometric Process*. Menurut Lam (1992) pendekatan *Geometric Process* lebih relevan dan realistis untuk memodelkan permasalahan penurunan kinerja mesin setelah dilakukan perbaikan.

Leung & Fong (2000) melakukan penelitian untuk menyelesaikan masalah perawatan dan penggantian *gearbox* bus yang menghasilkan waktu penggantian optimal dengan meminimalkan biaya rata-rata jangka panjang perhari yang ditentukan untuk setiap jenis *gearbox*. Selain itu, penelitian mengenai optimas perbaikan atau penggantian dengan pendekatan *Geometric Process* juga dilakukan oleh Anisa Nur Fadilah (2018) untuk Mesin *Boiler* di PT X. Didapatkan waktu optimum untuk

melakukan kegiatan pemeliharaan Mesin *Boiler* di PT X dengan biaya minimum adalah pada saat kerusakan ke-6 dengan estimasi biaya sebesar Rp. 6.301.382.

Digunakan juga *Genetic Algorithm* untuk optimalisasi parameter, merupakan metode pencarian *heuristic* secara acak atau random yang kemudian diatur mengikuti alur evolusi biologis (Suyanto, 2005). Penelitian sebelumnya tentang optimasi parameter menggunakan *Genetic Algorithm* dan model yang digunakan adalah Regresi Linier Berganda yaitu dilakukan oleh Rozikin & Solichin (2017) untuk prediksi persediaan bahan makanan pada restoran cepat saji. Dengan demikian pihak restoran dapat memprediksikan seberapa banyak jumlah makanan yang akan terjual pada bulan selanjutnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat akurasi sistem prediksi yang dihasilkan sebesar 89.9% dan tingkat kesalahan sebesar 10.1%.

Dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan pendekatan *Geometric Process* tersebut diharapkan dapat memberikan saran dan informasi mengenai waktu optimum dan biaya minimum *preventive maintenance* pada Sistem Mesin *Container Crane-05* diterminal Nilam PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) sehingga memaksimalkan hasil produksi dan mengurangi biaya perawatan mesin bagi perusahaan. Dan juga dilakukan optimasi parameter menggunakan *Genetic Algorithm* untuk membandingkan hasil manakah yg paling optimum antara menggunakan parameter dari penurunan OLS atau parameter OLS yang sudah di optimasi dengan menggunakan GA.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan yang ada pada latar belakang sebelumnya, Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) sudah melakukan *daily maintenance* pada *Container Crane-05* dengan cara pengecekan oleh teknisi agar mengurangi

kerusakan dan biaya kerusakan, maka perlu dilakukan analisis agar mendapatkan aktivitas *preventive maintenance* yang optimal pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan *Geometric Process*. Penggunaan metode *Genetic Algorithm* (GA) adalah untuk optimasi parameter *Ordinary Least Square* (OLS), sehingga hasil perhitungan parameter dari hasil penurunan menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) akan dibandingkan dengan optimasi parameter OLS-GA. Optimasi *preventive maintenance* ditujukan untuk mendapatkan kebijakan waktu optimum pemeliharaan pada Sistem Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam PT Pelabuhan Indonesia III (Persero).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang sudah di jelaskan sebelumnya untuk mendapatkan waktu *preventive maintenance* pada Sistem Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) yang optimal menggunakan *Geometric Process-Genetic Algorithm* yang dapat memberikan kebijakan waktu optimum pemeliharaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti dalam mengaplikasikan *Geometric Process- Genetic Algorithm*. Selain itu, Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) dapat memberikan kebijakan dalam mengatur waktu perbaikan *preventive* pada Sistem Mesin *Container Crane-05* yang lebih efisien.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas penelitian ini agar menjadi terarah, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Data pemeliharaan didapatkan dari *Daily Report* yang dihimpun dari PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) selama bulan Januari 2017 hingga desember 2018.
2. Optimasi *preventive maintenance* hanya dilakukan pada Sistem Mesin *Container Crane-05* yang memiliki banyak kerusakan yang disajikan berdasarkan diagram pareto dan data dari *Daily Report*.
3. Penentuan optimasi perawatan hanya pada komponen-komponen utama yang nantinya akan di tentukan oleh peneliti dengan melihat frekuensi kerusakan terbanyak dan biaya termahal setiap komponen yang diinformasikan oleh perusahaan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau untuk mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. *Maintenance* merupakan kegiatan pendukung produksi yang sangat dibutuhkan guna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan pada suatu alat produksi. *Maintenance* dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi, maka perawatan akan menjadi lebih intensif (Sudrajat, 2011).

Menurut Wang dan Pham (2006), *Maintenance* dikelompokkan menjadi dua yaitu, *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

a. *Preventive Maintenance* (PM) adalah kegiatan yang terjadwal secara teratur untuk melakukan perbaikan pada komponen dan perlengkapan. Terdiri dari inspeksi yang terjadwal, pembersihan pelumasan, perbaikan komponen sampai penggantian suku cadang. PM merupakan tindakan perawatan yang berbasis waktu sesuai jadwal. PM dapat mengurangi frekuensi *breakdown* dan perbaikan, membuat penjadwalan dalam hal *scheduling parts*, para pekerja, dan proses operasi, dan dapat mempermudah mengestimasi biaya pemeliharaan (berdasarkan jadwal).

b. *Corrective Maintenance* (CM) adalah suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan saat suatu komponen atau sistem tidak berjalan sebagaimana mestinya, atau rusak (*breakdown*). Metode ini juga bisa berarti semua kegiatan yang dilakukan adalah sebagai hasil kerusakan, untuk membuat sistem kembali menjadi

seperti standar operasi yang telah ditentukan. Terdapat *breakdown maintenance* yang berarti dilakukan perbaikan pada saat kondisi mesin tidak dalam keadaan beroperasi dan harus diperbaiki untuk bisa beroperasi kembali.

Selain penjelasan diatas terkait macam-macam *maintenance*, menurut buku karangan Soetadji Prabowo (2012) berjudul *Preventive and Predictive Maintenance* terdapat *predictive maintenance* yang merupakan teknik pemeliharaan yang dilakukan setelah *monitoring* kondisi mesin atau peralatan menunjukkan keadaan yang melebihi ambang kewajaran.

2.2 Geometric Process

Pendekatan *Geometri Process* (GP) dianggap lebih realistis, relevan, dan langsung memodelkan karakteristik sistem suatu mesin dan dapat memodelkan operasi mesin secara berturut-turut (Leung & Fong, 2000). Terdapat dua definisi *Geometric Process* (GP) yang diberikan sebagai berikut.

Definisi 1. Diberikan variabel random G_1, G_2, \dots untuk $r > 0$, $\{r^{n-1}G_n, n = 1, 2, \dots\}$ membentuk suatu *Renewal Process* (RP) maka $\{G_n, n = 1, 2, \dots\}$ merupakan suatu *Geometric Process* (GP), r disebut sebagai rasio atau parameter dari *Geometric Process* (GP).

Definisi 2. Jika $r > 1$, maka *Geometric Process* (GP) tersebut merupakan suatu *Geometric Process* (GP) yang menurun. Jika $0 < r < 1$, maka *Geometric Process* (GP) tersebut merupakan suatu *Geometric Process* (GP) yang meningkat. Jika $r = 1$, maka *Geometric Process* (GP) merupakan suatu *Renewal Process* (RP) dengan:

G_n : *Geometric Process* (X_n maupun Y_n) untuk $n = 1, 2, 3, \dots, N$

X_n : Usia mesin (*lifetime*) setelah ke $(n - 1)$ perbaikan dengan $X_0 = 0$

Y_n : Waktu perbaikan setelah n kerusakan untuk $1,2,3, \dots, N$
 Komponen yang mengalami penurunan keandalan dapat diasumsikan bahwa usia komponen membentuk *Geometric Process* (GP) yang menurun, sedangkan waktu pemeliharaan akan membentuk *Geometric Process* (GP) yang meningkat. Waktu penggantian komponen pada umumnya bersifat stokastik, sehingga tidak mempertimbangkan usia komponen.

2.3 Pemeriksaan *Trend* dengan *Laplace*

Pemeriksaan *trend* data pada penelitian ini menggunakan *Laplace* yang digunakan untuk memeriksa keberadaan *trend* kerusakan dalam mesin. Nilai *Laplace* diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut.

$$L_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} t_{i,k} - \frac{T_k}{2}}{T_k \sqrt{\frac{1}{12N_k}}} \quad (2.1)$$

T_k : *Time truncated*

Dimana L merupakan pendekatan distribusi normal standar, $t_{i,k}$ adalah waktu kerusakan berdasarkan *lifetime* ke- i pada sistem ke- k dan T_k adalah *time truncated* yang telah ditentukan pada sistem ke- k . Jika nilai L bernilai lebih dari nol, maka dataset $\{G_1, G_2, \dots, G_N\}$ menunjukkan adanya *trend* naik, sebaliknya apabila nilai L kurang dari nol artinya dataset $\{G_1, G_2, \dots, G_N\}$ menunjukkan adanya *trend* turun (Adams, 2017).

2.4 Estimasi Parameter *Geometric Process*

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk estimasi parameter, salah satunya adalah *Ordinary Least Square*.

Teknik persamaan regresi linier sederhana yang dapat digunakan sebagai berikut (Lam, 1992).

$$Y_n = r^{n-1}G_n \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2.2)$$

$$\ln Y_n = (n-1) \ln r + \ln G_n \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2.3)$$

Dari definisi 1 yang ada pada bab (2.2), Y_n bersifat identik dan independen (IID) yang dituliskan sebagai berikut.

$$\ln Y_n = \alpha + e_n \quad (2.4)$$

Dimana $E(\ln Y_n) = \alpha$ dan e_n bentuk *error* yang juga bersifat identik dan independen (IID) dengan *mean* = 0 dan *varians* = σ_e^2 . Maka persamaan (2.3) menjadi sebagai berikut.

$$\ln G_n = -(n-1) \ln r + \alpha + e_n \quad (2.5)$$

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

Estimasi parameter $\ln r$, α , dan σ_e^2 dapat dilakukan dengan menggunakan teknik regresi linier sederhana. estimasi titik menggunakan metode *least square* $\ln r$, α , dan σ_e^2 dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Lam, 1992).

$$\ln \hat{r} = \frac{6}{(N-1)N(N+1)} [(N-2) \sum_{n=1}^N G_n - 2 \sum_{n=1}^N (n-1) \ln G_n] \quad (2.3)$$

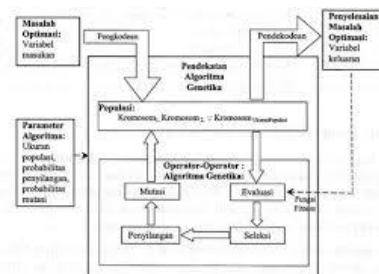
$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{n=1}^N \ln G_n}{N} + \left(\frac{N-1}{2}\right) \ln \hat{r} \quad (2.4)$$

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum_{n=1}^N (\ln G_n)^2 - \frac{(\sum_{n=1}^N \ln G_n)^2}{N} \right] - \frac{1}{N-2} \left[\ln \hat{r} \left(\left(\frac{N-1}{2}\right) \sum_{n=1}^N \ln G_n - \sum_{n=1}^N (n-1) \ln G_n \right) \right] \quad (2.5)$$

2.5 Genetic Algorithm

Algoritma Genetika/*Genetic Algorithm* (GA) adalah algoritma pencarian yang didasarkan atas mekanisme seleksi alami dan evolusi biologis. Algoritma genetika mengkombinasikan antara deretan struktur dengan pertukaran informasi acak ke bentuk algoritma pencarian dengan beberapa perubahan bakat pada manusia. Pada setiap generasi, himpunan baru dari deretan individu dibuat berdasarkan kecocokan pada generasi sebelumnya (Goldberg, 1989). Apapun masalah optimasi yang akan

diselesaikan dengan Algoritma Genetika perlu dikodekan ke dalam kromosom-kromosom secara tepat. Hal ini disebabkan dalam proses komputasi yang sebenarnya, kromosom-kromosom itulah yang akan diproses dalam Algoritma Genetika (Zukhri, 2014).



Gambar 2.1 Kerangka Kerja Penerapan Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Suatu Masalah Optimasi

Terdapat komponen-komponen Algoritma Genetika untuk memudahkan pemahaman tentang cara kerja Algoritma Genetika adalah sebagai berikut:

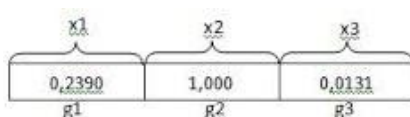
a. Inisialisasi populasi

Inisialisasi populasi dilakukan untuk membangkitkan sebuah populasi yang berisi sejumlah kromosom dimana setiap kromosom diisi dengan beberapa gen. banyaknya populasi yang dibangkitkan mencerminkan jumlah solusi yang mungkin untuk permasalahan yang diangkat (Suyanto, 2005).

b. Pengkodean kromosom

Teknik pengkodean yang paling banyak digunakan dalam skema pengkodean kromosom adalah *binary encoding*. Kumpulan beberapa bilangan bit kemudian menyusun menjadi kromosom atau solusi dari variabel yang dicari melalui sebuah mekanisme pengkodean. Jumlah gen atau bilangan biner serta batas atas dan batas bawah yang digunakan untuk mengkodekan kromosom dapat bervariasi tergantung kebutuhan bilangan real atau solusi yang diinginkan, dimana pada penelitian kali ini pengkodean

bilangan real akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada (Suyanto, 2005).



Gambar 2.2 Pengkodean Kromosom

c. Regresi Linier Sederhana

Regresi sederhana dapat digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen (Sugiyono, 2015). Menurut Drapper and Smith (1992), analisis regresi merupakan metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis data dan mengambil kesimpulan yang bermakna tentang hubungan ketergantungan variabel terhadap variabel lainnya. Secara umum persamaan regresi linier dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2.12)$$

Y : variabel respon (dependen) yang diprediksikan

β_0, β_1 : parameter regresi

ε : error

X : variabel prediktor (independen) yang mempunyai nilai tertentu

d. Nilai *fitness*

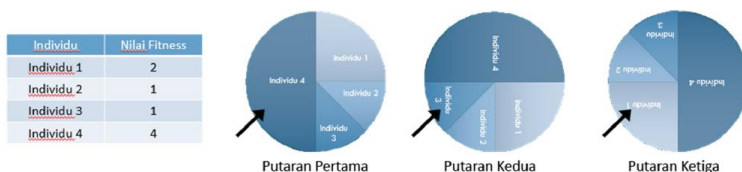
Di dalam evolusi alam, individu yang bernilai *fitness* tinggi yang akan bertahan hidup, sedangkan yang bernilai *fitness* rendah akan mati (Suyanto, 2005). Dalam melakukan pemilihan nilai *fitness* pada regresi linier ketika telah mendapatkan nilai dari suatu prediksi adalah menggunakan nilai *SSE*. Karena menurut Suhartono (2008), *SSE* adalah kesesuaian terbaik yang meminimumkan jumlah kuadrat penyimpangan nilai Y yang diamati dari nilai-nilai yang diramalkan (jumlah kuadrat kesalahan $\sum \varepsilon^2$). Adapun perhitungan nilai *SSE* adalah sebagai berikut.

$$SSE = \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y})^2$$

$$fitness = 1/SSE \quad (2.13)$$

e. Seleksi orang tua

Pemilihan dua buah kromosom sebagai orang tua, yang akan dipindah silangkan, biasanya dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*-nya. Suatu metode seleksi yang umum digunakan adalah *roulette-wheel* (roda roulette). Sesuai dengan namanya, metode ini menirukan permainan roulette-wheel dimana masing-masing kromosom menempati potongan lingkaran pada roda roulette secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*-nya. Metode *roulette-wheel selection* sangat mudah diimplementasikan dalam pemrograman. Pertama, dibuat interval nilai kumulatif (dalam interval [0,1]) dari nilai *fitness* masing-masing kromosom dibagi total nilai *fitness* dari semua kromosom. Sebuah kromosom akan terpilih jika bilangan random yang dibangkitkan berada dalam interval akumulatifnya (Suyanto, 2005).



Gambar 2.3 Metode *Roulette-Wheel Selection*

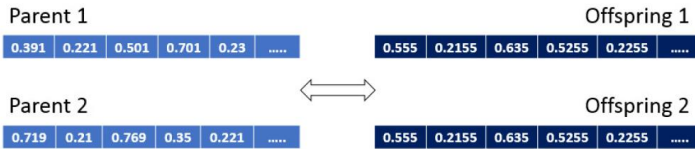
f. *Whole arithmetic crossover* (pindah silang)

Salah satu komponen paling penting dalam Algoritma Genetika adalah *crossover* atau pindah silang. Sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus bisa diperoleh dari proses memindahkan silang dua buah kromosom (Suyanto, 2005).

Menurut Eiben & Smith (2012), gen pada komponen *offspring* (*child*) *whole arithmetic crossover* diperoleh dari hasil operasi aritmatika gen pada kromosom *parent*, dimana proses aritmatika adalah sebagai berikut.

$$child = \alpha \cdot \bar{x} + (1 - \alpha) \cdot \bar{y} \quad (2.14)$$

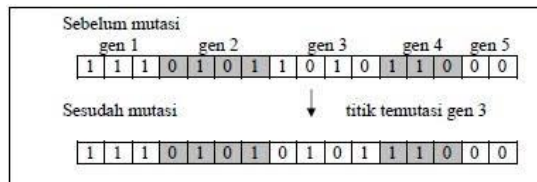
dimana \bar{x} dan \bar{y} adalah nilai gen dari dua *parent* yang berbeda, dan juga α adalah variabel pengali yang nilainya berkisar antara 0 – 1. Berikut merupakan ilustrasi proses *whole arithmetic crossover* dengan nilai α sebesar 0.5, yang berarti hasil kedua *offspring* (*child*) akan identik.



Gambar 2.4 Contoh Proses Pindah Silang atau *Crossover*

g. Mutasi

Prosedur mutasi sangatlah sederhana. Untuk semua gen yang ada, jika bilangan random yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi p_{mut} yang ditentukan maka diubah gen tersebut menjadi nilai kebalikannya (dalam binary encoding, 0 diubah 1, dan 1 diubah 0). Biasanya p_{mut} diset sebagai $1/n$, dimana n adalah jumlah gen dalam kromosom. Dengan p_{mut} sebesar ini berarti mutasi hanya terjadi pada sekitar satu gen saja. Pada *Genetic Algorithm* sederhana, nilai p_{mut} adalah tetap selama evolusi (Suyanto, 2005).



Gambar 2.5 Contoh Proses Mutasi

h. Elitise

Karena seleksi dilakukan secara random, maka tidak ada jaminan bahwa suatu individu bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Kalaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih,

mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai *fitness*nya menurun) karena proses pindah silang. Untuk menjaga agar individu bernilai *fitness* tertinggi tersebut tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa kopinya (Suyanto, 2005).

i. Penggantian Populasi

Dalam algoritma genetika dikenal skema penggantian populasi yang disebut *generational replacement*, yang berarti semua individu (miasal N individu dalam satu populasi) dari suatu generasi digantikan sekaligus oleh N individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Agar jumlah individu dalam populasi tetap sama, maka dalam skema penggantian harus ada individu yang dihilangkan, bisa dipilih individu yang paling tua atau incividu dengan *fitness* paling rendah.

Secara umum skema penggantian populasi dapat dirumuskan berdasarkan suatu ukuran yang disebut *generational gap* G . ukuran ini menunjukkan persentase populasi yang digantikan dalam setiap generasi. Pada skema *generational replacement*, $G = 1$ (Suyanto, 2005)

2.6 Uji Geometric Process

Pengujian *Geometric Process* (GP) digunakan untuk mengetahui apakah data berasal dari *Geometric Process* (GP) atau tidak. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian *Geometric Process* (GP) adalah sebagai berikut (Leung & Fong, 2000).

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

$H_0: r \neq 1$ (rasio keandalan tidak sama dengan 1 atau merupakan *geometric process*)

Statistik Uji:

$$t = \frac{-\ln \hat{r} \sqrt{(N-1)N(N+1)}}{\hat{\sigma}_e \sqrt{12}} \quad (2.6)$$

t berdistribusi *student-t* dengan derajat bebas $(N - 2)$. Jika $|t| > t_{(N-2);0,025}$, maka H_0 ditolak pada level signifikansi 5%. Artinya data set $\{G_1, G_2, \dots, G_N\}$ berasal dari *geometric process*.

2.7 Estimasi Mean dan Varians dari G_n

Pertama, estimasi rata-rata dan variansi dari G_n dilakukan dengan menggunakan estimasi yang sesuai dengan nilai r yang didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Leung & Fong, 2000).

- a. Jika rasio $r > 1$, estimasi *mean* dan *varians* dari G_1 sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{(1-\hat{r}^{-1})\sum_{N=1}^N G_n}{1-\hat{r}^{-N}} \quad (2.7)$$

dan

$$\hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (\hat{r}^{-1} G_n)^2 - \frac{\sum_{n=1}^N (\hat{r}^{-1} G_n)^2}{N}}{N-1} \quad (2.8)$$

- b. Jika $0 < r < 1$, *mean* (μ_{G_1}) diestimasi menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$2\mu_{G_1}^2 \ln \mu_{G_1} - 2\hat{\alpha} \mu_{G_1}^2 - \sigma_{G_1}^2 = 0 \quad (2.9)$$

Dimana $\hat{\alpha}$ dan $\sigma_{G_1}^2$ masing-masing ditentukan oleh persamaan (2.4) dan (2.8)

- c. Jika $r = 1$, estimasi *mean* (μ_{G_1}) dan *variansi* ($\hat{\sigma}_{G_1}^2$) masing-masing ditentukan sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{\sum_{n=1}^N G_n}{N} \text{ dan } \hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (G_n - \hat{\mu}_{G_1})^2}{N-1} \quad (2.10)$$

Kedua, estimasi *mean* (μ_{G_1}) dan *variansi* ($\hat{\sigma}_{G_1}^2$) dari G_n untuk $n = 2, 3, \dots, N$ dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{G_n} = \frac{\hat{\mu}_{G_1}}{\hat{r}^{n-1}} \text{ and } \hat{\sigma}_{G_n}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_1}^2}{\hat{r}^{2(n-1)}} \quad (2.11)$$

2.8 Model Pemeliharaan Optimum

Salah satu tindakan pemeliharaan adalah melakukan penggantian komponen. Waktu penggantian untuk komponen rusak yang dapat diperbaiki pada umumnya bersifat stokastik, sehingga tidak mempertimbangkan berapa usia komponen yang digunakan, maka akan membentuk *renewal process*. Untuk mempermudah perhitungan, waktu penggantian diasumsikan diabaikan. Oleh sebab itu, $w = 1$ dan $d_R = 0$, sehingga rata-rata biaya jangka panjang per satuan waktu akan seperti persamaan berikut (Leung & Fong, 2000).

$$l(N) = \frac{c_f \mu_{Y_i} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + c_R - w \mu_{X_i} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{\mu_{X_i} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{Y_i} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + d_R}$$

$$l(N) = \frac{c_f \mu_{Y_i} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} + c_R - \mu_{X_i} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}}}{\mu_{X_i} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{Y_i} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}}$$
(2.12)

Untuk $N = 1, 2, 3, \dots$

dengan,

- c_R : rata-rata biaya perawatan
- c_f : biaya penggantian kerusakan
- a : parameter *geometric process* usia mesin
- b : parameter *geometric process* waktu perbaikan
- μ_{X_i} : rata-rata usia mesin setelah kerusakan pertama
- μ_{Y_i} : rata-rata perbaikan mesin setelah kerusakan pertama
- w : pendapatan rata-rata dari kerja mesin per hari
- d_R : rata-rata lama waktu perbaikan
- $l(N)$: biaya rata-rata jangka panjang per-satuan waktu, fungsi dari jumlah kerusakan N
- N : jumlah kerusakan

Kebijakan penggantian optimal ditentukan dengan meminimalkan $l(N)$ terhadap N . Berikut ini merupakan langkah-langkah penentuan kebijakan waktu penggantian optimal.

1. Menghitung rata-rata biaya jangka panjang per-satuan waktu $l(N)$ untuk $N = 1, 2, 3, \dots$ menggunakan persamaan (2.)
2. *Plot* rata-rata biaya jangka panjang per-satuan waktu $l(N)$ terhadap N kemudian dapat diperoleh waktu penggantian optimal yang ditunjukkan dengan titik minimum pada kurva.

2.9 Mesin *Container Crane* (CC04 dan CC05)

Definisi container yang digunakan dalam penelitian ini, menurut (User's Manual, 2014) *container crane* didesain dan diproduksi berdasarkan permintaan dari kebutuhan perusahaan masing-masing dan digunakan untuk alat bongkar muat container. CC dilengkapi beberapa sistem utama yaitu *boom*, *hoist*, *trolley*, *gantry*, *spreader*, dan *control on*. Selain itu *crane* ini meliputi lintasan rel, tenaga listrik, troli pendrong tunggal, menara pengawas, dan tipe kerangka yang mampu untuk memindahkan *container* sesuai struktur penumpunya.



Gambar 2.6 Ilustrasi Mesin *Container Crane*

Crane ini dilengkapi dengan kotak tipe *luffing boom*, mampu ditingkatkan sesuai struktur kapal yang ada. *Crane* ini dapat menangani container ISO 20', 40' dan 45'. Kapasitas pengangkatan *telescoping spreader* adalah 40 metrik ton. Voltase

sumber daya listrik *crane* ini 6,6/3,3 KV, 3 fase, 50Hz yang di transmisikan dari tanah ke gigi voltase tinggi diruang mesin melalui gulungan kabel bermotor di balok portalnya. Setelah di tranformasikan melalui transformer tegangan tinggi, dayanya di distribusikan ke setiap cabinet control pada ruang listrik untuk menggerakkan mekanisme utama masing-masing.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

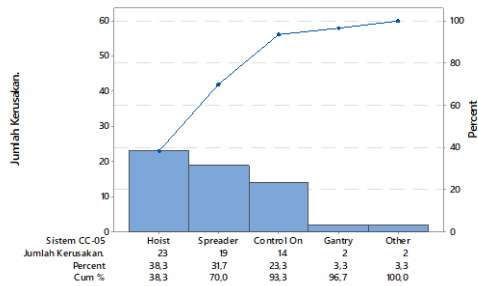
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari data *preventive maintenance* (PM) *Daily Report* periode Januari 2017 sampai Desember 2018 yang didapatkan dari Divisi Teknik PT Pelabuhan Indonesia III (Persero). Optimasi dan simulasi algoritma genetika menggunakan sampel data *preventive maintenance* yang dilakukan setiap hari pada jam 07.00-08.00 WIB dan dikerjakan oleh teknisi.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah usia pakai (*lifetime*) dan waktu kerusakan sistem pada Mesin *Container Crane-05*. Data usia pakai (*lifetime*) dan lama waktu perbaikan tersebut dalam satuan jam. Variabel ditentukan melalui penentuan objek penelitian yang dilakukan berdasarkan hasil analisis diagram Pareto yang menghasilkan intensitas kerusakan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Pareto Intensitas Kerusakan Sistem pada Mesin *Container Crane-05*

Seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.1, intensitas kerusakan tertinggi yang terjadi pada sistem Mesin *Container Crane-05* terutama Sistem *Hoist* yang mencapai 23 kali, disusul Sistem *Spreader* sebanyak 19 kali, dan Sistem *Control On* sebanyak 14

kali. Tetapi karena Sistem *Control On* bersifat *non-repairable* yang artinya apabila ada kerusakan tidak memerlukan perbaikan melainkan penggantian, sehingga komponen dengan aktivitas *preventive maintenance* yang akan dioptimasi dalam penelitian ini adalah Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*. Berikut adalah struktur data untuk ketiga sistem pada Mesin *Container Crane-05*

Tabel 3.1 Struktur Data Sistem pada *Container Crane-05*

Sistem k		
Kerusakan ke- i	Usia Mesin ($x_{i,k}$)	Lama Waktu Perbaikan ($y_{i,k}$)
1	$x_{1,k}$	$y_{1,k}$
2	$x_{2,k}$	$y_{2,k}$
\vdots	\vdots	\vdots
i	$x_{i,k}$	$y_{i,k}$
\vdots	\vdots	\vdots
N	$x_{N,k}$	$y_{N,k}$

Keterangan :

N : Jumlah terjadinya kerusakan

k : 1, 2

$x_{1,k}$: Usia ke-1 sistem ke- k

x_N : Usia ke- N sistem ke- k

y_1 : Lama waktu perbaikan ke-1 sistem ke- k

y_N : Lama waktu perbaikan ke- N sistem ke- k

3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis yang dilakukan guna mencapai tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan variabel usia dan lama waktu perbaikan Sistem Mesin *Container Crane-05* yang memiliki kerusakan terbanyak.
2. Mendeskripsikan usia Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesini *Container Crane-05*.
3. Memeriksa *trend* usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesini *Container Crane-*

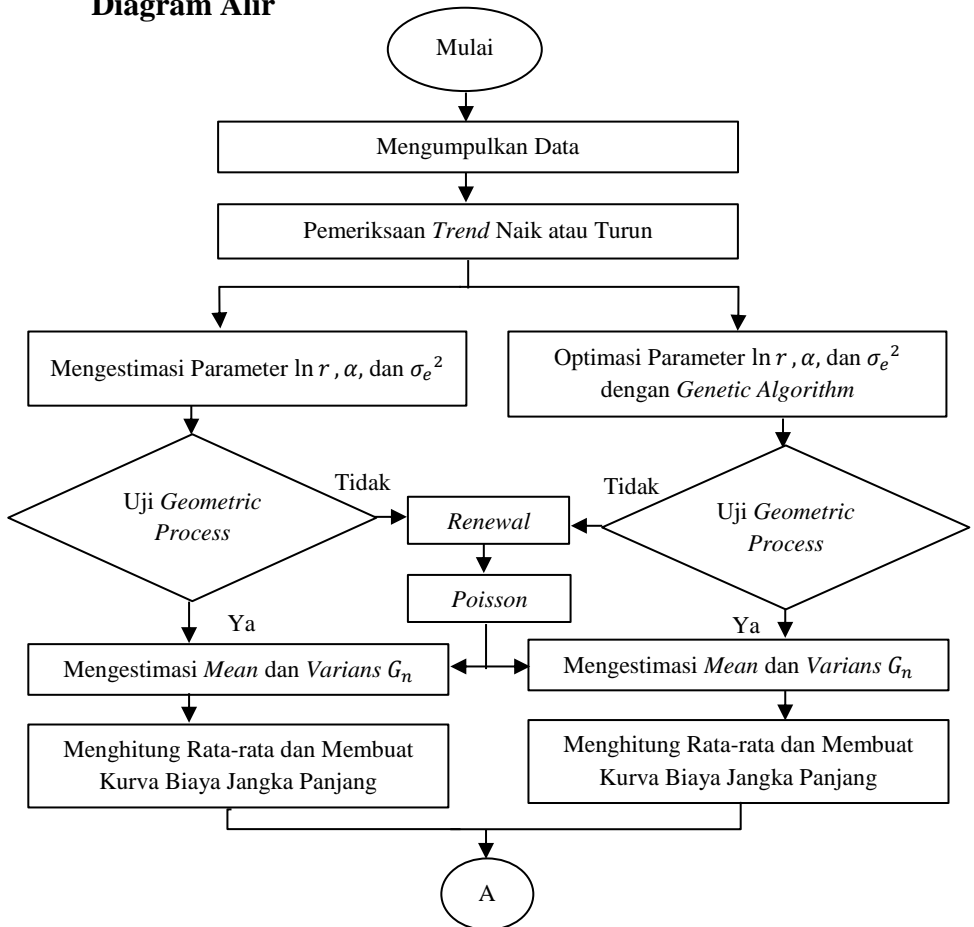
05 dengan menggunakan statistik uji *Laplace* menggunakan Persamaan (2.1).

4. Berdasarkan langkah 3 jika terdapat *trend*, maka dalam data diduga data berasal dari *Geometric Process*, sehingga dilakukan estimasi parameter $\ln r$, α , dan $\hat{\sigma}_e$ dengan OLS dan OLS-GA.
 - a. Menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) dengan cara menurunkan Persamaan (2.2) sehingga untuk mengestimasi parameter $\ln \hat{r}$, $\hat{\alpha}$, dan $\hat{\sigma}_e$ didapatkan pada Persamaan (2.3) – (2.5).
 - b. Menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) dengan optimasi *Genetic Algorithm* (GA).
 - Menentukan fungsi *fitness* untuk setiap kromosom yang didapatkan dari nilai kecukupan model regresi seperti pada persamaan (2.13).
 - Menyusun kromosom dengan membangkitkan 50 kromosom, kromosom yang dibangkitkan terdiri dari 2 gen yang menunjukkan parameter *Geometric Process* yaitu $\ln r$ dan α . Nilai inisialisasi kromosom diperoleh dari nilai parameter $\ln r$ dan α dari langkah 4a.
 - Mengevaluasi masing-masing kromosom dengan menggunakan nilai *fitness*.
 - Melakukan proses seleksi dengan metode *Roulette Wheel Selection* sebanyak 50 kromosom dari sejumlah 50 orangtua yang berasal dari populasi.
 - Melakukan proses *crossover* jika nilai bilangan *random* r antara $[0,1]$ yang dibangkitkan kurang dari nilai probabilitas *crossover* = 0,8.
 - Melakukan proses mutasi jika nilai bilangan *random* r antara $[0,1]$ yang dibangkitkan kurang dari nilai probabilitas mutasi = 0,01.

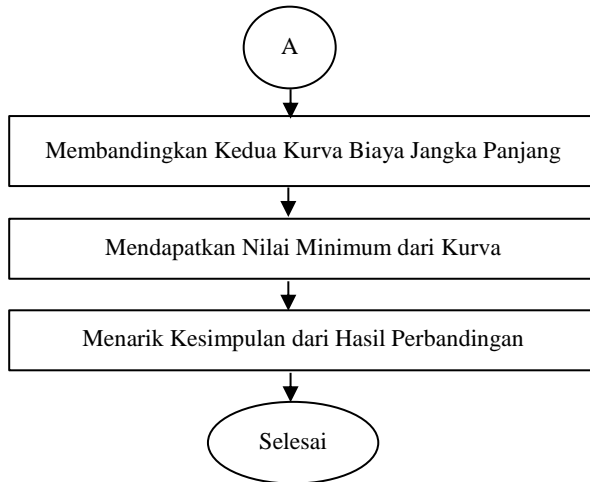
- Melakukan proses elitism dimana dua kromosom yang memiliki nilai *fitness* terbaik akan bertahan ke generasi selanjutnya.
 - Melakukan pergantian populasi lama dengan generasi baru dengan cara memilih kromosom yang memiliki nilai *fitness* yang telah melalui proses seleksi, *crossover*, mutasi, dan elitism.
 - Melakukan pengecekan terhadap solusi yang telah didapatkan, artinya apabila solusi yang didapatkan telah menghasilkan atau mendapatkan nilai *fitness* terbaik dan konvergen, maka solusi sudah didapatkan. Apabila kondisi ini belum terpenuhi, maka proses optimasi *Genetic Algorithm* diulang kembali dari langkah proses *crossover* sampai pengecekan terhadap solusi.
5. Melakukan pengujian terhadap data usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* apakah berasal dari *Geometric Process* (GP) menggunakan Persamaan (2.6).
 6. Melakukan estimasi parameter *mean* dan *varians* dari G_1 usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan Persamaan (2.7) – (2.10) sesuai nilai parameter r yang didapatkan dari langkah ke-4. Setelah itu menghitung estimasi parameter *mean* dan *varians* dari G_n usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan Persamaan (2.11)
 7. Mendapatkan rata-rata biaya jangka panjang menggunakan Persamaan (2.12) dengan kerusakan ke- N dan membuat kurva $l(N)$ pada Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*.

8. Mendapatkan model optimum untuk menentukan waktu *preventive maintenance* yang meminimumkan sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*.
9. Membandingkan hasil Optimasi antara parameter OLS dan parameter OLS-GA.
10. Menarik kesimpulan dan saran dari hasil analisis.

Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir (Lanjutan)

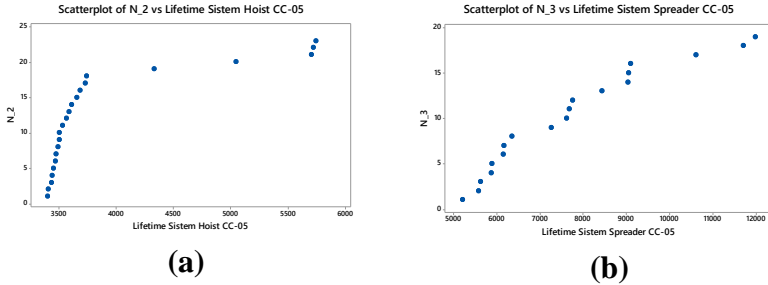
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero), pada proses bongkar muat menggunakan mesin *container crane* (CC01, CC03, CC04, dan CC05) dimana di bab sebelumnya sudah dijelaskan bahwa mesin yang digunakan adalah mesin *container crane-05* dan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*. Pada bab ini akan membahas mengenai pemeriksaan *trend* menggunakan Laplace untuk data Usia mesin dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* Mesin *Container Crane-05*. Selanjutnya dilakukan estimasi parameter $\ln r, \alpha, \sigma_e^2$ menggunakan OLS dan juga estimasi parameter $\ln r, \alpha, \sigma_e^2$ menggunakan OLS yang dioptimasi dengan *Genetic Algorithm* untuk menguji hipotesis data berasal dari *Geometric Process* serta menghitung estimasi mean dari G_n . Pada bab ini juga membahas penentuan waktu optimum *preventive maintenance* untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* Mesin *Container Crane-05* dengan membuat kurva antara rata-rata biaya jangka panjang per tahun $l(N)$ terhadap N pada parameter hasil OLS dan parameter hasil OLS yang dioptimasi dengan GA. Terakhir adalah membandingkan hasil kedua kurva untuk dijadikan pertimbangan perusahaan.

4.1 Karakteristik Data

Karakteristik mesin dapat dilihat melalui variabel kumulatif Usia mesin. Variabel kumulatif tersebut digunakan untuk dugaan awal pada penelitian apakah waktu antar kerusakan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* Mesin *Container Crane-05* menandakan adanya *trend* atau mengikuti NHPP. Usia mesin merupakan usia lama mesin mulai bekerja sampai mesin mengalami kerusakan. Data yang diperoleh dari perusahaan berupa data mesin yang

mengalami kerusakan dicatat setiap hari dengan satuan jam dan mesin bekerja selama 23 jam. Karakteristik data dari sistem mesin secara visual adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 Plot Kumulatif Usia Mesin (t) dan Banyak Kerusakan $n(t)$ *Container Crane-05* Sistem *Hoist* (a) dan Sistem *Spreader* (b)

Gambar 4.1 merupakan plot antara banyak kerusakan yang terjadi $N(t)$ dengan kumulatif mesin (t). Berdasarkan data yang diperoleh selama 2 tahun untuk Mesin *Container Crane-05* dapat dilihat hasil dari Plot (a) sistem *hoist* mengalami kerusakan sebanyak 23 kali kerusakan, Plot (b) sistem *spreader* mengalami kerusakan sebanyak 19 kali. Jarak antar titik pengamatan yang semakin kecil mengindikasikan bahwa sistem *hoist* dan sistem *spreader* pada mesin *Container Crane-05* mengalami kerusakan yang semakin cepat seiring bertambahnya usia mesin. Usia Sistem *Hoist* mengalami penurunan seiring bertambahnya usia mesin yang terlihat pada Plot (a), sedangkan usia Sistem *Spreader* mengalami peningkatan seiring bertambahnya usia mesin yang terlihat pada Plot (b). Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh dari lapangan yang tersedia dalam Lampiran 1 – 2.

4.2 Pemeriksaan *Trend* Data Usia Mesin dan Lama Waktu Perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Langkah pertama dalam analisis dengan *Geometric Process* adalah melakukan pemeriksaan apakah terdapat *trend* pada data Usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero). Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan persamaan Laplace pada Persamaan (2.1). Jika nilai pengujian Laplace yang dihasilkan bernilai positif, maka *trend* laju kerusakan mengalami peningkatan. Sedangkan jika hasilnya bernilai negatif, maka *trend* laju kerusakan mengalami penurunan. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Pemerilsaan Laplace untuk Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin Container Crane-05

Variabel	Sistem Mesin <i>Container Crane-05</i>	
	Laplace	
	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
Usia Sistem	-2,874358	2,192773
Lama Waktu Perbaikan	-8,3053	-7,548797

Nilai statistik uji Laplace yang dihasilkan untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) masing-masing sebesar -2,874358 dan 2,192773 dapat dilihat dalam Lampiran 4 – 5. Nilai Laplace pada Sistem *Hoist* bertanda negatif artinya *trend* usia sistem tersebut mengalami penurunan, sehingga laju kerusakan pada sistem tersebut semakin menurun atau usia sistem semakin lama semakin meningkat seiring bertambahnya usia mesin. Untuk Nilai Laplace pada Sistem *Spreader* bertanda positif artinya *trend* usia sistem tersebut mengalami peningkatan, sehingga laju kerusakan pada sistem

tersebut semakin meningkat atau usia sistem semakin lama semakin menurun seiring bertambahnya usia mesin. Hal ini sesuai dengan visual yang terlihat pada Gambar 4.1.

Pemeriksaan pada data lama waktu perbaikan kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* menghasilkan nilai Laplace yang negatif, artinya *trend* waktu perbaikan sistem mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan *preventive maintenance* yang dilakukan setiap hari Pukul 07.00 – 08.00 WIB oleh perusahaan kurang optimum dalam meningkatkan keandalan mesin. Adanya *trend* pada data usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* ini diduga mengikuti *Geometric Process*. Untuk membuktikan dugaan tersebut, maka dapat dilakukan pengujian selanjutnya.

4.3 Estimasi Parameter untuk Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Data usia dan lama waktu perbaikan ketiga sistem pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) menunjukkan adanya *trend* yang meningkat dan penurunan, sehingga diduga data ketiga sistem tersebut mengikuti *Geometric Process*. Namun sebelum melakukan pengujian *Geometric Process* perlu dilakukannya perhitungan estimasi parameter $\ln r$ dan α .

4.3.1 Menggunakan Metode OLS

Dalam melakukan pengujian *Geometric Process* membutuhkan nilai parameter, oleh karena itu dilakukan estimasi parameter menggunakan OLS seperti pada persamaan (2.3) – (2.5). Hasil perhitungan pada Lampiran 7, 9, dan 11 dapat dilihat dalam Tabel 4.2 untuk usia Sistem sebagai berikut.

Tabel 4.2 Estimasi Parameter Usia Sistem Menggunakan Parameter OLS pada Mesin *Container Crane-05*

Parameter	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
$\ln \hat{r}$	0,2900126	1,2657623
\hat{r}	1,336444	1,304425
$\hat{\alpha}$	2,412865	2,279017
$\hat{\sigma}_e^2$	0,3292038	0,4686706

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil estimasi parameter usia Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* yaitu, parameter r yang menghasilkan nilai lebih dari 1. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring dengan pemakaian sistem tersebut, maka usia sistem pada Mesin *Container Crane-05* akan semakin pendek hingga akhirnya sistem tersebut mengalami kerusakan. Estimasi parameter *varians* σ_e^2 tergolong kecil yaitu masing-masing sebesar 0,3292038 dan 0,4686706. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi parameter yang dihasilkan model regresi linier untuk usia sistem tersebut sudah cukup baik untuk menangkap keberadaan *trend*. Selanjutnya estimasi parameter untuk lama waktu perbaikan seperti pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Estimasi Parameter Lama Waktu Perbaikan Sistem Menggunakan Parameter OLS pada Mesin *Container Crane-05*

Parameter	Lama Waktu Perbaikan Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
$\ln \hat{r}$	2,459275	2,77506
\hat{r}	11,69633	16,03958
$\hat{\alpha}$	16,78595	15,26802
$\hat{\sigma}_e^2$	14,38952	13,67903

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil estimasi parameter lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* yaitu, parameter r yang menghasilkan nilai lebih dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu perbaikan ketiga mesin tersebut akan semakin berkurang atau cenderung menuju ke-0. Estimasi parameter *varians* (σ_e^2) tergolong memiliki nilai yang tinggi yaitu masing-

masing sebesar 14,38952 dan 13,67903. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi parameter yang dihasilkan model regresi linier untuk usia sistem tersebut sudah cukup baik untuk menangkap keberadaan *trend*.

4.3.2 Menggunakan Metode *OLS-Genetic Algorithm*

Optimasi parameter OLS menggunakan GA dengan jumlah kromosom sama dengan jumlah variabel usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*, dengan nilai *real valued*. Optimasi parameter ini bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter yang paling baik dengan melihat nilai *fitness* paling tinggi. Nilai *fitness* yang digunakan adalah nilai SSE seperti pada Persamaan (2.13). Parameter yang akan di optimasi adalah $\ln r$ dan α .

Pertama, dilakukan inisialisasi kromosom sebanyak 50. pada kromosom awal terdapat dua gen yang terdiri dari parameter $\ln r$ dan α . Hasil gen pertama merupakan adalah hasil perhitungan estimasi parameter sebelumnya yaitu menggunakan OLS. berikut adalah ilustrasi kromosom pada inisialisasi awal seperti pada Gambar 4.2 untuk data usia Sistem *Hoist*.

Parameter	α	$\ln r$
Kromosom	2,412865	0,2900126

Gambar 4.2 Ilustrasi Kromosom dari Usia Sistem *Hoist* Mesin Container Crane-05

Gambar 4.2 merupakan inisialisasi pada kromosom yang pertama untuk data usia Sistem *Hoist*. Kromosom yang terbentuk akan mengikuti proses GA untuk optimasi yang meliputi seleksi pindah silang, mutasi, dan elitism. Nilai *fitness* yang digunakan adalah nilai $1/SSE$. Setelah dilakukan inisialisasi kemudian membentuk 50 kromosom awal yang dibangkitkan untuk populasi awal yang disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Ilustrasi Kromosom Dalam Populasi Awal pada Optimasi Parameter

Populasi	Kromosom Usia Sistem <i>Hoist</i>	
	α	$\ln r$
1	1,507	0,289
2	1,890	0,231
3	2,765	0,104
\vdots	\vdots	\vdots
50	2,098	0,476

Langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap masing-masing kromosom yang telah dibentuk menggunakan nilai *fitness* yang telah ditentukan. Nilai *fitness* yang digunakan adalah $1/SSE$. Berikut adalah hasil nilai *fitness* untuk masing-masing kromosom pada populasi awal.

Tabel 4.5 Ilustrasi Kromosom Dalam Populasi Awal pada Optimasi Parameter

Populasi	Usia Sistem <i>Hoist</i>		Nilai <i>Fitness</i>
	α	$\ln r$	
1	1,507	0,289	0,567
2	1,890	0,231	0,345
3	2,765	0,104	0,546
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
50	2,098	0,476	0,512

Kemudian langkah selanjutnya adalah pembentukan kromosom orang tua dengan menggunakan metode *Roulette Wheel Selection* (RWS). Apabila bahwa bilangan *random* pertama yaitu sebesar 0,034, maka kromosom orangtua 2 didapatkan dari nilai *fitness* kumulatif yang lebih besar dari 0,034 yang pertama yaitu kromosom 2, maka kromosom tersebut menjadi kromosom 1 pada populasi baru. Bilangan *random* diperoleh dengan membangkitkan 50 data berdistribusi *uniform* dengan *range* 0 sampai 1. Tahapan tersebut berhenti bila telah diperoleh 50 kromosom orangtua berdasarkan bilangan *random* yang telah dibangkitkan. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan dalam GA adalah pindah silang.

Orangtua	α	$\ln r$	Bilangan <i>Random</i>
4	4,561	0,267	
5	3,098	0,135	0,56
Anak	Pindah Silang		
4	4,021	0,215	
5	3,183	0,342	

Gambar 4.3 Pindah Silang Dua Buah Kromosom

Peluang pindah silang yang digunakan yaitu 0,8. Gambar 4.3 merupakan ilustrasi proses pindah silang yang terjadi pada kromosom orang tua 4 dan 5. Proses pindah silang dilanjutkan untuk semua pasang kromosom yang memiliki bilangan *random* kurang dari peluang pindah silang. Proses pindah silang menggunakan Persamaan (2.14) dimana \bar{x} adalah kromosom orangtua (*parent*) ke-4 dan \bar{y} adalah kromosom orangtua ke-5. C_4 adalah kromosom anak hasil pindah silang pada kromosom ke-4 dan C_5 adalah kromosom anak hasil pindah silang pada kromosom ke-5, serta α adalah bilangan acak *uniform* yang bernilai pada *range* 0 sampai 1.

Perhitungan pindah silang tersebut dilakukan untuk setiap parameter yang terpilih untuk mengikuti proses pindah silang. Setelah dilakukan proses pindah silang, proses selanjutnya dalam *Genetic Algorithm* adalah proses mutasi. Mutasi yang digunakan adalah mutasi *uniform* yaitu dengan memberikan kesempatan yang sama pada setiap gen untuk dilakukan proses mutasi. Tahapan awal mutasi adalah membangkitkan bilangan *random* pada setiap gen dan membandingkan dengan peluang mutasi sebesar 0,01. Bila nilai hasil bangkitan pada suatu gen kurang dari peluang mutasi, maka proses mutasi dilakukan pada gen tersebut. Proses

mutasi yaitu dengan mengubah *allele* dengan bilangan *real* yang lain dan masih berada dalam *range* pada gen yang mengalami proses mutasi. Gambar 4.4 merupakan ilustrasi proses mutasi menggunakan metode mutasi *uniform*.

Orangtua 6	α	$\ln r$
	2,367	0,198
6	Mutasi	
	2,367	0,279

Gambar 4.4 Ilustrasi Proses Mutasi pada Estimasi Parameter Usia Sistem *Hoist*

Proses *Genetic Algorithm* berikutnya adalah proses elitisme, dimana proses ini bertujuan untuk mempertahankan kromosom terbaik dalam populasi dan proses optimasi parameter dilanjutkan hingga mendapatkan nilai *fitness* yang konvergen.

Dengan mengikuti proses optimasi parameter seperti yang dijelaskan sebelumnya, didapatkan hasil parameter yang paling optimum dengan melihat nilai *fitness* tertinggi adalah seperti pada Tabel 4.7 untuk usia Sistem sebagai berikut.

Tabel 4.6 Estimasi Parameter Usia Sistem Menggunakan Parameter OLS-GA pada Mesin *Container Crane-05*

Parameter	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
$\ln \hat{r}$	0,2765009	0,1588361
\hat{r}	1,3185	1,1721
$\hat{\alpha}$	5,704194	3,214428
$\hat{\sigma}_e^2$	2,9660	1,5514

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil estimasi parameter usia Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* yaitu, parameter r menghasilkan nilai lebih dari 1. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring dengan pemakaian sistem tersebut, maka usia sistem pada Mesin *Container Crane-05* akan semakin pendek hingga akhirnya sistem tersebut mengalami kerusakan. Estimasi parameter *varians* σ_e^2

tergolong cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 2,9660 dan 1,5514. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi parameter yang dihasilkan model regresi linier untuk usia sistem tersebut sudah cukup baik untuk menangkap keberadaan *trend*. Selanjutnya estimasi parameter untuk lama waktu perbaikan seperti pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Estimasi Parameter Lama Waktu Perbaikan Sistem Menggunakan Parameter OLS-GA pada Mesin *Container Crane-05*

Parameter	Lama Waktu Perbaikan Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
$\ln \hat{r}$	0.5796287	0.7539201
\hat{r}	1.7854	2.1253
$\hat{\alpha}$	5.103105	5.78809
$\hat{\sigma}_e^2$	4.4622	4.1384

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil estimasi parameter lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* yaitu, parameter r yang menghasilkan nilai lebih dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu perbaikan ketiga mesin tersebut akan semakin berkurang atau cenderung menuju ke-0. Estimasi parameter *varians* (σ_e^2) tergolong memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 4,4622 dan 4,1384. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi parameter yang dihasilkan model regresi linier untuk usia sistem tersebut sudah cukup baik untuk menangkap keberadaan *trend*.

4.4 Pengujian *Geometric Process* Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Setelah mendapatkan estimasi parameter $\ln \hat{r}$, $\hat{\alpha}$, dan $\hat{\sigma}_e^2$ untuk usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* dilakukan pengujian *Geometric Process* untuk mengetahui apakah usia dan lama waktu perbaikan ketiga sistem tersebut mengikuti *Geometric Process*

atau tidak. Berikut dibawah ini hasil pengujian *Geometric Process* menggunakan parameter OLS dan parameter OLS yang dioptimasi dengan GA.

4.4.1 Menggunakan Parameter OLS

Berikut dibawah ini adalah hasil pengujian *Geometric Process* berdasarkan Persamaan (2.6) dan perhitungan pada Lampiran (6 – 7) dengan parameter yang didapatkan dari estimasi menggunakan OLS.

Tabel 4.8 Statistik Uji Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Pada Mesin *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS

Variabel	Statistik Uji	
	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
Usia Sistem	-16,07958	-9,268233
Lama Waktu Perbaikan	-20,62406	-17,91356
Titik Kritis	2,079614	2,109816

Pada Tabel 4.3 didapatkan bahwa data usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* memiliki nilai statistik uji yang lebih besar dari nilai titik kritis ($|t| > t_{n,0.025}$), hasil pengujian tersebut menghasilkan keputusan H_0 ditolak dengan taraf signifikan 5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data usia dan lama waktu perbaikan ketiga sistem tersebut mengikuti *Geometric Process*. Hal ini menunjukkan bahwa jika kedua sistem tersebut rusak kemudian diperbaiki, maka kinerja mesin akan menurun atau keandalan mesin semakin berkurang seiring bertambahnya usia mesin serta tingkat laju kerusakan mesin akan meningkat.

4.4.2 Menggunakan Parameter OLS-GA

Berikut dibawah ini adalah hasil pengujian *Geometric Process* berdasarkan Persamaan (2.6) dan perhitungan pada Lampiran (11) dengan parameter yang didapatkan dari optimasi menggunakan GA.

Tabel 4.9 Statistik Uji Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Pada Mesin *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS-GA

Variabel	Statistik Uji	
	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
Usia Sistem	-5.1074	-3.0445
Lama Waktu Perbaikan	-8.7291	-8.8480
Titik Kritis	2.0796	2.1098

Pada Tabel 4.3 didapatkan bahwa data usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* memiliki nilai statistik uji yang lebih besar dari nilai titik kritis ($|t| > t_{n;0.025}$) masing-masing 8,7291 dan 8,8480, hasil pengujian tersebut menghasilkan keputusan H_0 ditolak dengan taraf signifikan 5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data usia dan lama waktu perbaikan ketiga sistem tersebut mengikuti *Geometric Process*. Hal ini menunjukkan bahwa jika kedua sistem tersebut rusak kemudian diperbaiki, maka kinerja mesin akan menurun atau keandalan mesin semakin berkurang seiring bertambahnya usia mesin serta tingkat laju kerusakan mesin akan meningkat.

4.5 Estimasi Mean Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Berdasarkan pada subbab sebelumnya telah diketahui bahwa data usia dan lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* berasal dari *Geometric Process*. Selanjutnya dilakukan estimasi *mean* untuk mengetahui apakah *mean* lama waktu kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* bekerja dengan baik dan lama waktu perbaikan ketiga sistem.

4.5.1 Estimasi Mean Usia Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai hasil estimasi rata-rata usia mesin berdasarkan data pada Lampiran 1 – 2 menggunakan Persamaan (2.7) dengan menggunakan hasil parameter OLS dan parameter OLS-GA. Berikut merupakan hasil estimasi *mean* usia kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan parameter OLS.

Tabel 4.10 Estimasi *Mean* Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS

Estimasi Parameter	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
$\hat{\mu}_{X_1}$ (jam)	22748,28385	34553,95408

Berdasarkan Tabel 4.10 dan pada persamaan (2.7) didapatkan bahwa *mean* usia kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) bekerja dengan baik untuk pertama kali adalah untuk Sistem *Hoist* selama 22748,28385 jam atau $2,7 \approx 3$ tahun dan Sistem *Spreader* selama 34553,95408 jam atau 4 tahun. Berdasarkan nilai rasio usia sistem pada Tabel 4.2 dan estimasi rata-rata ke-1 usia sistem pada Tabel 4.10 dapat dihitung rata-rata Sistem *Hoist* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dengan persamaan (2.11) sebagai berikut.

$$\mu_{G_n} = \frac{22748,28385}{1,336444^{n-1}}$$

Untuk Sistem *Spreader* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dan dengan persamaan (2.11) didapatkan sebagai berikut.

$$\mu_{G_n} = \frac{34553,95408}{1,304425^{n-1}}$$

Melihat dari kedua persamaan diatas untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*, didapatkan hasil perhitungan rata-rata kedua

sistem dapat berfungsi dengan baik sampai mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) seperti pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Hasil $\hat{\mu}_{X_n}$ Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)

N	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
1	22748	34554
2	17022	26490
3	12736	20308
4	9530	15568
5	7131	11935
6	5336	9150
7	3992	7014
8	2987	5377
9	2235	4122
10	1673	3160
11	1252	2423
12	936	1857
13	7001	1424
14	524	1092
15	392	837
16	294	642
17	220	492
18	164	377
19	123	289
20	92	222
21	69	170
22	52	130
23	39	100
24	29	77
25	22	59
26	16	45
27	12	34
28	9	26
29	7	20
30	5	16
31	4	12
32	3	9
33	2	7

Tabel 4.11 Hasil $\hat{\mu}_{x_n}$ Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)
(Lanjutan)

N	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
34	2	5
35	1	4
36	1	3
37	1	2
38	0	2
39		1
40		1
41		1
42		1
43		0

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.11 Sistem *Hoist* tidak dapat beroperasi kembali setelah mengalami 37 kali kerusakan apabila tidak dilakukan pemeliharaan pada sistem tersebut dan pada Sistem *Spreader* tidak dapat beroperasi kembali setelah mengalami 42 kali kerusakan apabila tidak dilakukan pemeliharaan pada sistem tersebut. Agar kedua sistem tersebut dapat kembali berfungsi dengan baik, maka perlu dilakukan pemeliharaan (*preventive maintenance*). Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* dapat diperkirakan akan berfungsi dengan baik secara menyeluruh masing-masing selama 96662 jam atau 11,5 tahun dan 148058 jam atau 17,6 tahun.

Berikut merupakan hasil estimasi *mean* usia kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan parameter OLS-GA.

Tabel 4.12 Estimasi Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05*
Menggunakan Parameter OLS-GA

Estimasi Parameter	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
$\hat{\mu}_{G_1}$ (jam)	21838.21009	22711.78544

Berdasarkan Tabel 4.12 didapatkan bahwa *mean* usia kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam

Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) bekerja dengan baik untuk pertama kali adalah untuk Sistem *Hoist* selama 21838,21009 jam atau $2,6 \approx 3$ tahun dan Sistem *Spreader* selama 22711,78544 jam atau $2,7 \approx 3$ tahun. Berdasarkan nilai rasio usia sistem pada Tabel 4.6 dan estimasi rata-rata ke-1 usia sistem pada Tabel 4.12 dapat dihitung rata-rata usia Sistem *Hoist* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dengan persamaan (2.11) sebagai berikut.

$$\mu_{G_n} = \frac{21838,21009}{1,3185^{n-1}}$$

Untuk Sistem *Spreader* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dan dengan persamaan (2.11) didapatkan sebagai berikut.

$$\mu_{G_n} = \frac{22711,78544}{1,1721^{n-1}}$$

Melihat dari kedua persamaan diatas untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*, didapatkan hasil perhitungan rata-rata kedua sistem dapat berfungsi dengan baik sampai mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) seperti pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Hasil $\hat{\mu}_{X_n}$ Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)

N	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
1	21838	22712
2	16563	19377
3	12562	16532
4	9527	14104
5	7226	12034
6	5480	10267
7	4157	8759
8	3153	7473
9	2391	6376
10	1813	5440
11	1375	4641
12	1043	3959

Tabel 4.13 Hasil $\hat{\mu}_{x_n}$ Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)
(Lanjutan)

N	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
13	791	3378
14	600	2882
15	455	2459
16	345	2098
17	262	1790
18	199	1527
19	151	1303
20	114	1112
21	87	948
22	66	809
23	50	690
24	38	589
25	29	502
26	22	429
27	16	366
28	13	312
29	9	266
30	7	227
31	5	194
32	4	165
33	3	141
34	2	120
35	2	103
36	1	88
37	1	75
38	1	64
39	1	54
40	0	46
41		40
42		34
43		29
44		23
45		21
46		18
47		15
48		13

Tabel 4.13 Hasil $\hat{\mu}_{x_n}$ Mean Usia Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)
(Lanjutan)

N	Usia Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
49		11
50		9
51		8
52		7
53		6
54		5
55		4
56		4
57		3
58		3
59		2
60		2
61		2
62		1
63		1
64		1
65		1
66		1
67		1
68		1
69		0

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.13, Sistem *Hoist* tidak dapat beroperasi kembali setelah mengalami 39 kali kerusakan apabila tidak dilakukan pemeliharaan pada sistem tersebut dan pada Sistem *Spreader* tidak dapat beroperasi kembali setelah mengalami 69 kali kerusakan apabila tidak dilakukan pemeliharaan pada sistem tersebut. Agar kedua sistem tersebut dapat kembali berfungsi dengan baik, maka perlu dilakukan pemeliharaan (*preventive maintenance*). Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) dapat diperkirakan akan berfungsi dengan baik secara menyeluruh

masing-masing selama 90402 jam atau 10,7 tahun dan 154677 jam atau 17,1 tahun.

4.5.2 Estimasi *Mean* Lama Waktu Perbaikan Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05*

Hasil estimasi rata-rata lama waktu perbaikan mesin berdasarkan data pada Lampiran 1 – 2 menggunakan Persamaan (2.7) dengan menggunakan hasil parameter tanpa GA dan menggunakan GA. Berikut merupakan hasil estimasi *mean* usia kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* menggunakan parameter OLS.

Tabel 4.14 Estimasi Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS

Estimasi Parameter	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
$\hat{\mu}_{Y_1}$ (jam)	19,51277618	14,69114472

Berdasarkan Tabel 4.14 didapatkan bahwa *mean* lama waktu perbaikan kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) setelah pertama kali mengalami kerusakan adalah untuk Sistem *Hoist* selama 19,5 jam dan Sistem *Spreader* selama 14,6 jam. Berdasarkan nilai rasio lama waktu perbaikan sistem pada Tabel 4.3 dan estimasi rata-rata ke-1 lama waktu perbaikan sistem pada Tabel 4.14 dapat dihitung rata-rata lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* setelah terjadinya kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dengan persamaan (2.11) sebagai berikut.

$$\mu_{Y_n} = \frac{19,51277618}{11,69633^{n-1}}$$

Untuk Sistem *Spreader* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dan dengan persamaan (2.11) didapatkan sebagai berikut.

$$\mu_{Y_n} = \frac{14,69114472}{16,03958^{n-1}}$$

Melihat dari kedua persamaan diatas untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*, didapatkan hasil perhitungan rata-rata kedua sistem dapat berfungsi dengan baik sampai mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) seperti pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Hasil $\hat{\mu}_{Y_n}$ Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)

N	Lama Waktu Perbaikan Sistem	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
1	19,51	14,69
2	1,67	0,92
3	0,14	0,06
4	0,01	0
5	0	

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.15, diketahui bahwa *mean* lama waktu perbaikan pada Sistem *Hoist* mengalami penurunan . Hal ini menunjukkan bawa perusahaan tidak akan melakukan perbaikan dan penggantian pada salah satu komponen di sistem tersebut setelah mengalami 4 kali kerusakan. Jika pada Sistem *Spreader mean* lama waktu perbaikan mengalami penurunan pada perbaikan ke-2 sampai ke-3. Hal ini menunjukkan bawa perusahaan tidak akan melakukan perbaikan dan penggantian pada salah satu komponen di sistem tersebut setelah mengalami 3 kali kerusakan.

Berikut merupakan hasil estimasi *mean* lama waktu perbaikan kedua sistem pada Mesin *Container Crane-05* dengan parameter OLS hasil optimasi GA.

Tabel 4.16 Estimasi Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS-GA

Estimasi Parameter	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
$\hat{\mu}_{Y_1}$ (jam)	9.386188016	8.296478173

Berdasarkan Tabel 4.18 didapatkan bahwa *mean* lama waktu perbaikan ketiga sistem pada Mesin *Container Crane-05* di Terminal Nilam Tanjung Perak PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) setelah pertama kali mengalami kerusakan adalah untuk Sistem *Hoist* selama 9 jam dan Sistem *Spreader* selama 8 jam. Berdasarkan nilai rasio lama waktu perbaikan sistem pada Tabel 4.7 dan estimasi rata-rata ke-1 lama waktu perbaikan sistem pada Tabel 4.16 dapat dihitung rata-rata lama waktu perbaikan Sistem *Hoist* setelah terjadinya kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dengan persamaan (2.11) sebagai berikut.

$$\mu_{Y_n} = \frac{9.386188016}{11,69633^{n-1}}$$

Untuk Sistem *Spreader* dapat berfungsi baik hingga mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) dan dengan persamaan (2.11) didapatkan sebagai berikut.

$$\mu_{Y_n} = \frac{8.296478173}{16,03958^{n-1}}$$

Melihat dari kedua persamaan diatas untuk Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader*, didapatkan hasil perhitungan rata-rata kedua sistem dapat berfungsi dengan baik sampai mengalami kerusakan ke-2, ke-3, dan seterusnya ($n = 2, 3, \dots$) seperti pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.17 Hasil $\hat{\mu}_{Y_n}$ Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin *Container Crane-05* (jam)

N	Lama Waktu Perbaikan	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
1	9.39	8.30
2	8.01	0.52
3	6.83	0
4	5.83	
5	4.97	
6	4.24	
7	3.62	
8	3.09	

Tabel 4.17 Hasil $\hat{\mu}_{G_n}$ Mean Lama Waktu Perbaikan Sistem pada Mesin
Container Crane-05 (jam) (Lanjutan)

N	Lama Waktu Perbaikan	
	<i>Hoist</i>	<i>Spreader</i>
9	2.63	
10	2.25	
11	1.92	
12	1.64	
13	1.40	
14	1.19	
15	1.02	
16	0.87	
17	0.74	
18	0.63	
19	0.54	
20	0.46	
21	0.39	
22	0.33	
23	0.29	
24	0.24	
25	0.21	
26	0.18	
27	0.15	
28	0.13	
29	0.11	
30	0.09	
31	0.08	
32	0.06	
33	0.06	
34	0	

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.17, diketahui bahwa *mean* lama waktu perbaikan pada Sistem *Hoist* mengalami penurunan meskipun perusahaan tidak akan melakukan perbaikan dan penggantian pada salah satu komponen di sistem tersebut setelah mengalami 33 kali kerusakan. Ini adalah hal yang sangat jarang sekali terjadi, karena semakin banyak kerusakan maka usia sistem

akan terus berkurang. Jika pada Sistem *Spreader mean* lama waktu perbaikan mengalami penurunan lama waktu perbaikan pada perbaikan ke-2. Hal ini menunjukkan bawa perusahaan tidak akan melakukan perbaikan dan penggantian pada salah satu komponen di sistem tersebut setelah mengalami 2 kali kerusakan.

4.6 Penentuan Waktu Optimum *Preventive Maintenance*

Penentuan kegiatan pemeliharaan (*preventive maintenance*) pada mesin memerlukan waktu yang tepat. Karena perhitungan yang menghasilkan waktu yang tepat untuk pemeliharaan akan berdampak positif bagi perusahaan salah satunya dapat meminimumkan terjadinya kerusakan pada mesin atau sistem ketika proses produksi berlangsung serta meminimumkan biaya yang digunakan untuk *preventive maintenance*. Pada subbab ini akan membahas mengenai waktu optimum untuk perbaikan dan penggantian dengan biaya minimum Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* dengan menggunakan parameter hasil OLS dan parameter hasil GA.

Dalam menentukan biaya optimum yang tepat, diperlukan informasi estimasi *cost of failure* dan *cost of repair* yang didapatkan dari PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Regional Jawa Timur Tanjung Perak.

Tabel 4.18 Biaya Perbaikan dan Penggantian

Variabel	Sistem <i>Hoist</i>	Sistem <i>Spreader</i>
<i>Cost of failue</i>	Rp. 12.719.025/bulan	Rp. 12.719.025/bulan
<i>Cost of replacement</i>	Rp. 6.000.000	Rp. 30.000.000

Biaya pada Tabel 4.18 didapatkan dari PT Pelabuhan Indonesia III (Persero). *Cost of replacement* pada Sistem *Hoist* dan Sistem *Spreader* menggunakan komponen utama dan memiliki biaya yang mahal ketika diperbaiki, masing-masing yaitu *fuse* (bagian dari elektrik) dan motor.

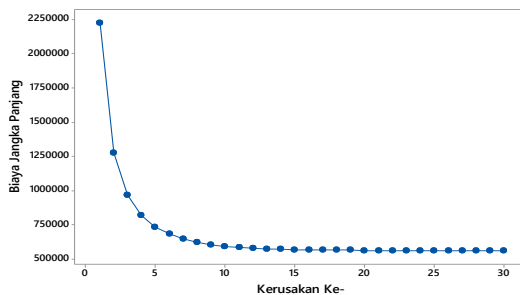
4.6.1 Menggunakan Parameter OLS

Berikut penentuan waktu optimum untuk pemeliharaan (*preventive maintenance*) Sistem *Hoist* pada Mesin *Container Crane-05* dan berdasarkan Persamaan (2.11) dengan *cost of failure* dan *cost of replacement* masing-masing adalah Rp. 12.719.025 per bulan dan Rp. 6.000.000, didapatkan hasil rata-rata biaya jangka panjang untuk Sistem *Hoist* pada Lampiran 11 sebagai berikut.

Tabel 4.19 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem *Hoist* Menggunakan Parameter OLS

N	$l(N)$	N	$l(N)$
1	2223234.9	16	565755.1
2	1272154.7	17	564370.2
3	964056.3	18	563338.4
4	816034.7	19	562568.7
5	731932.1	20	561994.2
6	679527.7	21	561565.1
7	644974.5	22	561244.5
8	621334.0	23	561004.8
9	604748.1	24	560825.6
10	592905.5	25	560691.6
11	584343.2	26	560591.3
12	578096.4	27	560516.3
13	573508.9	28	560460.2
14	570123.7	29	560418.3
15	567616.6	30	560386.9

Hasil perhitungan $l(N)$ dengan N dapat juga dilihat dari *plot* yangunjukkan pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Plot Jumlah Kerusakan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem *Hoist* pada *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS

Pada Gambar 4.5 didapatkan bahwa biaya perbaikan dan penggantian komponen (*fuse*) untuk Sistem *Hoist* pada Mesin *Container Crane-05* semakin lama akan semakin menurun seiring bertambahnya kerusakan yang dialami dan apabila semakin Sistem *Hoist* mengalami kerusakan maka usia sistem tersebut akan semakin menurun. Pada kenyataannya apabila komponen yang sering mengalami kerusakan dan sering mengalami perbaikan, maka hasil dari perbaikan akibat kerusakan tersebut tidak lagi efektif dilakukan karena lama waktu perbaikan akan terus bertambah, sehingga hal yang efektif untuk dilakukan adalah melakukan penggantian komponen lama dengan komponen yang baru. Kegiatan pemeliharaan pada Sistem *Hoist* yang optimum adalah saat mesin mengalami kerusakan ke-10. Estimasi biaya pada kerusakan ke-10 dan seterusnya cenderung stasioner dengan selisih biaya yang tidak terlalu signifikan dan tidak memiliki arti bagi perusahaan. Sehingga, *Preventive maintenance* Sistem *Hoist* berupa pengecekan dan penggantian komponen *fuse* yang optimum berdasarkan biaya minimum adalah ketika kerusakan yang ke-10 atau setelah sistem beroperasi selama 9,741 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 592.905,5.

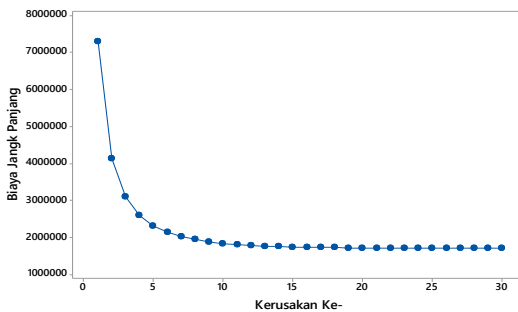
Selanjutnya, penentuan waktu optimum untuk pemeliharaan (*preventive maintenance*) Sistem *Spreader* pada Mesin *Container*

Crane-05 dan berdasarkan Persamaan (2.11) dengan *cost of failure* dan *cost of replacement* masing-masing adalah Rp. 12.719.025 dan Rp. 30.000.000, didapatkan hasil rata-rata biaya jangka panjang untuk Sistem *Spreader* pada Lampiran 12 sebagai berikut.

Tabel 4.20 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem *Spreader* Menggunakan Parameter OLS

N	$l(N)$	N	$l(N)$
1	7290908	16	1726743
2	4127796	17	1720945
3	3097674	18	1716526
4	2600178	19	1713154
5	2315133	20	1710578
6	2135650	21	1708608
7	2015842	22	1707101
8	1932722	23	1705947
9	1873500	24	1705064
10	1830501	25	1704388
11	1798850	26	1703869
12	1775317	27	1703472
13	1757689	28	1703168
14	1744410	29	1702935
15	1734366	30	1702756

Hasil perhitungan $l(N)$ dengan N dapat juga dilihat dari *plot* yang tunjukkan pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 *Plot* Jumlah Kerusakan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem *Spreader* pada *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS

Pada Gambar 4.6 didapatkan bahwa biaya perbaikan dan penggantian komponen (pompa hidrolik) untuk Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* semakin lama akan semakin menurun seiring bertambahnya kerusakan yang dialami dan apabila semakin Sistem *Spreader* mengalami kerusakan maka usia sistem tersebut akan semakin menurun. Kegiatan pemeliharaan pada Sistem *Spreader* yang optimum adalah saat mesin mengalami kerusakan ke-8. Estimasi biaya pada kerusakan ke-8 dan seterusnya cenderung stasioner dengan selisih biaya yang tidak terlalu signifikan dan tidak memiliki arti bagi perusahaan. Sehingga, *Preventive maintenance* Sistem *Spreader* berupa pengecekan dan penggantian komponen pompa hidrolik yang optimum berdasarkan biaya minimum adalah ketika kerusakan yang ke-8 atau setelah sistem beroperasi selama 14,8752 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.932.722.

4.6.2 Menggunakan Parameter OLS-GA

Berikut penentuan waktu optimum untuk pemeliharaan (*preventive maintenance*) Sistem *Hoist* pada Mesin *Container Crane-05* dan berdasarkan Persamaan (2.11) dengan *cost of failure* dan *cost of replacement* masing-masing adalah Rp. 12.719.025 per bulan dan Rp. 6.000.000, didapatkan hasil rata-rata biaya jangka panjang untuk Sistem *Hoist* pada Lampiran (18) sebagai berikut.

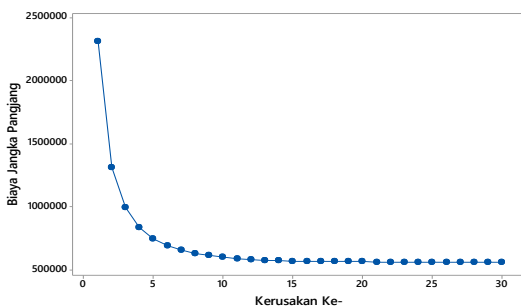
Tabel 4.21 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem *Hoist* Menggunakan Parameter OLS-GA

N	$I(N)$	N	$I(N)$
1	2310983.1	9	610710.7
2	1314468.5	10	597653.4
3	991734.2	11	588114.5
4	836149.8	12	581079.2
5	747240.1	13	575853.8
6	691459.0	14	571952.6
7	654394.2	15	569028.6
8	628819.2	16	566830.6

Tabel 4.20 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem *Hoist* Menggunakan Parameter OLS-GA (Lanjutan)

N	$l(N)$	N	$l(N)$
17	565174.8	24	560773.8
18	563925.4	25	560595.9
19	562981.4	26	560461.0
20	562267.6	27	560358.7
21	561727.4	28	560281.2
22	561318.3	29	560222.4
23	561008.5	30	560177.9

Hasil perhitungan $l(N)$ dengan N dapat juga dilihat dari *plot* yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 *Plot* Jumlah Kerusakan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem *Hoist* pada *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS-GA

Pada Gambar 4.2 didapatkan bahwa biaya perbaikan dan penggantian komponen (*fuse*) untuk Sistem *Hoist* pada Mesin *Container Crane-05* semakin lama akan semakin menurun seiring bertambahnya kerusakan yang dialami dan apabila semakin Sistem *Hoist* mengalami kerusakan maka usia sistem tersebut akan semakin menurun. Pada kenyataannya apabila komponen yang sering mengalami kerusakan dan sering mengalami perbaikan, maka hasil dari perbaikan akibat kerusakan tersebut tidak lagi efektif dilakukan karena lama waktu perbaikan akan terus bertambah, sehingga hal yang efektif untuk dilakukan adalah

melakukan penggantian komponen lama dengan komponen yang baru. Kegiatan pemeliharaan pada Sistem *Hoist* yang optimum adalah saat mesin mengalami kerusakan ke-10. Estimasi biaya pada kerusakan ke-10 dan seterusnya cenderung stasioner dengan selisih biaya yang tidak terlalu signifikan dan tidak memiliki arti bagi perusahaan. Sehingga, *Preventive maintenance* Sistem *Hoist* berupa pengecekan dan penggantian komponen *fuse* yang optimum berdasarkan biaya minimum adalah ketika kerusakan yang ke-10 atau setelah sistem beroperasi selama 9,6635 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 597.653,4.

Selanjutnya, penentuan waktu optimum untuk pemeliharaan (*preventive maintenance*) Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* dan berdasarkan Persamaan (2.11) dengan *cost of failure* dan *cost of replacement* masing-masing adalah Rp. 12.719.025 dan Rp. 30.000.000, didapatkan hasil rata-rata biaya jangka panjang untuk Sistem *Spreader* pada Lampiran (19) sebagai berikut.

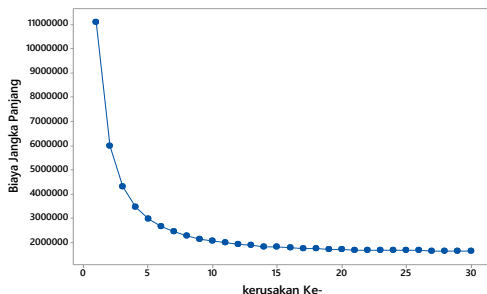
Tabel 4.22 Mean Biaya Jangka Panjang Sistem *Spreader* Menggunakan Parameter OLS-GA

N	$I(N)$	N	$I(N)$
1	11089551	15	1795117
2	5985105	16	1768690
3	4298019	17	1746752
4	3464824	18	1728460
5	2973090	19	1713154
6	2651968	20	1700308
7	2428199	21	1689500
8	2265131	22	1680386
9	2142379	23	1672689
10	2047703	24	1666177
11	1973303	25	1660661
12	1913972	26	1655983
13	1866102	27	1652014
14	1827115	28	1648642

Tabel 4.22 Mean Jangka Panjang Sistem *Spreader* Menggunakan Parameter OLS-GA (Lanjutan)

N	$l(N)$	N	$l(N)$
29	1645776	30	1643339

Hasil perhitungan $l(N)$ dengan N dapat juga dilihat dari *plot* yang tunjukkan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.

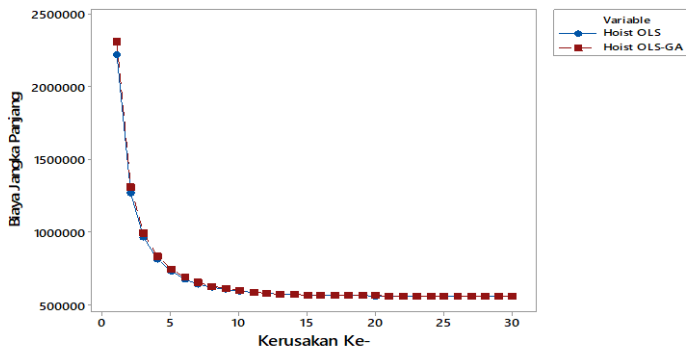


Gambar 4.8 *Plot* Jumlah Kerusakan (N) dengan Mean Biaya Pemeliharaan Sistem *Spreader* pada *Container Crane-05* Menggunakan Parameter OLS-GA

Pada Gambar 4.3 didapatkan bahwa biaya perbaikan dan penggantian komponen (pompa hidrolik) untuk Sistem *Spreader* pada Mesin *Container Crane-05* semakin lama akan semakin menurun seiring bertambahnya kerusakan yang dialami dan apabila semakin Sistem *Spreader* mengalami kerusakan maka usia sistem tersebut akan semakin menurun. Kegiatan pemeliharaan pada Sistem *Spreader* yang optimum adalah saat mesin mengalami kerusakan ke-11. Estimasi biaya pada kerusakan ke-11 dan seterusnya cenderung stasioner dengan selisih biaya yang tidak terlalu signifikan dan tidak memiliki arti bagi perusahaan. Sehingga, *Preventive maintenance* Sistem *Spreader* berupa pengecekan dan penggantian komponen pompa hidrolik yang optimum berdasarkan biaya minimum adalah ketika kerusakan yang ke-11 atau setelah sistem beroperasi selama 14,5694 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.973.303.

4.7 Perbandingan Hasil Antara Sistem *Hoist* Menggunakan Parameter OLS dengan Menggunakan Parameter OLS-GA dan Sistem *Spreader* Menggunakan Parameter OLS dengan Menggunakan Parameter OLS-GA

Berdasarkan pembahasan pada bab (4.6), dilakukan perbandingan biaya optimum antara dengan menggunakan parameter OLS dan dengan menggunakan parameter OLS-GA didapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda. Untuk Sistem *Hoist* dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.

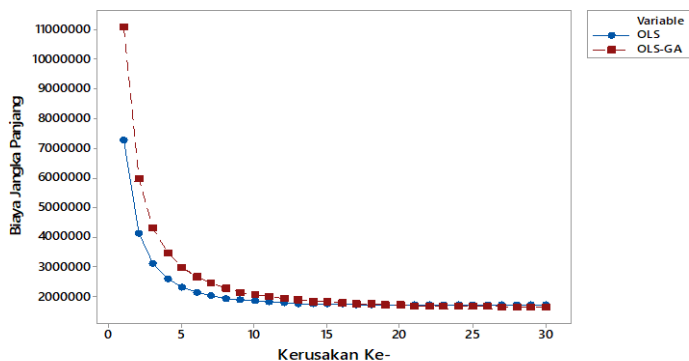


Gambar 4.9 Hasil Perbandingan Optimasi Biaya Jangka Panjang Sistem *Hoist* dengan Kerusakan Antara OLS dan GA

Didapatkan waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan Sistem *Hoist* menggunakan parameter OLS adalah pada saat kerusakan ke-10 atau setelah sistem beroperasi selama 9,741 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 592.905,5. Waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan Sistem *Hoist* menggunakan parameter OLS-GA adalah pada saat kerusakan ke-10 atau setelah sistem beroperasi 9,6635 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 597.653,4. Perbandingan antara kedua hasil tersebut jika dilihat secara visual memang terlihat tidak terdapat perbedaan, tetapi jika dilihat dari hasil perhitungan menghasilkan

preventive maintenance pada kerusakan ke-10 dengan batas usia yang berbeda. Sehingga perusahaan dapat mempertimbangkan *preventive maintenance* Sistem *Hoist* pada kerusakan ke-10 atau setelah sistem beroperasi 9,741 tahun dengan menggunakan parameter OLS.

Untuk Sistem *Spreader* dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Hasil Perbandingan Optimasi Biaya Jangka Panjang Sistem *Spreader* dengan Kerusakan Antara OLS dan OLS-GA

Didapatkan pula waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan Sistem *Spreader* menggunakan parameter OLS adalah pada saat kerusakan ke-8 atau setelah sistem beroperasi selama 14,8752 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.830.501. Waktu optimum untuk melakukan kegiatan pemeliharaan Sistem *Spreader* menggunakan parameter OLS-GA adalah pada saat kerusakan ke-11 atau setelah sistem beroperasi selama 14,5694 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.973.303. Perbandingan antara kedua hasil tersebut jika dilihat secara visual terlihat terdapat perbedaan yaitu titik konvergen yaitu titik konvergen menggunakan parameter OLS lebih cepat daripada menggunakan parameter OLS-GA, ini juga dapat dilihat dari hasil perhitungan menghasilkan *preventive maintenance*

pada kerusakan ke-8 dan ke-11 dengan batas usia yang berbeda pula. Sehingga perusahaan dapat mempertimbangkan *preventive maintenance* Sistem *Hoist* pada kerusakan ke-8 atau setelah sistem beroperasi 14,8752 tahun dengan menggunakan parameter OLS.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil estimasi parameter menggunakan OLS tidak berbeda jauh dengan menggunakan optimasi parameter OLS-GA, sehingga terprediksi hasil waktu optimum *preventive maintenance* juga menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda.
2. Waktu optimum *preventive maintenance* menggunakan *Geometric Process* pada Sistem *Hoist Mesin Container Crane-05* dengan parameter OLS adalah pada kerusakan ke-10 atau setelah sistem beroperasi selama 9,741 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 592.905,5. Sementara waktu optimum *preventive maintenance* pada Sistem *Hoist Mesin Container Crane-05* dengan parameter OLS-GA adalah pada kerusakan ke-10 atau setelah sistem beroperasi selama 9,6635 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 597.653,4.
3. Waktu optimum *preventive maintenance* menggunakan *Geometric Process* pada Sistem *Spreader Mesin Container Crane-05* dengan parameter OLS adalah pada kerusakan ke-8 atau setelah sistem beroperasi selama 14,8752 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.932.722. Sementara waktu optimum *preventive maintenance* pada Sistem *Spreader Mesin Container Crane-05* dengan parameter OLS-GA adalah pada kerusakan ke-11 atau setelah sistem beroperasi selama 14,5694 tahun dengan estimasi biaya sebesar Rp. 1.973.303.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, didapatkan beberapa saran terhadap perusahaan dan peneliti sebagai berikut.

1. Kegiatan *preventive maintenance Container Crane-05* sebaiknya dilakukan dengan melihat perbedaan fungsi masing-masing sistem. Dimana masing-masing sistem memiliki usia yang berbeda-beda, sehingga waktu untuk melakukan pemeliharaan dapat dilakukan sesuai dengan hasil yang telah didapatkan pada data pemeliharaan.
2. Penelitian ini hanya terbatas pada kerusakan sistem yang disebabkan oleh faktor internal, namun kerusakan mesin juga bisa disebabkan oleh faktor eksternal. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya diharapkan peneliti mempertimbangkan faktor eksternal.
3. Penentuan waktu optimum pada kerusakan keberapa diharapkan dapat menggunakan pengujian konvergensi sehingga dalam menentukan tidak berdasarkan dari visual saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, T. C. (2017). *kscddms.ksc.nasa.gov*. Retrieved from John F. Kenedy Space Center : https://kscddms.ksc.nasa.gov/Reliability/Documents/Laplace_Test.pdf (diakses pada 6 mei 2019)
- Candra, B. A., & Arnolfianto, F. (2018). *Laporan Kerja Praktek PT Pelabuhan Indonesia III Cabang Surabaya Jawa Timur. Jurusan Teknik Elektro*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2012). *Introduction to Evolutionary Computing Genetic Algorithm*.
- Goldberg, D. (1989). *Genetic Algorithms in Search Optimization & Machine Learning*. New York: Addison-Wesley.
- Lam, Y. (1988). A Note on The Optimal Replacement Problem. *Advances in Applied Probability, Vol 20*, 479-482.
- Lam, Y. (1992). Communications in Statistic-Theory and Methods. *Non Parametric Inference for Geometric Process, Vol 21*, 2083-2105.
- Leung, F. K., & Fong, C. (2000). A Repair-Replacement Study for Gearbox Using Geometric Processes. *International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17(3)*, 285-304.
- O'Connor, P. D. (1995). *Practical Realibility Engineering 3rd Edition Revised*. England: John Willey and Sons.
- PELINDO III, P. (2018). pp. <https://www.pelindo.co.id/profil-perusahaan/tentang-kami/sekilas-pelindo-iii> (diakses pada tanggal 28 Januari 2019.)
- PERINDO. (2017). *Potensi Indonesia Sebagai Negara Maritim*. Retrieved Januari 28, 2019, from <http://www.perumperindo.co.id/publikasi/artikel/21-potensi-indonesia-sebagai-negara-maritim>

- Rozikin, C., & Solichin, A. (22 April 2017). Implementasi Algoritma Genetika dan Regresi Linier Berganda Untuk Prediksi Persediaan Bahan Makanan Pada Restoran Cepat Saji. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Budi Luhur* (pp. 10-17). Jakarta: Universitas Budi Luhur.
- Soetadji, P. (2012). *Preventive and Predictive Maintenance (PM & PdM)*. Jakarta: P.T. Indotrain Consultant.
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Makassar: PT Refika Aditama.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suhartono. (20018). *Analisis Data Statistik Dengan R*. Surabaya: Lab. Statistik Komputasi, ITS.
- Suyanto. (2005). *Algoritma Genetika dalam MATLAB*. Yogyakarta: Andi.
- User's Manual. (2014). *40t Ship to Shore Container Gantry Crane*. No. 169, Bayi Road, Xigang District, Dalian, Liaoning: Dalian Huarui Heavy Industry Group Co., Ltd.
- Wang, H., & Pham, H. (2006). *Realibility and Optimal Maintenance*. New York: Springer.
- Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika : Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Indonesia: Andi.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Usia Mesin dan Lama Perbaikan Mesin Sistem Hoist Mesin Container Crane-05

Tanggal Kerusakan	Lama Usia Sistem <i>Hoist</i> (jam)	Lama Usia Sistem <i>Hoist</i> (tahun)	Lama Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> (jam)	Lama Perbaikan Sistem <i>Hoist</i> (tahun)
16-Jan-17	3400.65	0.405080405	0.166667	1.99E-05
17-Jan-17	3405.29	0.405633115	0.166667	1.99E-05
20-Jan-17	3435.09	0.409182847	0.25	2.98E-05
21-Jan-17	3444.11	0.410257296	0.083333	9.93E-06
22-Jan-17	3450.44	0.411011316	0.25	2.98E-05
25-Jan-17	3468.1	0.413114949	0.25	2.98E-05
26-Jan-17	3475.06	0.413944014	0.25	2.98E-05
28-Jan-17	3491.32	0.415880881	0.333333	3.97E-05
29-Jan-17	3501.11	0.417047052	0.166667	1.99E-05
30-Jan-17	3506.68	0.417710542	0.083333	9.93E-06
01-Feb-17	3529.93	0.420480048	0.333333	3.97E-05
05-Feb-17	3568.37	0.425058964	0.083333	9.93E-06
08-Feb-17	3590.67	0.427715307	0.083333	9.93E-06
11-Feb-17	3614.25	0.430524122	0.166667	1.99E-05
16-Feb-17	3658.47	0.435791543	0.25	2.98E-05
19-Feb-17	3686.85	0.439172126	0.166667	1.99E-05
25-Feb-17	3728.24	0.444102442	0.25	2.98E-05
26-Feb-17	3739.82	0.445481834	0.166667	1.99E-05
11-Mei-17	4332.44	0.516073853	0.666667	7.94E-05
19-Agt-17	5046.4	0.601119714	0.166667	1.99E-05
13-Nov-17	5704.68	0.679533055	8	0.000953
21-Nov-17	5721.93	0.68158785	5	0.000596
24-Nov-17	5747.68	0.684655152	4	0.000476

Lampiran 2 Data Lama Usia dan Lama Perbaikan Mesin Sistem Spreader Mesin Container Crane-05

Tanggal Kerusakan	Lama Usia Sistem Spreader (jam)	Lama Usia Sistem Spreader (tahun)	Lama Perbaikan Sistem Spreader (jam)	Lama Perbaikan Sistem Spreader (tahun)
18-Jan-17	5217.83	0.621540203	0.25	2.98E-05
15-Feb-17	5588.25	0.665664086	0.25	2.98E-05
18-Feb-17	5623.01	0.669804646	0.25	2.98E-05
09-Mar-17	5878.92	0.700288267	0.25	2.98E-05
10-Mar-17	5894.9	0.702191781	0.25	2.98E-05
30-Mar-17	6154.09	0.733066111	0.25	2.98E-05
31-Mar-17	6171.71	0.735164979	0.166666667	1.99E-05
17-Apr-17	6361.57	0.757780822	0.25	2.98E-05
16-Jul-17	7263.57	0.86522573	0.25	2.98E-05
15-Agt-17	7617.44	0.907378201	0.5	5.96E-05
19-Agt-17	7677.09	0.914483621	0.5	5.96E-05
25-Agt-17	7751.62	0.923361525	0.75	8.93E-05
26-Okt-17	8430.16	1.004188207	2	0.000238237
21-Des-17	9044.52	1.077369863	0.5	5.96E-05
22-Des-17	9056.41	1.078786182	0.75	8.93E-05
25-Des-17	9091.5	1.082966051	0.5	5.96E-05
25-Apr-18	10605.55	1.263317451	3	0.000357356
15-Sep-18	11704.87	1.394266825	1.5	0.000178678
12-Okt-18	11977.13	1.426698035	3.5	0.000416915

Lampiran 3 Syntax dan Output Pemeriksaan Trend Laplace Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist Mesin Container Crane-05 (R)

```

> data=read.csv("E:/KULIAH/Data_TA/CC05.csv",sep=";")
> data

> uhoist=data[,2]
> rhoist=data[,4]
> N=length(uhoist)
> #CC05
> #Analisis Laplace Usia Sistem Hoist
> a=0
> T=12000
> i=1
> for (i in 1:N)
+ {
+   a=a+uhoist[i]
+   at=a/N
+ }
> b=T/2
> c=T/sqrt(12*(N))
> L=(at-b)/c
> L
[1] -2.874358
> #Analisis Laplace Downtime Sistem Hoist
> a=0
> T=12000
> i=1
> for (i in 1:N)
+ {
+   a=a+rhoist[i]
+   at=a/N
+ }
> b=T/2
> c=T/sqrt(12*(N))
> L=(at-b)/c
> L
[1] -8.30534

```

Lampiran 4 Syntax dan Output Pemeriksaan Trend Laplace Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 (R)

```
> data=read.csv("E:/KULIAH/Data_TA/CC05S.csv",sep=";")
> data
> uspre=data[,2]
> rspre=data[,4]
> N=length(uspre)
> #CC05
> #Analisis Laplace Usia Sistem Spreader
> a=0
> T=12000
> i=1
> for (i in 1:N)
+ {
+   a=a+uspre[i]
+   at=a/N
+ }
> b=T/2
> c=T/sqrt(12*(N))
> L=(at-b)/c
> L
[1] 2.192773
> #Analisis Laplace Downtime Sistem Spreader
> a=0
> T=12000
> i=1
> for (i in 1:N)
+ {
+   a=a+rspre[i]
+   at=a/N
+ }
> b=T/2
> c=T/sqrt(12*(N))
> L=(at-b)/c
> L
[1] -7.548797
```


Lampiran 5 Syntax Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R)

```

#Geometric Process
library(PEIP)
datad = read.csv("E:/KULIAH/Data_TA/CC05.csv",sep=";")
datad
N=length(data)
sigmaXn=0
sigmalnXn=0
sigmanminlnXn=0
sigmalnXn2=0
i=1
for (i in 1:N)
{
  sigmaXn=sigmaXn+data[i]
  sigmalnXn=sigmalnXn+log(data[i])
  sigmanminlnXn=sigmanminlnXn+(i-1)*log(data[i])
  sigmalnXn2=sigmalnXn2+(log(data[i]))^2
}
lnrtopi=(6/((N-1)*N*(N+1)))*((N-1)*sigmaXn-2*sigmanminlnXn)
rtopi=exp(lnrtopi)
alfatopi=sigmalnXn/N+(N-1)*lnrtopi/2
vare=(1/(N-2))*((sigmalnXn2-((sigmalnXn)^2)/N)-lnrtopi*((N-1)*sigmalnXn/2- sigmanminlnXn))
thit=-lnrtopi*sqrt((N-1)*N*(N+1))/sqrt(12*vare)
ttab=tinv((1-0.025),(N-2))
if (abs(thit)>ttab){ print("Tolak H0")}else {print("Gagal Tolak H0")}

lnrtopi
rtopi
alfatopi
vare
print("Uji Geometric Process")
thit
ttab

```

Lampiran 6 Output Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Hoist Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R)

```
#Usia Sistem Hoist  
lnrtopi = 0.2900126  
rtopi = 1.336444  
alfatopi = 2.412865  
vare = 0.3292038
```

```
-----  
"Uji Geometric Process"  
thit = -16.07958  
ttab = 2.079614  
"Tolak H0"
```

```
-----  
#Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist  
lnrtopi = 2.459275  
rtopi = 11.69633  
alfatopi = 16.78595  
vare = 14.38952
```

```
-----  
"Uji Geometric Process"  
thit = -20.62406  
ttab = 2.079614  
"Tolak H0"
```

Lampiran 7 Output Parameter dan Uji Geometric Process pada Usia Sistem dan Lama Perbaikan Sistem Spreader Mesin Container Crane-05 Menggunakan OLS (R)

```
#Usia Sistem Spreader
lnrtopi = 0.2657623
rtopi = 1.304425
alfatopi = 2.279017
vare = 0.4686706
-----
"Uji Geometric Process"
thit = -9.268233
ttab = 2.109816
"Tolak H0"
-----
#Lama Waktu Perbaikan Sistem Spreader
lnrtopi = 2.77506
rtopi = 16.03958
alfatopi = 15.26802
vare = 13.67903
-----
"Uji Geometric Process"
thit = -17.91356
ttab = 2.109816
"Tolak H0"
```

Lampiran 8 Syntax Optimasi Parameter Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Metode Genetic Algorithm (R)

```
library(GA)
#Datanya dimasukkan
#Data HOIST
data=read.csv("E:/KULIAH/DATA_TA/CC05.csv",sep=";")
#Data USIA
X=data[,6]
Y=data[,7]
#Data Lama Waktu Perbaikan
X=data[,6]
Y=data[,8]
#Data SPREADER
data=read.csv("E:/KULIAH/DATA_TA/CC05S.csv",sep=";")
#Data USIA
X=data[,6]
Y=data[,7]
#Data Lama Waktu Perbaikan
X=data[,6]
Y=data[,8]

N=length(X)

#mulai OLS
OLS = function(data, b0, b1)
{
  attach(data, warn.conflicts = F)
  Y_hat=b0-b1*X
  i=1
  e=0
  for (i in 1:N)
  {
    SSE=e+(Y[i]-Y_hat[i])^2
```

```
}  
  fitness=1/SSE  
  detach(data)  
  return(fitness)  
}  
  
#GA  
ga.OLS = ga(type='real-valued',  
  lower=c(0, 0),  
  upper=c(10, 1),  
  population=gaControl("real-valued")$population,  
  selection=gaControl("real-valued")$selection,  
  crossover=gaControl("real-valued")$crossover,  
  mutation=gaControl("real-valued")$mutation,  
  popSize=50,  
  pcrossover=0.8,  
  pmutation=0.01,  
  maxiter=50,  
  names=c('alfa', 'lnr'),  
  keepBest=T,  
  fitness = function(b) + OLS(data, b[1],b[2]), seed=12345)  
  
#hasil GA  
ga.model = summary(ga.OLS)  
ga.model  
plot(ga.OLS)
```

Lampiran 9 Output Parameter Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Metode Genetic Algorithm (R)

```
#SISTEM HOIST (USIA)
-- Genetic Algorithm -----

GA settings:
Type           = real-valued
Population size = 50
Number of generations = 50
Elitism        = 2
Crossover probability = 0.8
Mutation probability = 0.01
Search domain =
  alfa lnr
lower 0 0
upper 10 1

GA results:
Iterations      = 50
Fitness function value = 5256772755
Solution =
  alfa lnr
[1,] 5.704194 0.2765009
```

```
#SISTEM HOIST (LAMA WAKTU PERBAIKAN)
-- Genetic Algorithm -----

GA settings:
Type           = real-valued
Population size = 50
Number of generations = 50
Elitism        = 2
Crossover probability = 0.8
Mutation probability = 0.01
Search domain =
  alfa lnr
lower 0 0
```

```
upper 10 1
```

```
GA results:
```

```
Iterations = 50
```

```
Fitness function value = 7287454
```

```
Solution =
```

```
    alfa    lnr
```

```
[1,] 5.103105 0.5796287
```

```
#SISTEM SPREADER (USIA)
```

```
-- Genetic Algorithm -----
```

```
GA settings:
```

```
Type = real-valued
```

```
Population size = 50
```

```
Number of generations = 50
```

```
Elitism = 2
```

```
Crossover probability = 0.8
```

```
Mutation probability = 0.01
```

```
Search domain =
```

```
    alfa lnr
```

```
lower 0 0
```

```
upper 10 1
```

```
GA results:
```

```
Iterations = 50
```

```
Fitness function value = 4601021486
```

```
Solution =
```

```
    alfa    lnr
```

```
[1,] 3.214428 0.1588361
```

```
#SISTEM SPREADER (LAMA WAKTU PERBAIKAN)
```

```
-- Genetic Algorithm -----
```

```
GA settings:
```

```
Type = real-valued
```

```
Population size = 50
```

Number of generations = 50

Elitism = 2

Crossover probability = 0.8

Mutation probability = 0.01

Search domain =

alfa lnr

lower 0 0

upper 10 1

GA results:

Iterations = 50

Fitness function value = 40624865

Solution =

alfa lnr

[1,] 5.78809 0.7539201

Lampiran 10 Syntax Geometric Process Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Parameter Genetic Algorithm (MATLAB)

```

%Geometric Process
%-----
Data = xlsread('E:\MATLAB\CC05H');
Data;
X = Data(:,3);
N = length(X);
sigmaXn = 0;
sigmalnXn = 0;
sigmanminlnXn = 0;
sigmalnXn2 = 0;
for i = 1:N
    sigmaXn = sigmaXn+X(i);
    sigmalnXn = sigmalnXn + log(X(i));
    sigmanminlnXn = sigmanminlnXn + (i-1)*log(X(i));
    sigmalnXn2 = sigmalnXn2 + (log(X(i))).^2;
end
lnrtopi = ...;
rtopi=exp(lnrtopi);
alfatopi = ...;
vare=(1./(N-1))*(sigmalnXn2-((sigmalnXn).^2)./N-lnrtopi*((N-1)*sigmalnXn./2-sigmanminlnXn));
thit = (-lnrtopi)*sqrt((N-1)*N*(N+1))./sqrt(12*vare);
ttab = tinv(1-0.025,(N-2));
if abs(thit)>ttab
    Kesimpulan = 'Tolak H0';
else
    Kesimpulan = 'Gagal Tolak H0';
end
lnrtopi;
rtopi;
alfatopi;
vare;
thit;
ttab;
Kesimpulan;

```

Lampiran 11 Output Geometric Process Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader Menggunakan Parameter Genetic Algorithm (MATLAB)

```
#SISTEM HOIST
```

```
#USIA
```

```
Lnrtopi = 0.2765
```

```
Rtopi = 1.3185
```

```
Alfatopi= 5.7042
```

```
Vare = 2.9660
```

```
Thit = -5.1074
```

```
Ttab = 2.0796
```

```
Kesimpulan = 'Tolak H0'
```

```
-----  
#LAMA WAKTU PERBAIKAN
```

```
Lnrtopi = 0.5796
```

```
Rtopi = 1.7854
```

```
Alfatopi= 5.1031
```

```
Vare = 4.4622
```

```
Thit = -8.7291
```

```
Ttab = 2.0796
```

```
Kesimpulan = 'Tolak H0'
```

```
-----  
#SISTEM SPREADER
```

```
#USIA
```

```
Lnrtopi = 0.1588
```

```
Rtopi = 1.1721
```

```
Alfatopi= 3.2144
```

```
Vare = 1.5514
```

```
Thit = -3.0445
```

```
Ttab = 2.1098
```

```
Kesimpulan = 'Tolak H0'
```

```
-----  
#LAMA WAKTU PERBAIKAN
```

```
Lnrtopi = 0.7539
```

```
Rtopi = 2.1253
```

Alfatopi= 5.7881

Vare = 4.1354

Thit = -8.8480

Ttab = 2.1098

Kesimpulan = 'Tolak H0'

Lampiran 12 Perhitungan Estimasi Mean Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (Ms. Excel 2010)

- **Sistem Hoist**

Sistem Hoist		
	MiuG1	VarG1
Usia (tahun)	2.709741971	20852.40914
Usia (jam)	22748.28385	175055974.7
Lama Waktu Perbaikan (tahun)	0.002324333	1.40917E+41
Lama Waktu Perbaikan (jam)	19.51277618	1.18299E+45

- **Sistem Spreader**

Sistem Spreader		
	MiuG1	VarG1
Usia (tahun)	4.116015971	3876.883303
Usia (jam)	34553.95408	32546435.33
Lama Waktu Perbaikan (tahun)	0.001750118	5.72179E+37
Lama Waktu Perbaikan (jam)	14.69224472	4.80345E+41

Lampiran 13 Perhitungan Estimasi Mean Usia dan Lama Waktu Perbaikan Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 dengan Paramater GA (Ms. Excel 2010)

- **Sistem Hoist**

Sistem Hoist		
	MiuG1	VarG1
Usia (tahun)	2.60133533	11353.02937
Usia (jam)	21838.21009	95308681.56
Lama Waktu Perbaikan (tahun)	0.001118069	6441.830733
Lama Waktu Perbaikan (jam)	9.386188016	54079169.01

- **Sistem Spreader**

Sistem Spreader		
	MiuG1	VarG1
Usia (tahun)	2.705394335	65.92053
Usia (jam)	22711.78544	553402.9
Lama Waktu Perbaikan (tahun)	0.000998826	25908.63
Lama Waktu Perbaikan (jam)	8.296478173	2.18E+08

Lampiran 14 Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R)

```
#Optimasi Biaya
#HOIST
a=1.336444
b=11.69633
muX1=2.709741971
muY1=0.002324333
cR=6000000

#Spreader
a=1.304425
b=16.03958
muX1=4.116015971
muY1=0.001750118
cR=30000000

cf=12719025

i=1
j=1
N=30
EstimasiBiaya=0

for (j in 1:N)
{
  sigma1pera=0
  sigma1perb=0
  if (j==1)
  {
    sigma1pera=1
    sigma1perb=1
  }
  else
```

```
{  
  for (i in 1:(j-1))  
    {sigma1perb=sigma1perb+(1/(b^(i-1)))}  
  for (i in 1:j)  
    {sigma1pera=sigma1pera+(1/(a^(i-1)))}  
}  
  
EstimasiBiaya[j]=((cf*muY1*sigma1perb)-  
(muX1*sigma1pera)+cR)/((muX1*sigma1pera)+(muY1*sigma1perb))  
  
EstimasiBiaya  
kerusakan= 1:N  
plot(kerusakan, EstimasiBiaya)
```

Lampiran 15 Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R)

> EstimasiBiaya

[1] 2343141.9 1340766.6 1020473.1 864109.1

[5] 775076.3 719584.9 682995.0 657960.9

[9] 640397.3 627856.6 618789.6 612174.6

[13] 607316.6 603731.8 601077.0 599105.8

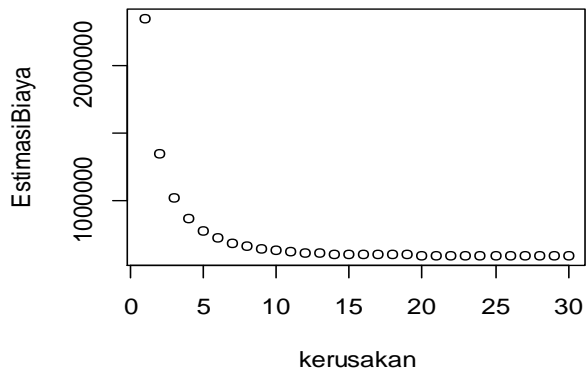
[17] 597639.2 596546.5 595731.5 595123.2

[21] 594668.8 594329.2 594075.4 593885.6

[25] 593743.7 593637.6 593558.2 593498.8

[29] 593454.3 593421.1

> plot(kerusakan, EstimasiBiaya)



Lampiran 16 Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter OLS (R)

> **EstimasiBiaya**

[1] 7350372 4161462 3124512 2622789 2335269

[6] 2154225 2033375 1949533 1889795 1846422

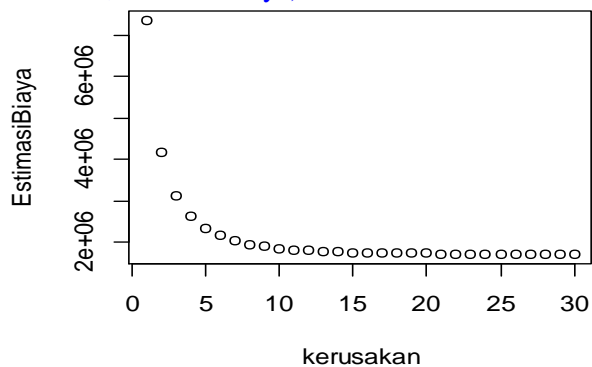
[11] 1814496 1790758 1772977 1759583 1749451

[16] 1741762 1735913 1731456 1728054 1725456

[21] 1723469 1721949 1720785 1719894 1719212

[26] 1718689 1718289 1717982 1717746 1717566

> **plot(kerusakan, EstimasiBiaya)**



Lampiran 17 Syntax Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist dan Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R)

```
#Optimasi Biaya
```

```
#HOIST
```

```
a=1.336444
```

```
b=11.69633
```

```
muX1=2.709741971
```

```
muY1=0.002324333
```

```
cR=6000000
```

```
#Spreader
```

```
a=1.304425
```

```
b=16.03958
```

```
muX1=4.116015971
```

```
muY1=0.001750118
```

```
cR=30000000
```

```
cf=12719025
```

```
i=1
```

```
j=1
```

```
N=30
```

```
EstimasiBiaya=0
```

```
for (j in 1:N)
```

```
{
```

```
  sigma1pera=0
```

```
  sigma1perb=0
```

```
  if (j==1)
```

```
  {
```

```
    sigma1pera=1
```

```

sigma1perb=1
}
else
{
  for (i in 1:(j-1))
    {sigma1perb=sigma1perb+(1/(b^(i-1)))}
  for (i in 1:j)
    {sigma1pera=sigma1pera+(1/(a^(i-1)))}
}

```

```

EstimasiBiaya[j]=((cf*muY1*sigma1perb)-
(muX1*sigma1pera)+cR)/((muX1*sigma1pera)+(muY1*sigma1p
erb))}

```

```

EstimasiBiaya
kerusakan= 1:N
plot(kerusakan, EstimasiBiaya)

```

Lampiran 18 Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Hoist pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R)

> EstimasiBiaya

[1] 2371130.4 1348679.9 1031956.8 876857.0 787017.6 730028.5 691829.9

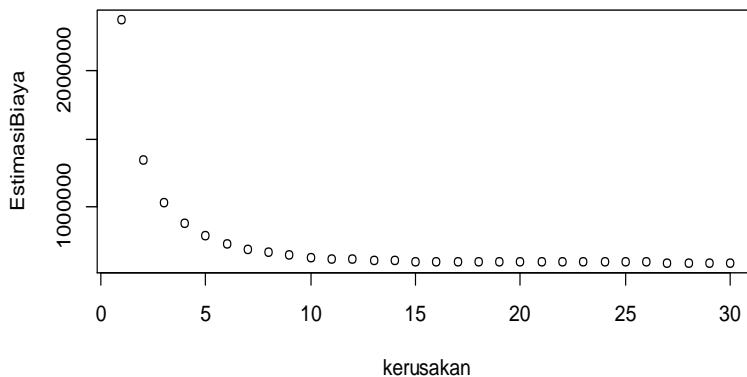
[8] 665294.6 646409.2 632738.7 622722.5 615319.0 609811.2 605694.0

[15] 602605.4 600282.2 598531.1 597209.3 596210.4 595454.9 594883.0

[22] 594450.0 594122.0 593873.4 593685.0 593542.2 593433.9 593351.8

[29] 593289.6 593242.4

> plot(kerusakan, EstimasiBiaya)



Lampiran 19 Output Optimasi Waktu Pemeliharaan (Preventive Maintenance) Sistem Spreader pada Mesin Container Crane-05 Menggunakan Parameter GA (R)

> EstimasiBiaya

```
[1] 11140640 6012678 4327131 3491823 2997683 2674502 244909  
0 2284732
```

```
[9] 2160969 2065494 1990457 1930615 1882331 1843006 1810730  
1784074
```

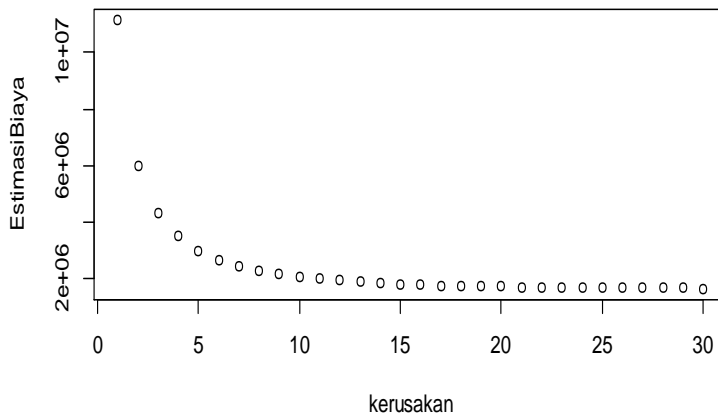
```
[17] 1761944 1743493 1728054 1715097 1704195 1695002 168723  
7 1680669
```

```
[25] 1675105 1670387 1666383 1662981 1660091 1657632
```

> kerusakan= 1:N

> plot(kerusakan, EstimasiBiaya)

> plot(kerusakan, EstimasiBiaya)



Lampiran 20 Surat Pernyataan**SURAT PERNYATAAN**

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

Nama : Nabila Savina

NRP : 06211540000076

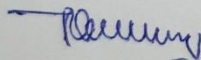
menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Divisi teknik PT Pelabuhan Indonesia III (Persero).

Keterangan : Data *breakdown* dan *lifetime* mesin *container crane*-05 periode Januari 2017-Desember 2018

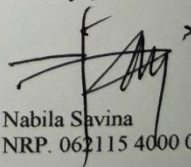
Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
NIP. 19620408 198701 1 001

Surabaya, Juni 2019



Nabila Savina
NRP. 062115 4000 0076

*(coret yang tidak perlu)

Lampiran 21 Surat Perijinan Publikasi



SURAT - KETERANGAN

Nomor : HM.01.02 / 131 / RJTM-2019

Memperhatikan surat dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Nomor: 001494/IT2.VI.9.2/TU.00.09/2019 tanggal 08 Januari 2019 perihal Permohonan Ijin Penelitian, dengan ini disampaikan bahwa yang bertanda tangan di bawah ini CEO Regional Jawa Timur PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Pelabuhan Tanjung Perak memberitahukan bahwa:

NO	NAMA	FAKULTAS	NRP
1	NABILA SAVINA	Matematika, Komputasi, dan Sains Data	0621154000076

- Mahasiswi dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya telah selesai melaksanakan Penelitian / Riset di Lingkungan Regional Jawa Timur PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) dengan materi Pengambilan data Perbaikan / Perawatan Mesin Container Crane beserta Waktu Kerusakannya di Terminal Nilam terhitung mulai tanggal 14 Januari s/d 16 Februari 2019;
- Mahasiswi diperbolehkan mencantumkan nama PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) untuk kepentingan Thesis Mahasiswi yang akan di simpan di Perpustakaan ITS untuk dibaca di lingkungan ITS dan dipublikasikan dalam E Journal ITS yaitu Jurnal Sians dan Seni ITS.
- Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Surabaya, 29 JUL 2019
 An. CEO Regional Jawa Timur
 Manager Regional SDM & Umum
 Deputy Manager SDM & Legal


DADDY SUMARTONO

REGIONAL JAWA TIMUR

Jl. Perak Timur No. 620 T: +62 31 3291992 - 6
 Surabaya, Jawa Timur 60165 - Indonesia F: +62 31 3293994

www.pelindo.co.id

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Nabila Savina yang lahir di Surabaya pada tanggal 05 Maret 1998, merupakan anak dari pasangan Avip Subarkah dan Hikmah. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis memulai jenjang pendidikan pertama di SDN Kranggan Timur 1 (2003-2009), kemudian melanjutkan di SMPN 1 Tanah Merah (2009-2012), penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Bangkalan (2012-2015) dan pada tahun 2015 penulis memulai masa perkuliahannya di Departemen Statistika ITS. Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif di beberapa kegiatan serta menjadi Sekertaris II di UKM MUSIK ITS dan Ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data ITS (DPM FMKSD ITS). Penulis memiliki hobi yaitu bernyanyi dan pernah memenangkan ajang lomba di ITS yaitu Juara 3 Solo Pop Wanita di Pekan Seni Mahasiswa ITS (PEKSIMITS).

Penulis menerima segala kritikan, masukan, dan saran yang bersifat membangun demi meningkatkan manfaat Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, bagi pembaca yang tertarik untuk berdiskusi lebih lanjut dapat menghubungi e-mail : nabielasaviena@gmail.com.