



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENENTUAN WAKTU OPTIMUM PERAWATAN
PADA FILTER AIR MENGGUNAKAN METODE
GEOMETRIC PROCESS DI PDAM SURYA
SEMBADA KOTA SURABAYA**

**KARTIKA DWI AYU RAMADHANI
NRP 062115 4000 0038**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T
Drs. Haryono, MSIE**

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



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENENTUAN WAKTU OPTIMUM PERAWATAN
PADA FILTER AIR MENGGUNAKAN METODE
GEOMETRIC PROCESS DI PDAM SURYA
SEMBADA KOTA SURABAYA**

**KARTIKA DWI AYU RAMADHANI
NRP 062115 4000 0038**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T
Drs. Haryono, MSIE**

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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - KS184822

**DETERMINATION OF OPTIMUM MAINTENANCE
TIME ON FILTERS USING GEOMETIRC
PROCESS IN PDAM SURYA SEMBADA
SURABAYA**

**KARTIKA DWI AYU RAMADHANI
SN 062115 4000 0038**

**Supervisors
Dr. Muhammad Mashuri, M.T
Drs. Haryono, MSIE**

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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN WAKTU OPTIMUM PERAWATAN PADA FILTER AIR MENGGUNAKAN METODE *GEOMETRIC PROCESS* DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA

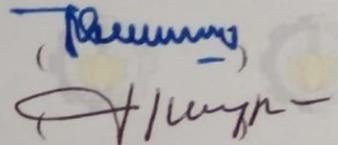
TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Kartika Dwi Ayu Ramadhani
NRP. 062115 4000 0038

Disetujui oleh Pembimbing:
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
NIP. 19620408 198701 1 001
Drs. Haryono, MSIE.
NIP. 19520919 197901 1 001



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika



Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENENTUAN WAKTU OPTIMUM PERWATAN
PADA FILTER AIR MENGGUNAKAN METODE
GEOMETRIC PROCESS DI PDAM SURYA
SEMBADA KOTA SURABAYA**

Nama : Kartika Dwi Ayu Ramadhani
NRP : 062115 4000 0038
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Muhammad Mashuri, M.T
Dosen Pembimbing 2 : Drs. Haryono, MSIE

Abstrak

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan dan pendistribusian air bersih di Kota Surabaya. Sebelum pendistribusian dilakukan, PDAM terlebih dahulu melakukan pengolahan air baku menjadi air bersih. Agar proses pengolahan air berjalan secara lancar maka alat yang digunakan dalam proses pengolahan haruslah bekerja dengan baik. Penelitian ini akan dilakukan pada filter air, alat ini berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dari air yang tidak ikut mengendap pada proses prasedimentasi maupun pengendapan kedua. Apabila filter air mengalami gangguan, maka sistem pengolahan dalam menghasilkan air bersih kurang maksimal dan menyebabkan kualitas air yang dihasilkan tidak sesuai serta akan menyebabkan kerugian karena kapasitas air yang dihasilkan akan berkurang. Sehingga hal ini perlu adanya penentuan waktu optimum perawatan dengan biaya yang minimum karena selama ini PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tidak menggunakan pendekatan ilmu statistik untuk maintenance khususnya dalam penentuan waktu optimum. Penelitian ini menggunakan metode Geometric Process karena kerusakan dari filter air memiliki trend. Hasil analisis menghasilkan bahwa waktu Optimum perawatan dari filter air adalah saat kerusakan ke-9 dengan biaya optimum Rp5212000

Kata Kunci : Filter Air, Geometric Process, Trend, Waktu Optimum

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DETERMINATION OF OPTIMUM MAINTENANCE
TIME FOR FILTERS USING GEOMETRIC
PROCESS IN PDAM SURYA SEMBADA KOTA
SURABAYA**

Name : Kartika Dwi Ayu Ramadhani
Student Number : 062115 4000 0038
Department : Statistics
Supervisors 1 : Dr. Muhammad Mashuri, M.T
Supervisors 2 : Drs. Haryono, MSIE

Abstract

PDAM is a company engaged in the processing and distribution of water in Surabaya. PDAM does process raw water into clean water before the water is distributed to customers. So that the water treatment process is produced smoothly, then the tools used in the treatment process must work well. This research will be researching about water filters, This media servers to filter out impurities from water that do not precipitate the pra-sedimentation process. When the water filter is damaged, the processing system to produce clean water is not optimal and the quality of the water produced to be incompatible and will cause losses because the capacity of the water produced will decrease. With the result that, this problem is necessary to determine the optimum treatment with minimum cost, Because so far PDAM has not used a statistical approach to maintenance, especially in determine the optimum time maintenance. This research will use Geometric Process Method because the damage of the water filter has a trend. The result of this research showed that the optimum time to maintenance for water filter with minimum cost is after 9th damaged with estimated cost of Rp5212000

Keywords : *Geometric Process, Optimum Time, Trend, Water Filter*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas rahmat dan hidayah yang telah diberikan Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Penentuan Waktu Optimum Perawatan Pada Filter Air Menggunakan Geometric Process di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya”** dengan tepat waktu. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan maupun dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Muhammad Mashuri, M.T dan Bapak Drs. Haryono,MSIE selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, saran, serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir berlangsung.
2. Bapak Dr.Suhartono, selaku Ketua Departemen Statistika, dan Ibu Dr.Santi Wulan Purnami S.Si,M.Si, selaku Kaprodi S1 Departemen Statistika ITS
3. Bapak Dr.Drs.Agus Suharsono M.S dan Bapak Novri Suhermi,S.Si,M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr.Sutikno S.Si,M.Si, selaku Dosen Wali yang selama masa studi memberikan nasehat dan motivasi.
5. Ibu Palupi dan Bapak Suwarno selaku pembimbing lapangan yang selalu membantu dalam pengambilan data, serta semua karyawan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah membantu penulis dalam proses pembuatan Tugas Akhir.
6. Orang tua, saudara, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan sehingga menjadi semangat dalam menghadapi kesulitan selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Teman-teman seperjuangan bidang Reliabilitas, Adita, Yolan, Imas dan Nabila yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Sahabat-sahabat, Bina Astri, Imroatus, Dian Vitiana senantiasa memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

9. Seluruh pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Proses Stokastik.....	7
2.2 Keandalan (<i>Reliability</i>).....	7
2.3 <i>Poisson Process</i>	8
2.4 Pemeriksaan <i>Trend</i>	9
2.5 <i>Geometric Process</i>	10
2.6 Uji <i>Geometric Process</i>	11
2.7 Estimasi Parameter <i>Geometric Process</i>	12
2.8 Estimasi Mean dan Varians <i>Geometric Process</i>	13
2.9 Ekspektasi Biaya Minimum perawatan Filter Air.....	14

2.10 Filter Air	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Sumber Data	17
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Langkah Analisis	18
3.4 Diagram Alir.....	18
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Karakteristik Data Filter Air.....	21
4.2 Pengujian <i>Trend</i> Waktu Usia Filter Air.....	23
4.3 Estimasi Parameter <i>Geometric Process</i>	26
4.4 Pengujian <i>Geometric Process</i>	27
4.5 Estimasi Rata-rata Lifetime dan Waktu Perbaikan Filter Air.....	29
4.6 Optimasi Biaya Perawatan Filter Air.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39
BIODATA PENULIS	63
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Ilustrasi Gambar Filter Air	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Lanjutan Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Diagram Pareto Filter Air.....	22
Gambar 4.2 Plot Kumulatif Usia Filter Air dan banyaknya kerusakan.....	24
Gambar 4. 3 Plot n dengan Y_n	28
Gambar 4. 4 Plot Fungsi dari jumlah kerusakan N	34

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	17
Tabel 4.1 Karakteristik Data Filter 2 dan Filter 5.....	22
Tabel 4. 2 Nilai Laplace dari Filter Air	25
Tabel 4. 3 Estimasi Parameter Geometric Process	26
Tabel 4. 4 Output estimasi rata-rata Lifetime Filter Air	29
Tabel 4. 5 Output Estimasi Rata-Rata Filter Air untuk kerusakan ke-N	30
Tabel 4. 6 Output Estimasi Waktu Perbaikan Filter Air	31
Tabel 4. 7 Output Estimasi Waktu Perbaikan Filter Air setelah kerusakan ke-n.....	31
Tabel 4.8 Iterasi Biaya dengan jumlah kerusakan N	33
Tabel 4.9 Lanjutan Iterasi Biaya dengan jumlah kerusakan N ...	34

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data Lifetime dan Waktu Perbaikan dari Filter 2
- Lampiran 2** Data Lifetime dan Waktu Perbaikan dari Filter 5
- Lampiran 3** Syntax Pengujian Trend untuk Filter 2
- Lampiran 4** Syntax Pengujian Trend untuk Filter 5
- Lampiran 5** Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2
- Lampiran 6** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2
- Lampiran 7** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2
- Lampiran 8** Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2
- Lampiran 9** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2
- Lampiran 10** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2
- Lampiran 11** Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5
- Lampiran 12** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5
- Lampiran 13** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5
- Lampiran 14** Syntax perhitungan parameter dan pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Filter 5

- Lampiran 15** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Filter 5
- Lampiran 16** Lanjutan Syntax perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Filter 5
- Lampiran 17** Syntax Optimasi Biaya Pada Filter Air
- Lampiran 18** Output Grafik Optimasi Biaya Perawatan dengan jumlah kerusakan
- Lampiran 19** Surat Penerimaan untuk Pengambilan data dari PDAM
- Lampiran 20** Surat Pernyataan Data Sekunder
- Lampiran 21** Surat Keterangan Data Perusahaan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman yaitu sebagai media pengangkutan zat-zat makanan. Kebutuhan akan air oleh manusia tidak ada habisnya, terutama air bersih yang layak untuk keperluan rumah tangga (Lubis & Affandy, 2014). Peraturan yang dibuat oleh Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata-rata secara wajar adalah 60 l/orang/hari untuk segala keperluannya (Sasongko, Widyastuti, & Prayono, 2014). Selama periode 2010 hingga 2015 tercatat bahwa kebutuhan air bersih untuk setiap tahunnya mengalami peningkatan rata-rata sebesar 10.01% (www.bps.go.id, 2019). Sehingga, kualitas dari sumber daya air harus senantiasa dijaga terutama pada air minum. Peranan air yang sangat menunjang dari sudut ekonomi adalah sebagai pembangkit energi, media dalam bidang transportasi dalam berbagai skala, serta menyediakan berbagai wahana dalam bidang pariwisata. Seiring dengan perkembangan zaman, keberadaan sumber daya air semakin berkurang. Hal seperti inilah yang menyebabkan manusia harus melakukan penghematan agar penggunaan sumber daya air dapat terpakai sampai generasi-generasi selanjutnya.

Perusahaan Daerah Air Minum atau yang sering disebut PDAM adalah salah satu unit usaha milik daerah, yang bergerak dalam usaha distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Surabaya sebagai kota dengan sumber mata air yang paling memungkinkan untuk digunakan adalah air permukaan yang berupa sungai, meskipun memiliki tingkat kontaminasi yang tinggi akibat limbah industri dan domestik. Air baku PDAM diolah di enam Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM). Tiga instalasi berlokasi di Ngagel, tiga instalasi lagi berlokasi di Karangpilang dan instalasi

Sumber Air berlokasi di Umbulan dan Pandaan dengan total kapasitas terpasang sebanyak 10.380 lt/dt (www.pdam-sby.go.id, 2019). Alat yang digunakan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya untuk pengolahan air baku hingga air bersih yang siap didistribusikan ke pelanggan adalah antara lain: *Pompa Intake*, *clarifier (clearator)*, filter dan Forwading (Distribusi). Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dimulai dengan proses penyedotan air baku menggunakan Pompa *Intake* yang kemudian akan diolah ke dalam *Water Treatment*. Selanjutnya adalah proses Prasedimentasi atau proses pengendapan dimana pada proses ini, air akan dibersihkan dari kotoran-kotoran dengan cara mengendapkan kotoran-kotoran yang terdapat di dalam air tersebut. Proses selanjutnya adalah proses injeksi bahan kimia yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran dalam air yang berupa padatan resuspensi (zat warna organik, lumpur halus, bakteri). Selanjutnya adalah proses pengendapan kedua dengan menggunakan alat *clearator* dan setelah dilakukan proses pengendapan kedua akan dilakukan filtrasi yaitu menyaring kotoran-kotoran dalam air yang berukuran kecil untuk menghasilkan air yang benar-benar bersih. Proses selanjutnya akan dilakukan injeksi bahan kimia berupa Chloor maupun tawas yang kemudian air hasil tersebut akan ditampung pada reservoir atau bangunan penampungan air bersih yang telah diolah sebelum didistribusikan ke pelanggan.

Salah satu faktor yang menentukan kelancaran dalam mengolah air ini adalah Alat yang digunakan seperti pompa *intake*, *clearator*, filter air, kompresor dan lain-lain haruslah bekerja dengan baik. Upaya yang dilakukan agar Alat dapat digunakan dengan baik maka perlu dilakukan adanya kegiatan *maintenance*. Kegiatan *maintenance* adalah hal yang tidak dapat diabaikan karena jika Alat pengolahan air tersebut mengalami gangguan maka proses produksi pun akan terhambat. Apabila proses produksi terhambat maka akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Penelitian ini akan dilakukan pada filter air di PDAM

Surya Sembada Kota Surabaya, alat ini berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dari air yang tidak ikut mengendap pada proses prasedimentasi maupun pengendapan kedua. Filter air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan alat yang penting untuk proses pengolahan air bersih, apabila alat ini mengalami gangguan maka sistem produksi dalam menghasilkan air bersih kurang maksimal dan menyebabkan kualitas air yang dihasilkan tidak sesuai serta akan menyebabkan kerugian karena kapasitas air yang dihasilkan akan berkurang. Pada penelitian ini akan dilakukan di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya telah menjadwalkan adanya pengecekan harian pada semua Alat pengolahan air bersih termasuk pada Filter Air. Selama Proses pengolahan air, Alat pengolahan air sering mengalami kerusakan di tengah jalannya produksi. Di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, Alat yang sering mengalami kerusakan adalah Filter Air. Hal ini akan menimbulkan kerugian dalam segi biaya dalam melakukan perawatan, Sehingga perlu adanya penentuan waktu perawatan untuk Filter Air. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum melakukan perhitungan secara statistik untuk penentuan perawatan. Analisis Reliabilitas adalah suatu analisis statistika yang bertujuan untuk mengetahui peluang suatu mesin untuk bekerja dengan sebagaimana mestinya pada kondisi tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu optimum dengan biaya minimum untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance*, sehingga diharapkan dapat mengurangi dampak yang diakibatkan apabila filter air mengalami kerusakan. Pada penelitian sebelumnya tentang analisis reliabilitas atau analisis tentang *preventive maintenance* diterapkan di beberapa pabrik. Penelitian pertama dilakukan oleh (Siregar, Tarigan, & Siregar, 2017), penelitian tentang waktu perencanaan perawatan mesin di PDAM Aceh mendapatkan estimasi perawatan untuk komponen kritis *Re-mis Pecking* 14 hari, komponen poros 13 hari dan komponen *Drain*

Raw Water Pump 14 hari. Penelitian Kedua dilakukan oleh (Ilwan, Rumawan, & Dian, 2016) penelitian tentang waktu optimum perawatan mesin pompa di PDAM Gunung Lipan, Samarinda Kalimantan Timur mendapatkan kesimpulan bahwa Jadwal perawatan mesin pompa Grundfos I maksimal setiap 45 hari, sedangkan mesin pompa Grundfos II harus sudah dilakukan perawatan pada maksimal setiap pengoperasian 47 hari dan mesin pompa Grundfos III harus sudah dilakukan perawatan maksimal setiap 53 hari. Ketiga dilakukan oleh (Permatasari, Haryono, & Aksioma, 2016) penelitian tentang penentuan waktu penggantian komponen *Air Cycle Machine* (ACM) pesawat terbang CRJ-1000 menggunakan metode *Geometric Process* dan mendapatkan kesimpulan bahwa dilakukan perawatan atau penggantian komponen setelah terjadi kerusakan ke-4 dengan biaya yang paling minimum yaitu USS 6961. Penelitian Keempat dilakukan oleh (Fanty, Handoko, & Winarni, 2016) penelitian tentang penentuan jadwal perawatan mesin menggunakan pembobotan dan *Fitness dan Function* dan menghasilkan kesimpulan untuk jadwal perawatan mesin yang optimum adalah 6 bulan yaitu melakukan penggantian mesin pada bulan ke-3 karena menghasilkan biaya terendah dan reliabilitas mesin tertinggi dibandingkan interval waktu penjadwalan yang lain.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang yang telah dijelaskan bahwa proses penjadwalan yang dilakukan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum cukup karena karena Filter Air dapat mengalami kerusakan sewaktu-waktu. Upaya untuk memperkecil peluang Filter Air mengalami kerusakan serta meningkatkan keandalan alat tersebut, maka tindakan *preventive maintenance* sangat penting untuk dilakukan. Sampai saat ini waktu optimum pelaksanaan *preventive maintenance* dengan biaya minimum masih belum diketahui. Sehingga permasalahan dari penelitian ini adalah bagaimana penentuan kebijakan waktu optimum perbaikan

(*preventive maintenance*) Filter Air yang tepat dengan biaya minimum di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya?

1.3 Tujuan

Berdasarkan Rumusan Masalah yang telah disebutkan, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu optimum perawatan (*Preventive Maintenance*) dengan biaya minimum pada Filter Air di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat untuk PDAM Surya Sembada Surabaya ini diharapkan mampu memberikan pertimbangan bagi pihak perusahaan dalam mengambil keputusan dan menggunakan hasil analisis reliabilitas untuk mengetahui jadwal perawatan pada Filter Air dengan biaya yang minimal. Serta bagi pembaca diharapkan dapat digunakan sebagai bahan belajar dari aplikasi analisis reliabilitas.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah data penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data yang ada di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan Filter Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah Filter Air 2 dan 5 karena filter air tersebut paling sering digunakan dan sering mengalami kerusakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini memuat statistika deskriptif, Proses Stokastik, *Poisson Process* dan *Geometric Process* serta pengetahuan mengenai Filter Air merupakan sebuah landasan yang akan digunakan dalam melakukan analisis dan pembahasan pada Bab 4.

2.1 Proses Stokastik

Proses Stokastik adalah himpunan variabel acak $\{X(t), t \in T\}$. Semua kemungkinan nilai yang dapat terjadi pada variabel acak $X(t)$ disebut ruang keadaan (*state space*). Satu nilai t dari T disebut indeks atau parameter waktu. Dengan parameter waktu ini, proses stokastik dapat dibedakan menjadi dua bentuk yaitu :

- a. Jika $T = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ maka proses stokastik ini berparameter diskrit dan disingkat dengan notasi $\{X_n\}$.
- b. Jika $T = \{t | t \geq 0\}$, maka proses stokastiknya berparameter kontinu dan dinyatakan dengan notasi $\{X(t) | t \geq 0\}$ (Gross, 2008).

Terdapat dua jenis sistem mesin yaitu *repairable* dan *nonrepairable*. *Repairable* yaitu sebuah komponen dimana ketika terjadi sebuah kerusakan maka komponen tersebut dapat diperbaiki dengan beberapa proses perbaikan selain penggantian pada seluruh sistem. *Non-repairable* jika mengalami kerusakan maka harus diganti dengan komponen yang baru dalam artian komponen tersebut tidak bisa diperbaiki (O'Connor, 2012).

2.2 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan diterjemahkan sebagai *reliability* atau *reliable* yang berarti andal. *Reliability* merupakan probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi (Besterfield, 2001). Keandalan banyak digunakan

pada pabrik-pabrik dalam merancang strategi pemeliharaan untuk mendapatkan total biaya produksi ekonomis. Reliabilitas merupakan suatu peluang dimana suatu mesin akan berjalan dengan baik pada satuan waktu tertentu.

2.3 Poisson Process

Proses Poisson ditunjukkan dengan himpunan variabel acak $N(t)$, dimana $N(t)$ dinotasikan sebagai jumlah kejadian yang terjadi sampai waktu t dengan $N(0)=0$. Proses Poisson merupakan proses cacah yang mempunyai batasan tertentu yaitu diantaranya $N(t)$ mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata dimana adalah suatu konstanta. Adapun asumsi-asumsi terhadap proses Poisson, yaitu Independen Increment, Stasioner Increment. Dalam reliabilitas, Poisson process dapat ditemukan pada sebuah sistem yang mempunyai tingkat kerusakan konstan maupun berubah terhadap waktu ataupun rusak secara tiba-tiba. Apabila hal tersebut terjadi maka secara langsung diperbaiki atau dilakukan pergantian. N adalah jumlah kerusakan pada interval waktu $(0, t)$, probabilitas jumlah kerusakan yang memiliki distribusi Poisson adalah sebagai berikut (Rigdon, 2000).

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

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

Poisson Process memiliki dua kejadian yang dilihat dari waktu kerusakan sebuah media atau mesin dan juga dapat dilihat dari laju kerusakan dari sebuah mesin diantaranya yaitu *Homogen Process Poisson* (HPP) dan *Non Homogen Poisson Process* (NHPP). Proses dikatakan HPP ketika waktu kerusakan mesin bersifat identik dan independen, hal ini dapat dilihat ketika tidak terdapat *trend* maka waktu kerusakan dari suatu mesin tersebut akan mengikuti *Homogen Poisson Process* (HPP).

Proses dikatakan NHPP ketika waktu kerusakan bersifat dependen dan memiliki *trend* atau Proses Non Homogen dapat diartikan sebagai proses poisson yang memiliki laju kerusakan berubah terhadap waktu, Fungsi intensitas bersifat tidak konstan serta waktu kerusakan berpengaruh terhadap waktu.

2.4 Pemeriksaan *Trend*

Grafik yang sederhana dapat digunakan untuk melihat apakah kehandalan dari suatu komponen meningkat atau menurun, berguna untuk mengidentifikasi data, dan membentuk suatu model dari data tersebut (Tsang, 2012). Untuk menguji apakah terdapat *trend* pada laju kegagalan dari komponen maka digunakan Laplace's test (Rigdon, 2000). Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut

H_0 : Waktu usia mesin mengikuti *Homogeneous Poisson Process* (HPP) atau Waktu usia mesin tidak terdapat *trend*

H_1 : Waktu usia mesin mengikuti *Non-Homogeneous Poisson Process* (NHPP) atau Waktu usia mesin memiliki *trend*

Statistik Uji untuk *Time Truncated* data

$$L_k = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{N_k} t_{i,k}}{N_k} - \frac{T_k}{2} \right)}{\left(T_k \sqrt{\frac{1}{12N_k}} \right)}, \quad (2.2)$$

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 $L > 0$ maka data set kerusakan $\{t_{i,k}; i=1, 2, \dots, Nk\}$ menunjukkan adanya *trend* naik, sedangkan jika nilai $L < 0$ maka data set kerusakan $\{t_{i,k}; i=1, 2, \dots, Nk\}$ menunjukkan adanya *trend* turun (Leung & Cheng, 2000). Kemudian untuk keputusan dari hipotesis juga dapat didapatkan, ketika nilai $L_k < -Z\alpha/2$ atau $L_k > Z\alpha/2$ maka tolak H_0 sehingga waktu kegagalan $\{t_{i,k}; i=1, 2, \dots, Nk\}$ mengikuti Non *Homogeneous Poisson Process* NHPP atau artinya data memiliki *trend*.

2.5 Geometric Process

Dalam permasalahan pemeliharaan, banyak mesin yang mengalami penurunan kinerja karena pengaruh penuaan dan keausan. Namun praktiknya, setelah dilakukan perbaikan pada mesin, maka mesin akan mengalami kinerja yang tidak sama atau penurunan kinerja dibandingkan dengan mesin baru. Berdasarkan fenomena ini didapatkan sebuah pendekatan *Geometric Process* (GP) untuk memodelkan fenomena tersebut. Dalam pendekatan *Geometric Process* terdapat dua macam kebijakan penggantian, dimana yang pertama didasarkan pada usia kerja mesin (T) dan yang lainnya didasarkan pada jumlah kerusakan sebanyak N kali. Kebijakan optimal N atau T diperoleh dengan meminimalkan rata-rata biaya jangka Panjang (Wang, 2014). Pendekatan *Geometric Process* merupakan model proses monoton sederhana tetapi merupakan pendekatan terbaik untuk model proses monoton yang lebih umum (Lam & Zhang, 2003). Berikut merupakan definisi dari *Geometric Process*

Definisi I, Diberikan dua variabel random X dan Y, dimana X secara stokastik lebih besar dari Y maka

$$P\{X > z\} \geq P\{Y > z\} \text{ untuk semua nilai } z$$

$$X \geq Y \text{ atau } Y \leq X$$

Terdapat statistik proses $\{X_n, n = 1, 2, \dots\}$ dimana akan naik secara stokastik apabila $X_n \leq X_{n+1}$ untuk semua nilai $n=1, 2, 3, \dots$

Definisi II, Terdapat statistik proses $\{G_n, n = 1, 2, \dots\}$ adalah sebuah *Geometric Process* ketika $\alpha > 0$, dan ketika terdapat statistik proses $\{\alpha^{n-1}G_n, n = 1, 2, \dots\}$ akan membentuk sebuah *renewal process*, dimana α adalah rasio dari *Geometric Process*. Jika nilai $\alpha > 1$ maka *Geometric Process* tersebut merupakan *Geometric Process* menurun. Jika $0 < \alpha < 1$, maka *Geometric Process* tersebut merupakan *Geometric Process* meningkat. Jika $\alpha = 1$ maka suatu *renewal process*.

Komponen yang mengalami penurunan keandalan dapat diasumsikan bahwa umur komponen membentuk *Geometric Process* (GP) yang menurun, sedangkan waktu perbaikan akan membentuk *Geometric Process* (GP) yang meningkat. Waktu penggantian komponen pada umumnya bersifat skotastik, sehingga tidak mempertimbangkan usia komponen.

2.6 Uji *Geometric Process*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data berasal dari *Geometric Process*. Misal terdapat dataset dari suatu point proses yaitu $\{G_n, n = 1, 2, \dots\}$, tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui apakah suatu dataset tersebut berasal dari *Geometric Process* atau tidak. Secara statistik menggunakan Hipotesis sebagai berikut (Yeh, 1992).

$H_0: r = 1$ (rasio dari *Geometric Process* sama dengan 1 artinya proses akan masuk dalam *renewal process*)

$H_1: r \neq 1$ (rasio dari *Geometric Process* tidak sama dengan 1 artinya proses akan masuk dalam *Geometric process*)

Statistik Uji:

$$t = \frac{-\ln \hat{r} \sqrt{(N-1)N(N+1)}}{\hat{\sigma}_e \sqrt{12}}, \quad (2.3)$$

Jika $|t| > t_{(N-2); 0,025}$ maka keputusannya adalah tolak H_0 dengan tingkat signifikansi 5% yang artinya data mengikuti *Geometric Process*.

2.7 Estimasi Parameter *Geometric Process*

Pada bagian ini, diasumsikan bahwa sebuah dataset $\{G_n, n = 1, 2, \dots, N\}$ adalah termasuk *Geometric Process*. Sehingga dapat dilakukan estimasi parameter $\ln \hat{r}$, $\hat{\sigma}^2$, dan $\hat{\alpha}$ menggunakan teknik dari regresi linier (Yeh, 1992). Dasar untuk estimasi parameter metode regresi linier adalah *Least Square*. Pada dasarnya, *Least Square* merupakan metode dengan model kurva *linear* untuk cdf variabel random (Kirikkale, 2018). Persamaan Linier yang digunakan untuk mengestimasi parameter dari *Geometric Process* berasal dari persamaan model sebagai berikut (Yeh, 1992)

$$Y_n = r^{n-1}G_n \quad (2.4)$$

Persamaan diatas diubah kedalam persamaan \ln , Sehingga menjadi persamaan berikut

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

Definisi *Geometric Process* menyatakan bahwa $\ln Y_n$ merupakan distribusi normal dengan *mean* 0 dan varian σ_n sehingga persamaan $\ln Y_n$ adalah

$$\ln Y_n = \alpha + e_n \quad (2.6)$$

Persamaan (2.5) dan (2.6) di gabung akan menjadi persamaan linier yang digunakan untuk mengestimasi parameter dari *Geometric Process* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \ln Y_n &= (n - 1)\ln r + \ln G_n \\ \alpha + e_n &= (n - 1)\ln r + \ln G_n \\ \ln G_n &= -(n - 1)\ln r + \alpha + e_n \end{aligned}$$

Sehingga persamaan linier yang digunakan untuk mengestimasi parameter dari *Geometric Process* adalah sebagai berikut

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

dimana $n = 1, 2, \dots, N$ dan e_n adalah bentuk eror yang merupakan variabel random dengan mean 0 dan variansi σ_e^2 untuk semua nilai dari n . Estimasi titik menggunakan metode *least square* $\ln r, \alpha$ dan σ_e^2 dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut (Yeh, 1992)

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

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

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

Dimana G_n adalah data umur pakai mesin dan data waktu perbaikan dari mesin.

2.8 Estimasi Mean dan Varians *Geometric Process*

Tahap pertama, dalam mengestimasi Mean dan varians dari *Geometric Process* dengan $n=1$ (G_1) adalah dilihat hasil dari nilai estimator r yang didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Leung F. K., 2000)

- a. Jika nilai $r > 1$, maka estimasi mean dan varians dari G_1

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{(1-\hat{r}^{-1}) \sum_{n=1}^N G_n}{1-\hat{r}^{-N}}, \quad (2.11)$$

$$\hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (\hat{r}^{n1} G_n)^2 - (\sum_{n=1}^N \hat{r}^{n-1} G_n)^2}{N-1}, \quad (2.12)$$

- b. Jika nilai $0 < r < 1$, maka

$$2\mu_{G_1}^2 \ln \mu_{G_1} - 2\hat{\alpha} \mu_{G_1}^2 - \sigma_{G_1}^2 \quad (2.13)$$

Dimana $\hat{\alpha}$ dan $\sigma_{G_1}^2$ masing-masing dihasilkan dari persamaan (2.9) dan (2.10)

c. Jika nilai $r = 1$, maka

$$\hat{\mu}_{G_1} = \frac{\sum_{n=1}^N G_n}{N}, \quad (2.14)$$

$$\hat{\sigma}_{G_1}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (G_n - \hat{\mu}_{G_1})^2}{N-1}, \quad (2.15)$$

Tahap Kedua, menentukan estimasi mean dan varians dari G_n untuk $n = 2, 3, \dots, N$ dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\hat{\mu}_{G_n} = \frac{\hat{\mu}_{G_1}}{\hat{r}^{n-1}} \quad \text{dan} \quad \hat{\sigma}_{G_n}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_1}^2}{\hat{r}^{2(n-1)}}, \quad (2.16)$$

2.9 Ekspektasi Biaya dan waktu Optimum *Maintanance*

Penerapan untuk optimasi waktu dengan biaya optimum untuk *Geometric Process* lebih diarahkan pada jumlah kerusakan (N). Kebijakan optimal N diperoleh dengan meminimalkan rata-rata biaya jangka Panjang. Salah satu tindakan pemeliharaan adalah melakukan penggantian komponen. Kebijakan penggantian optimal ditentukan dengan meminimalkan $l_1(N)$ dimana $l(N)$ merupakan biaya rata-rata jangka Panjang per satuan waktu atau fungsi dari jumlah kerusakan N (Leung F. K., 2000).

$$l_1(N) = \frac{cf \mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} - \mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + c_R}{\mu_{X_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{Y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}}, \quad (2.17)$$

Keterangan :

- cf : Rata-rata biaya perbaikan
 c_R : Rata-rata biaya penggantian
 a : Parameter *Geometric Process* usia mesin
 b : Parameter *Geometric Process* waktu perbaikan
 μ_{X_1} : Rata-rata Usia mesin setelah kerusakan pertama
 μ_{Y_1} : Rata-rata perbaikan mesin setelah kerusakan pertama

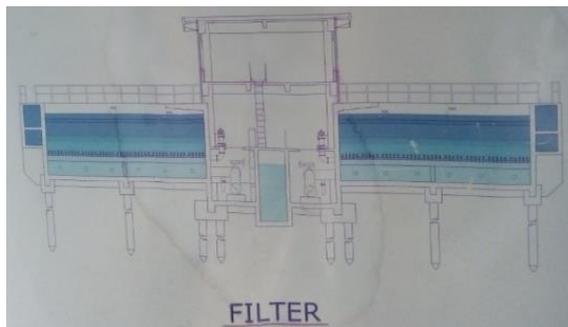
Berikut merupakan langkah-langkah penentuan kebijakan waktu penggantian optimal

1. Menghitung rata-rata biaya jangka panjang per satuan waktu $l_1(N)$ untuk $N = 1, 2, \dots$ menggunakan persamaan (2.14)
2. Membuat plot antara rata-rata biaya jangka panjang per satuan waktu dengan jumlah kerusakan (N). Sehingga dari plot tersebut akan diperoleh waktu penggantian optimal yang ditunjukkan dengan titik sebelum titik stasioner dari kurva.

2.10 Filter Air

Air bersih merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi masyarakat. Sampai saat ini masalah air bersih masih banyak dijumpai baik di daerah perkotaan maupun daerah pedesaan. Air yang biasa diolah menjadi air layak pakai adalah air sungai yang berkemungkinan besar mengandung banyak zat-zat kimia yang berbahaya. Sehingga pengolahan tersebut diperlukan suatu media untuk menyaring air sungai menjadi air bersih layak pakai. Media Filtrasi dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan sederhana, namun untuk perusahaan yang bergerak dalam pengolahan air bersih akan menggunakan teknologi Filter Air untuk proses penyaringan. Perusahaan pengolahan air seperti PDAM adalah salah satu contoh yang menerapkan teknologi tersebut untuk proses pengolahannya. Dalam kehidupan kebutuhan akan air bersih adalah suatu hal yang pasti untuk keberlangsungan kehidupan makhluk hidup (Rosmiyanto, 2009). Filter Air adalah alat yang dibuat

untuk menyaring air kotor agar air lebih bersih. Filtrasi mampu memisahkan kotoran dengan proses fisik, kimia dan biologis melalui media filter. Kualitas air yang akan didistribusi bergantung pada kinerja filter yang digunakan. Air bersih yang bersumber dari Perusahaan daerah Air Minum (PDAM) terkadang masih memiliki endapan besi dan mangan dalam konsentrasi yang kecil. Pengolahan air bersih ini dapat memperkecil zat-zat kimia yang terkandung di dalam air seperti zat besi dan mangan dengan cara menggunakan filter air. Pengolahan air bersih menjadi air minum perlu dilakukan dengan menggunakan filter air sehingga diperoleh hasil keluaran dibawah ambang batas perundangan. Berikut merupakan ilustrasi gambar filter air yang digunakan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya



Gambar 2. 1 Ilustrasi Gambar Filter Air

Gambar 2.1 adalah gambar ilustrasi Filter air yang ada di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dimana alat ini digunakan setelah dilakukan proses pengendapan kedua yang dilakukan oleh *clearator*. Pada Filter Air tersebut memiliki banyak komponen salah satunya adalah pompa *Backwash*. Komponen ini adalah komponen utama dari Filter air untuk membantu pembersihan dari Filter Air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini akan menjelaskan tentang sumber data, variabel penelitian, langkah analisis beserta diagram alirnya sebagai penunjang dalam melakukan analisis dan pembahasan.

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Data yang dipakai yaitu data usia pakai dan lama waktu perbaikan dari Filter Air pada bulan Januari tahun 2015 hingga Desember 2018.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah lamanya mesin bekerja (*lifetime*) dalam satuan menit dan data perbaikan kerusakan mesin (*downtime*) dalam satuan jam. Struktur data yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan oleh tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Data ke- rusakan ke-	Usia Pakai		Lama Perbaikan	
	Filter 2	Filter 5	Filter 2	Filter 5
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$
.
.
.
N	$X_{n,1}$	$X_{n,2}$	$Y_{n,1}$	$Y_{n,2}$

Keterangan :

$X_{1,1}$: G_n yang menyatakan data usia pakai saat kerusakan pertama untuk filter 2

$X_{1,2}$: G_n yang menyatakan data usia pakai saat kerusakan pertama untuk filter 5

$Y_{1,1} : G_n$ yang menyatakan data lama perbaikan saat kerusakan pertama untuk filter 2

$Y_{1,2} : G_n$ yang menyatakan data lama perbaikan saat kerusakan pertama untuk filter 5

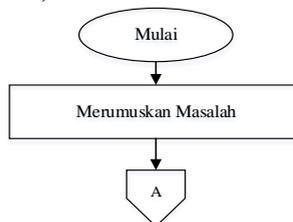
3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut.

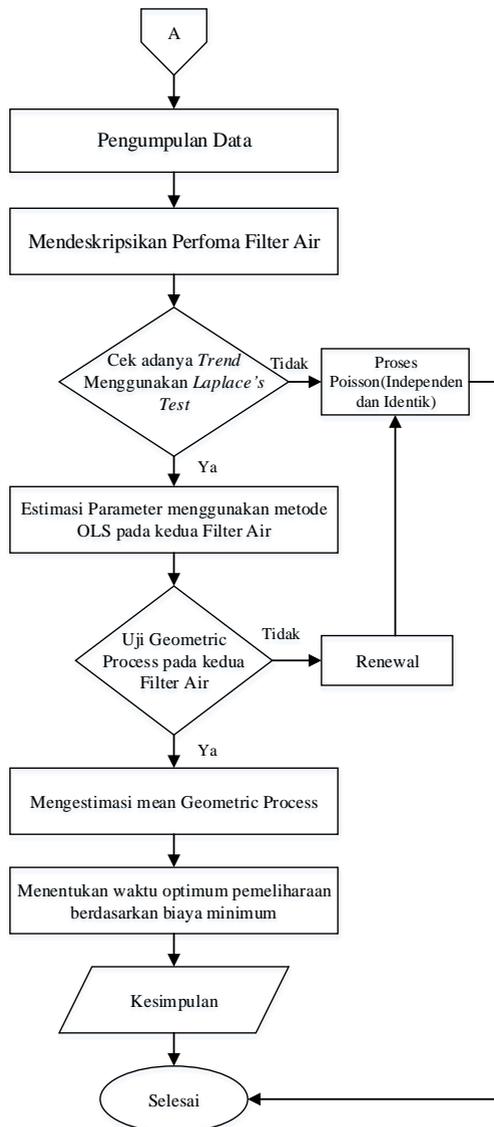
1. Mengumpulkan data performa Filter Air (Usia Pakai dan Lama Perbaikan) pada kurun waktu tertentu.
2. Mendeskripsikan data performa Filter Air di Instalasi Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
3. Melakukan pemeriksaan Trend menggunakan *Laplace's Test* dengan persamaan (2.2).
4. Melakukan estimasi parameter *Geometric Process* pada data umur pakai mesin lama perbaikan mesin menggunakan OLS dengan persamaan (2.8) dan (2.9).
5. Melakukan uji *Geometric Process* pada data umur pakai mesin dan lama perbaikan mesin dengan persamaan (2.3).
6. Melakukan estimasi mean usia pakai mesin dan waktu perbaikan dari filter air dengan persamaan (2.11).
7. Menentukan waktu optimum pemeliharaan berdasarkan biaya minimum dengan persamaan (2.17).
8. Menarik Kesimpulan

3.4 Diagram Alir

Langkah penelitian dapat dirangkum dalam diagram alir penelitian sebagai berikut,



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Lanjutan Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

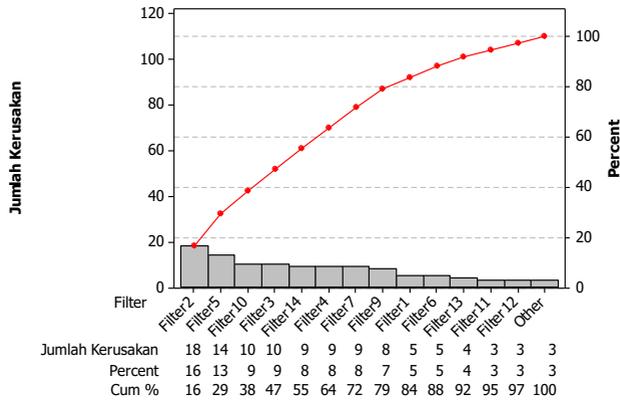
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, analisis dan pembahasan yang berisi mengenai metode *Geometric Process* dimana dengan metode tersebut akan menghasilkan waktu optimum dengan biaya optimum untuk perawatan Filter Air yang ada di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Sebelum dilakukan analisis mengenai *Geometric Process*, akan mendeskripsikan karakteristik dari data *Lifetime* dan Waktu Perbaikan dari Filter Air dan dilakukan pengecekan *trend*.

4.1 Karakteristik Data Filter Air

Filter air merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memproduksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Alat ini digunakan untuk menyaring air sungai menjadi air bersih layak pakai. Semua alat yang ada di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya beroperasi selama 24 jam dan telah melakukan pencatatan untuk Umur Filter Air atau jam operasi dan Waktu Perbaikan dari Filter Air. Jumlah Filter air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya ada 14. Namun dalam analisis ini akan dilihat yang paling sering mengalami kerusakan Oleh karena itu, akan dibuat diagram pareto untuk mengetahui Filter berapa yang paling sering mengalami kerusakan. Seperti pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa Filter Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang sering mengalami kerusakan adalah Filter 2 dan Filter 5 masing-masing secara berurutan mengalami 18 kerusakan dan 14 kerusakan. Pada Diagram Pareto dibawah juga dapat menunjukkan bahwa presentase kerusakan paling tinggi terdapat pada Filter 2 yaitu sekitar 16% kemudian Filter 5 sebesar 13%. Berdasarkan Diagram Pareto tersebut, 2 Filter Air yaitu masing-masing Filter 2 dan Filter 5 yang mengalami kerusakan paling banyak. Sehingga dari Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa kedua Filter yaitu masing-masing Filter 2 dan Filter 5 yang akan dilakukan analisis lebih lanjut mengenai Analisis Reliabilitas.



Gambar 4. 1 Diagram Pareto Filter Air

Setelah dibuat Diagram pareto dan menghasilkan Filter 2 dan Filter 5 yang akan dilakukan analisis lanjutan mengenai Analisis Reliabilitas. Selanjutnya akan dilihat karakteristik data berupa Statistika Deskriptif mengenai Lifetime dan Waktu Perbaikan dari Filter 2 dan Filter 5. Berikut merupakan hasil *output* karakteristik data Filter 2 dan Filter 5

Tabel 4. 1 Karakteristik Data Filter 2 dan Filter 5

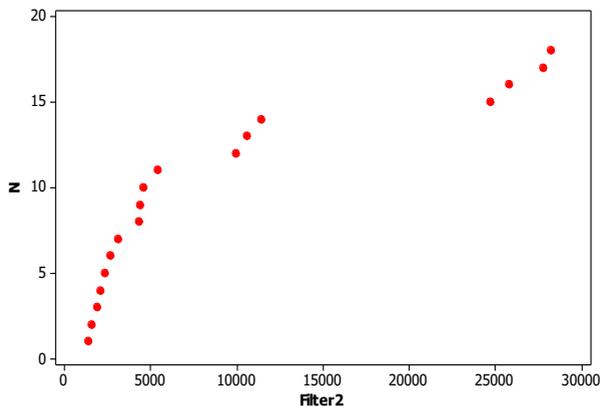
Variabel	Rata-Rata	Varians	Min	Maks
Lifetime_F2	9577	97704201	1392	28224
Lifetime_F5	13111	75155632	4704	29016
WaktuPerbaikan_F2	9.32	39.95	1.25	20
WaktuPerbaikan_F5	11.59	63.32	0.75	23.35

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata usia Filter 2 atau rata-rata alat tersebut beroperasi adalah selama 9577 jam atau sekitar 399 hari dimana rata-rata tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata usia Filter 5 dimana alat tersebut beroperasi selama 13111 jam atau sekitar 546 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata usia Filter yang paling lama

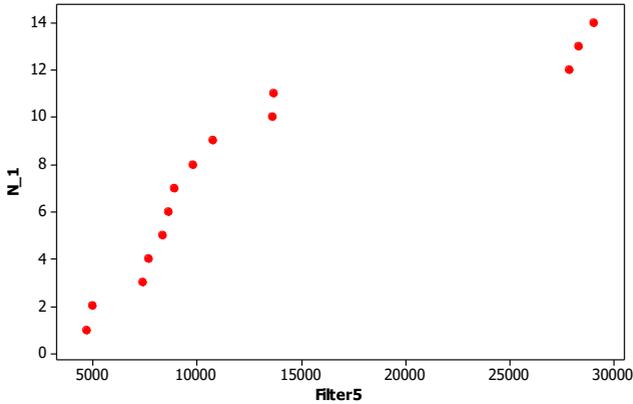
beroperasi adalah Filter 5. Berdasarkan tabel diatas juga dapat dilihat bahwa nilai varians dari kedua Filter sangat tinggi artinya data dari usia Filter lebih tersebar. Nilai terendah untuk Filter 2 beroperasi sampai mengalami kerusakan adalah selama 1392 jam dimana menunjukkan usia yang lebih singkat dibandingkan Filter 5 yaitu selama 4704 jam. Hal ini mempengaruhi pada waktu perbaikan dari kedua Filter dimana pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa waktu perbaikan yang paling cepat adalah Filter 2 yaitu rata-rata selama 9,32 jam sedangkan untuk Filter 5 rata-rata selama 11,59 jam.

4.2 Pengujian *Trend* Waktu usia Filter Air

Tujuan metode yang akan dilakukan pada laporan ini adalah untuk mencari waktu optimum perawatan dengan biaya yang optimum dimana metode tersebut adalah *Geometric Process*. Pendugaan awal dari metode *Geometric Process* adalah apakah data memiliki *trend*. Pengujian akan dilakukan secara statistik menggunakan nilai *Laplace*, Namun akan dilihat pola *trend* secara visual terlebih dahulu dengan menggunakan plot. Berikut *output* plot untuk mengetahui *trend* secara visual



(a)



(b)

Gambar 4. 2 Plot Kumulatif Usia Filter air dan Banyaknya kerusakan
(a) Filter 2 (b) Filter 5

Gambar 4.2 menunjukkan plot antara kumulatif life-time dari Filter 2 dan filter 5 dengan Jumlah kerusakan ($N(t)$). Gambar (a) dan Gambar (b) memberikan informasi bahwa Gambar (a) lebih memiliki jarak antar titik-titik merah yang berdekatan dibandingkan Gambar (b) artinya Filter 2 lebih sering mengalami kerusakan seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini dapat diindikasikan bahwa kedua Filter memiliki *trend* dimana secara visual untuk Gambar (a) atau untuk Filter 2 memiliki *trend* naik atau laju kerusakan semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Sedangkan untuk Gambar (b) atau Filter 5 secara visual diindikasikan memiliki *trend* turun atau laju kerusakan semakin menurun seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, data untuk kedua Filter dapat dimodelkan dengan *Non-Homogeneous Poisson Process* (NHPP) dimana salah satu dari metodenya adalah *Geometric Process*. Hal ini masih dilakukan secara visual, maka untuk memperkuat hasil analisis dari grafik akan

dilakukan pengujian statistik untuk melihat trend dari suatu data. Berikut merupakan pengujian secara statistik untuk melihat trend dari data Lifetime maupun Waktu perbaikan dari Filter 2 dan Filter 5

Tabel 4. 2 Nilai *Laplace* dari Filter Air

Variabel	L	Z_{0,025}	Keputusan
Lifetime_F2	-3.6443		
Lifetime_F5	-2.0087	1,96	Tolak H ₀
WaktuPerbaikan_F2	-7.3449		
WaktuPerbaikan_F5	-6.4768		

H_0 :Data tidak memiliki *Trend*

H_1 : Data memiliki *Trend*

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa secara statistik data Lifetime maupun Waktu perbaikan untuk kedua Filter memiliki *Trend* karena nilai statistik uji (*Laplace*) memiliki nilai lebih besar dari nilai titik kritis ($|L| > 1,96$) sehingga H_0 ditolak. Nilai dari *Laplace* juga menunjukkan adanya *trend* naik atau turun, Sehingga untuk Lifetime dari Filter 2 dan Filter 5 menunjukkan adanya *trend* turun karena nilai *Laplace* dari kedua Filter memiliki nilai negatif. Pada Filter 2 diindikasikan secara visual yang ada pada Gambar (a) adalah *trend* naik karena jarak antar titik yang sempit, Namun dalam hal ini ketika dilihat pada titik lifetime 10000 atau 25000 jam terlihat jarak titik-titik merah yang jauh. Sehingga hal tersebut yang menyebabkan hasil perhitungan secara statistik menunjukkan *trend* turun.

Tabel 4.2 juga menunjukkan untuk nilai *Laplace* dari Waktu perbaikan kedua Filter memiliki nilai yang negatif, artinya Waktu perbaikan dari kedua Filter memiliki *trend* turun. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan perbaikan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya masih belum

optimum karena lama waktu perbaikan akan semakin lama meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Oleh karena itu perlu adanya penentuan waktu optimum perawatan agar proses produksi air berjalan dengan lancar tanpa ada kerugian bagi Perusahaan.

4.3 Estimasi Parameter *Geometric Process* pada Filter Air

Parameter dari *Geometric Process* didapatkan dengan menggunakan estimasi OLS (*Ordinary Least Square*) dimana estimasi ini menggunakan model kurva *nonlinear* untuk cdf variabel random (Kirikkale, 2018). Parameter ini didapatkan dengan rumus persamaan (2.5) hingga (2.7). Berikut *output* estimasi parameter dari *Geometric Process*

Tabel 4. 3 Estimasi Parameter *Geometric Process*

Parameter	Lifetime		waktu Perbaikan	
	Filter2	Filter5	Filter2	Filter5
$\ln\hat{r}$	0.28591	0.37113	2.09777	2.56413
\hat{r}	1.33097	1.44937	8.14801	12.9894
$\hat{\alpha}$	2.01046	2.63854	10.7014	9.70077
$\hat{\sigma}^2$	2.80818	1.34403	10.5321	11.9132

Metode *Geometric Process* memiliki 3 parameter penting yaitu \hat{r} , $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\sigma}^2$ (Lam & Zhang, 2003). Oleh karena itu, sudah dilakukan perhitungan dan menghasilkan parameter untuk kedua filter seperti pada Tabel 4.3 Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai parameter \hat{r} dari Lifetime kedua filter lebih dari satu artinya seiring dengan berjalannya waktu dan semakin Filter tersebut digunakan maka semakin pendek juga usia pakai (Lifetime) dari Filter tersebut dan menyebabkan Filter mudah mengalami kerusakan. Nilai \hat{r} dari kedua filter terlihat hampir sama sehingga dapat dilakukan satu analisis yang sama untuk penentuan waktu optimum perawatan Filter di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Oleh karena itu, dari hal tersebut dapat diindikasikan

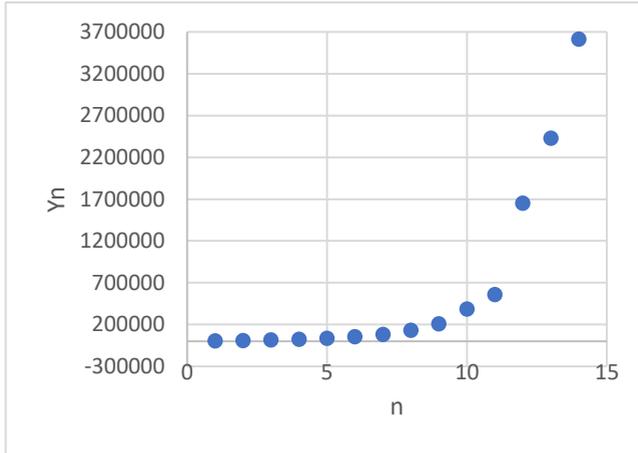
bahwa kedua filter yaitu Filter 2 dan Filter 5 memiliki trend yang sama.

Pada Tabel 4.3 juga menunjukkan bahwa nilai parameter \hat{r} untuk Waktu Perbaikan dari kedua Filter Air lebih besar dari 1, hal ini diindikasikan bahwa waktu perbaikan Filter Air menurun dan cenderung menuju 0. Hal ini juga dikarenakan perusahaan mempelajari dari kerusakan yang sebelumnya sehingga kerusakan yang selanjutnya membutuhkan waktu perbaikan yang lebih rendah dan juga dapat dikarenakan tidak adanya pencatatan lanjutan untuk kerusakan Filter air saat alat tersebut beroperasi sehingga tidak dapat menemukan waktu perbaikan yang tepat berturut-turut. Berdasarkan nilai $\hat{\sigma}^2$ menunjukkan bahwa nilai $\hat{\sigma}^2$ untuk Lifetime dari kedua Filter, memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan pada Waktu perbaikan dari kedua Filter. Nilai variansi yang kecil menunjukkan estimasi parameter yang dihasilkan model regresi mesin sudah cukup baik untuk menangkap keberadaan *trend*. Sehingga dari nilai $\hat{\sigma}^2$ dapat disimpulkan bahwa nilai $\hat{\sigma}^2$ dari Lifetime kedua filter lebih kecil dibandingkan nilai $\hat{\sigma}^2$ dari Waktu perbaikan kedua filter yang mengindikasikan bahwa estimasi parameter yang dihasilkan model regresi untuk usia (*lifetime*) mesin lebih bisa menangkap keberadaan *trend* dibandingkan waktu perbaikan.

4.4 Pengujian *Geometric Process*

Setelah dilakukan perhitungan parameter dari *Geometric Process* pada bagian 4.3. Maka langkah selanjutnya adalah dilakukan pengujian *Geometric Process*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui secara statistik apakah data termasuk *Geometric Process* atau tidak. Pada bagian 4.3 menunjukkan bahwa kedua Filter memiliki *trend* yang sama dilihat dari nilai parameter \hat{r} yang hampir sama, maka untuk pengujian *geometric process* dapat dilakukan satu kesimpulan yang sama. Hal ini untuk mengetahui apakah data termasuk *Geometric Process* terdapat 2 cara yaitu

dengan menggunakan plot dan tes uji secara statistik. Berikut plot antara n dengan nilai Y_n (menggunakan persamaan (2.4))



Gambar 4. 3 Plot n dengan Y_n

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa titik-titik biru semakin meningkat dengan rasio 1.4 sehingga secara visual terlihat adanya *Geometric Process* yang meningkat. Selanjutnya akan dilakukan pengujian secara statistic untuk pengujian *Geometric Process*. Berikut pengujian hipotesis statistik *Geometric Process* untuk filter air

Hipotesis:

$H_0: r = 1$ (Data lifetime Filter Air termasuk *renewal process*)

$H_1: r \neq 1$ (Data lifetime Filter Air termasuk *Geometric Process*)

Statistik Uji

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

$$t = \frac{-0.2859083 \sqrt{(18-1)18(18+1)}}{\sqrt{2.808} \sqrt{12}} = -3.755$$

Berdasarkan hasil Statistik Uji menunjukkan bahwa Data Lifetime filter air termasuk *Geometric Process* karena nilai mutlak dari statistik uji lebih besar dari nilai kritis yaitu $t_{(16);0,025}(2.19905)$ dengan taraf signifikansi 5%, Sehingga tolak H_0 . Berdasarkan pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa data Lifetime Filter air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya termasuk *Geometric Process*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin Filter rusak dan diperbaiki maka reliabilitas akan turun dan menyebabkan laju kerusakan semakin meningkat.

4.5 Estimasi Rata-rata Lifetime dan Waktu Perbaikan Filter

Tahap selanjutnya setelah pengujian *Geometric Process* adalah mencari estimasi rata-rata dari lifetime dan waktu perbaikan filter air yang digunakan untuk mengetahui jam operasi maupun waktu perbaikan dari filter air dengan beberapa kondisi. Berikut *Output* estimasi Rata-rata dari filter air

Tabel 4.4 *Output* estimasi rata-rata Lifetime Filter Air

Estimasi Parameter	Nilai
$\hat{\mu}_{G_{X_1}}$ (jam)	43061
$\hat{\mu}_{G_{X_1}}$ (tahun)	4,908931
$\hat{\mu}_{G_{X_n}}$ (jam)	$43061 / 1,33^{n-1}$

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa rata-rata usia filter berfungsi baik saat pertama kali digunakan atau keadaan masih baru sampai mengalami kerusakan pertama yaitu selama 43061 jam atau sekitar 4,9 tahun apabila tanpa adanya kegiatan *preventive maintenance*. Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pula rata-rata filter ketika mengalami kerusakan ke 2 hingga N kerusakan. Sebagai contoh, ketika mengalami kerusakan ke-2, maka usia filter sebesar 32353 jam dengan perhitungan sebagai berikut

$$\hat{\mu}_{G_{X_2}} = \frac{43061}{1,33^{2-1}} = 32353$$

Perhitungan berikut dilakukan hingga iterasi berhenti. Berikut lanjutan perhitungan rata-rata usia filter berfungsi baik sampai mengalami kerusakan ke-N.

Tabel 4.5 *Output* Estimasi Rata-Rata Filter Air untuk kerusakan ke-N

N	Rata-rata(jam)	N	Rata-rata(jam)
1	43061	21	141
2	32353	22	106
3	24308	23	80
4	18263	24	60
5	13722	25	45
6	10310	26	34
7	7746	27	25
8	5820	28	19
9	4373	29	14
10	3285	30	11
11	2468	31	8
12	1855	32	6
13	1393	33	5
14	1047	34	3
15	787	35	3
16	591	36	2
17	444	37	1
18	334	38	1
19	251	39	1
20	188	40	1
		41	0

Berdasarkan tabel 4.5 , menunjukkan bahwa Filter tidak dapat beroperasi setelah mengalami 40 kali kerusakan apabila tanpa ada perawatan atau pemeliharaan (*preventive maintenance*). Kegiatan pemeliharaan filter air dapat dilakukan agar tetap bisa berfungsi adalah seperti melakukan pengecekan kondisi semua komponen

dari filter air, penggantian komponen atau melakukan pembersihan Filter air. Berdasarkan tabel 4.5 juga dapat diinterpretasikan sebagai prediksi total untuk Filter Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dapat beroperasi tanpa dilakukan *preventive maintenance* yaitu selama 173164 jam atau sekitar 7215 hari atau sekitar 19 tahun. Selanjutnya adalah estimasi rata-rata waktu perbaikan dari filter air

Tabel 4. 6 *Output* Estimasi Waktu Perbaikan Filter Air

Estimasi Parameter	Nilai
$\hat{\mu}_{G_{Y_1}}$ (jam)	147
$\hat{\mu}_{G_{Y_1}}$ (tahun)	0,0167
$\hat{\mu}_{G_{Y_n}}$ (jam)	$147/8,148^{n-1}$

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa rata-rata Waktu Perbaikan Filter Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya saat terjadi kerusakan pertama yaitu selama 147 jam. Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pula rata-rata waktu perbaikan filter ketika mengalami kerusakan ke 2 hingga N kerusakan. Sebagai contoh, ketika mengalami kerusakan ke-2, maka waktu perbaikan filter air sebesar 18 jam dengan perhitungan sebagai berikut

$$\hat{\mu}_{G_{Y_2}} = \frac{147}{8,148^{2-1}} = 18$$

Perhitungan berikut dilakukan hingga iterasi berhenti. Berikut lanjutan perhitungan waktu perbaikan filter air sampai mengalami kerusakan ke-N

Tabel 4. 7 *Output* Estimasi Waktu Perbaikan Filter Air setelah kerusakan ke-n

N	Rata-rata
1	147
2	18
3	2
4	0

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwa waktu rata-rata lama perbaikan semakin seiring berjalannya waktu semakin menurun, hal ini dapat diindikasikan bahwa perusahaan mempelajari dari kerusakan yang sebelumnya sehingga kerusakan yang selanjutnya membutuhkan waktu perbaikan yang lebih efisien dari sebelumnya. Berdasarkan tabel 4.7 juga dapat dilihat bahwa setelah mengalami kerusakan ketiga, Perusahaan tidak melakukan perbaikan untuk Filter Air, hal ini diindikasikan bahwa perusahaan melakukan penggantian komponen dari Filter Air setelah mengalami kerusakan ketiga. Berdasarkan Tabel 4.7 juga dapat disimpulkan bahwa estimasi total waktu perbaikan Filter sampai kerusakan ke-3 adalah selama 167 jam.

4.6 Optimasi Biaya Perawatan Filter Air

Penentuan biaya optimum perawatan pada Filter air ini akan dilihat juga waktu optimum perawatan Filter air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Perawatan dapat berupa penggantian komponen Filter air. Pada laporan ini komponen yang akan di analisis adalah Pompa *Backwash*, Komponen ini termasuk komponen terpenting untuk Filter Air karena digunakan proses pembersihan Filter Air. Berikut penghitungan matematis penentuan biaya optimum dengan menggunakan persamaan (2.14)

$$l_1(N) = \frac{147020500 \mu_{y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}} - \mu_{x_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + 92450000}{\mu_{x_1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{a^{n-1}} + \mu_{y_1} \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1}{b^{n-1}}}$$

Penghitungan matematis biaya optimum perawatan Filter air menggunakan persamaan diatas, dimana fungsi diatas adalah fungsi dari jumlah kerusakan N. Penghitungan biaya optimum diatas membutuhkan biaya kerusakan dan biaya penggantian, dimana biaya yang diperlukan ketika filter air rusak atau disebut dengan biaya kerusakan adalah sebesar Rp 147020500 dan untuk biaya

penggantian komponen (*cost of replacement*) sebesar Rp 92450000. Biaya penggantian komponen filter air pada laporan ini adalah biaya komponen pompa *Backwash* karena komponen tersebut adalah komponen penting untuk filter air karena pompa *Backwash* digunakan dalam melakukan proses pembersihan Filter air. Dari persamaan fungsi diatas akan dihasilkan beberapa iterasi biaya dengan jumlah kerusakan N. Berikut iterasi biaya dan jumlah kerusakan N yang kemudian akan di plot untuk mengetahui waktu perawatan dengan biaya yang optimum

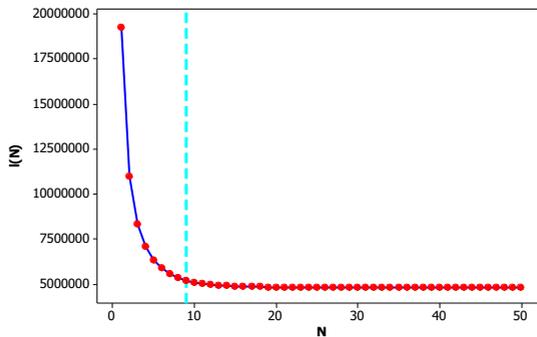
Tabel 4. 8 Iterasi Biaya dengan jumlah kerusakan N

N	$l_1(N)$	N	$l_1(N)$
1	19244000	26	4817000
2	11004000	27	4817000
3	8351000	28	4816000
4	7063000	29	4816000
5	6328000	30	4815000
6	5869000	31	4815000
7	5566000	32	4815000
8	5358000	33	4815000
9	5212000	34	4815000
10	5107000	35	4815000
11	5031000	36	4815000
12	4975000	37	4815000
13	4934000	38	4815000
14	4904000	39	4815000
15	4881000	40	4815000
16	4865000	41	4814000
17	4852000	42	4814000
18	4843000	43	4814000
19	4836000	44	4814000
20	4830000	45	4814000

Tabel 4. 9 Lanjutan Itreasi Biaya dengan jumlah kerusakan N

N	$l_1(N)$	N	$l_1(N)$
21	4826000	46	4814000
22	4823000	47	4814000
23	4821000	48	4814000
24	4820000	49	4814000
25	4818000	50	4814000

Selanjutnya akan dibuat plot untuk mengetahui waktu perawatan dengan biaya optimum dimana akan dilihat secara visual dengan grafik, kemudian akan dilihat pada titik grafik sebelum titik stasioner yang merupakan waktu optimum untuk perawatan filter air. Berikut plot untuk fungsi dari jumlah kerusakan N ($l_1(N)$)

**Gambar 4. 4** Plot Fungsi dari jumlah kerusakan N

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat memberikan informasi mengenai rata-rata biaya perawatan untuk Filter air. Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa rata-rata biaya perawatan semakin mengalami penurunan seiring dengan seringnya Filter mengalami kerusakan. Meskipun biaya rata-rata perawatan semakin menurun, Namun apabila Filter sering mengalami kerusakan, maka umur atau lifetime dari Filter tersebut akan semakin menurun dan semakin sering dilakukan perbaikan. Hal ini akan semakin tidak

efektif karena waktu perbaikan akan semakin bertambah dan akan mengganggu jalannya produksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Umur atau Lifetime dari Filter berfungsi baik setelah terjadi beberapa kali kerusakan dapat diketahui pada tabel 4.5. Sehingga pemilihan biaya perawatan paling optimum yang seharusnya dilakukan perusahaan adalah saat terjadi kerusakan ke-9 dengan biaya Rp 5212000 karena mengacu pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa lifetime Filter air tanpa dilakukannya *preventive maintenance* yaitu selama 4373 jam atau sekitar 182 hari, maka untuk lebih meningkatkan jam operasi dari Filter air perlu adanya *maintenance* yaitu dengan melakukan perawatan berupa penggantian komponen Filter air. Estimasi biaya pada saat kerusakan ke-9 sampai seterusnya memiliki nilai yang stasioner atau tidak memiliki arti bagi perusahaan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perusahaan dapat melakukan perawatan Filter air saat terjadi kerusakan ke-9 karena pada saat kerusakan ke-9 sudah menghasilkan biaya yang optimum yaitu sebesar Rp5212000 dan lebih dapat meningkatkan jam operasi dari Filter air, Sehingga mengurangi terjadinya kerusakan dari Filter air.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Dari 14 Filter Air yang ada di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya terdapat 2 Filter Air yang sering mengalami kerusakan yaitu Filter 2 dan Filter 5 masing-masing 18 kerusakan dan 14 kerusakan dengan presentase kerusakan masing 16% dan 13%. Sehingga analisis optimasi waktu perawatan akan dilakukan untuk Filter 2 dan Filter 5. Nilai parameter \hat{r} masing-masing filter yaitu Filter 2 dan Filter 5 menunjukkan bahwa kedua Filter memiliki hasil yang hampir sama yang mengindikasikan memiliki *Trend* sama, Sehingga dapat dihasilkan satu kesimpulan yang sama untuk Optimasi waktu perawatan. Prediksi total untuk Filter Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dapat beroperasi tanpa dilakukan *preventive maintenance* yaitu selama 173164 jam. Optimasi waktu perawatan untuk Filter Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah saat terjadi kerusakan ke-9 dengan biaya yang optimum yaitu sebesar Rp 5.212.000 karena pada saat kerusakan ke-9 biaya sudah optimum atau biaya sudah lebih murah dan lebih dapat meningkatkan jam operasi dari Filter air, Sehingga mengurangi terjadinya kerusakan dari Filter air. Perawatan yang dilakukan dapat berupa penggantian komponen dari filter air.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, agar dilakukan analisis yang menghasilkan waktu optimum perawatan dengan mempertimbangkan jam operasi mesin karena pada penelitian ini dalam melakukan analisis optimasi waktu perawatan hanya mengacu pada intensitas kerusakan mesin dan untuk penyebab kerusakan mesin lebih baik juga mempertimbangkan faktor eksternal agar dapat mengetahui waktu optimum perawatan lebih jelas dimana hal

ini membutuhkan data waktu kerusakan karena faktor eksternal. Peneliti selanjutnya disarankan pula untuk menggunakan analisis bayessian untuk mengetahui waktu optimum perawatan.

Saran bagi Perusahaan, sebaiknya untuk perawatan Filter Air dilakukan saat terjadi kerusakan ke-9 karena menghasilkan biaya yang optimum dan bisa lebih meningkatkan jam operasi dari filter air dan dalam mengumpulkan data disarankan dapat dikelompokkan per komponen agar memudahkan dalam hal analisis selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, D. H. (2001). *Quality Control. Sixth Edition*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- BPS. (2010). *Statistik Air Bersih*. Diakses pada tanggal 5 Februari 2019 <http://www.bps.go.id>.
- Fanty, Y. K., Handoko, B., & Winarni, S. (2016). Pemilihan Jadwal Pemeliharaan Mesin Berdasarkan Perbandingan Interval Waktu Menggunakan Pembobotan pada Fitness Function. *Prociding Seminar Nasional MIPA* , (hal. 9-71). Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjajaran
- Gross, D. &. (2008). *Fundamental of Queueing Theory: Fourth edition*. New Jersey: John Willey & Sons, Inc.
- Ilwan, F., Rumawan, F. H., & Dian, L. (2016). Penentuan Jadwal Perawatan Mesin Pompa Melalui Analisis Keandalan Pada Pdam Gunung Lipan, Amarinda Seberang, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol.8, 31-38.
- Kirikkale. (2018). Statistical Inference for Geometric Process with the Power Lindley Distribution. *Entropy Journal*, Vol.20, 2:21.
- Lam, Y., & Zhang, Y. L. (2003). A Geometric-Process Maintenance Model for a Deteriorating System Under a Random Environment. *IEE Transactions On Reliability*, Vol.52, 83-89.
- Leung, F. K. (2000). A Repair-Replacement Study for Gearboxes Using Geometric Processes. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol 17, 285-304.
- Leung, F. K., & Cheng, A. L. (2000). Determining replacement policies for bus engines. *International Journal of Quality & Reliability Managemen*, Vol.17, 771-782.
- Lubis, Z., & Affandy, N. A. (2014). Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Glagah Kabupaten Lamongan. *Teknika*, Vol.1, 577-584.

- O'Connor, P. (2012). *Practical Reliability Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- PDAM Surabaya. (2012). *Profil Perusahaan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya*. Diakses pada tanggal 5 Februari 2019. <http://www.pdam-sby.go.id>
- Permatasari, P., Haryono, & Aksioma, D. F. (2016). Optimasi Waktu Penggantian Komponen Air Cycle Machine (ACM) Pesawat Terbang CRJ-1000 Menggunakan Metode Geometric Process. *Sains dan Seni ITS*, Vol.5, 32-37.
- Rigdon, S. &. (2000). *Statistical Methods for The Repairable Systems*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Rosmiyanto. (2009). *Pengukuran dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta: Grasindo.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Prayono, R. E. (2014). Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol.12, 72-82.
- Siregar, K., Tarigan, U., & Siregar, S. F. (2017). Penerapan Metode Reliability engineering Dalam Perencanaan Perawatan Mesin Di Perusahaan Produksi Air Minum. *Seminar Nasional Teknik Industri*, (hal. 105-110). Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Tsang, A. (2012). A Review on Trend Tests for Failure Data Analysis. *The West Indian Journal of Engineering*, Vol.35, 4-9.
- Wang, G. J. (2014). Geometric Process model for a system with inspections and preventive repair. *Computers & Industrial Engineering*, Vol.75, 13-19.
- Yeh, L. (1992). Communications in Statistics - Theory and Methods. *Nonparametric Inference for Geometric Processes*, Vol.21, 2083-2105.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data *Lifetime* dan Waktu Perbaikan dari Filter 2

Tanggal	UmurPe- makaian(jam)	LamaPerbai- kan(jam)	UmurPe- makaian(thn)	LamaPerbai- kan(thn)
29/9/2015				
26/11/2015	1392	1.25	0.158688	0.0001425
4/12/2015	1584	2.25	0.180576	0.0002565
18/12/2015	1920	2.75	0.21888	0.0003135
26/12/2015	2112	3.16666667	0.240768	0.000361
4/1/2016	2328	3.66666667	0.265392	0.000418
18/1/2016	2664	4.08333333	0.303696	0.0004655
6/2/2016	3120	4.75	0.35568	0.0005415
27/3/2016	4296	5.5	0.489744	0.000627
1/4/2016	4416	6.66666667	0.503424	0.00076
9/4/2016	4608	9.33333333	0.525312	0.001064
13/5/2016	5424	10.0833333	0.618336	0.0011495
22/11/2016	9960	13.0833333	1.13544	0.0014915
17/12/2016	10560	13.8333333	1.20384	0.001577
23/1/2017	11448	15.3333333	1.305072	0.001748
14/7/2018	24744	16.3333333	2.820816	0.001862
29/8/2018	25824	17.5	2.943936	0.001995
19/11/2018	27768	18.25	3.165552	0.0020805

Lampiran 2 Data *Lifetime* dan Waktu Perbaikan dari Filter 5

Tanggal	UmurPe- makaian(jam)	LamaPerbai- kan(jam)	UmurPe- makaian(thn)	LamaPerbai- kan(thn)
10/9/2015				
27/3/2016	4704	0.75	0.536256	0.0000855
7/4/2016	4968	1.25	0.566352	0.000228
24/6/2016	7392	2.5	0.842688	0.000513
5/7/2016	7656	1	0.872784	0.000627
2/8/2016	8328	0.916666667	0.949392	0.0007315
15/8/2016	8640	0.916666667	0.98496	0.000836
25/8/2016	8880	0.916666667	1.01232	0.0009405
3/10/2016	9792	0.916666667	1.116288	0.001045
13/11/2016	10776	4.433333333	1.228464	0.0015504
14/3/2017	13632	3.833333333	1.554048	0.0019874
15/3/2017	13656	2.333333333	1.556784	0.0022534
5/11/2018	27840	2	3.17376	0.0024814
23/11/2018	28272	0.666666667	3.223008	0.0025574
24/12/2018	29016	0.916666667	3.307824	0.0026619

Lampiran 3 *Syntax* Pengujian *Trend* untuk Filter 2

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS AKHIR")
dataku1=read.csv("Lifetime Filter2.csv", sep=";", header=TRUE)
T=38000
K=length(dataku1)
Nilai.Laplace= data.frame()
for (k in 1:K) {
  x = na.omit(dataku1[,k])
  N = length(x)
  Nilai = ((sum(x)/N)-(T/2)) / (T*sqrt(1/(12*N)))
  Nilai.Laplace[1,k] = Nilai
}
colnames(Nilai.Laplace) = colnames(dataku1)
rownames(Nilai.Laplace) = 'L'
Nilai.Laplace
dataku2=read.csv("Perbaikan F2.csv", sep=";", header=TRUE)
T=38000
K=length(dataku2)
Nilai.Laplace= data.frame()
for (k in 1:K) {
  x = na.omit(dataku2[,k])
  N = length(x)
  Nilai = ((sum(x)/N)-(T/2)) / (T*sqrt(1/(12*N)))
  Nilai.Laplace[1,k] = Nilai
}
colnames(Nilai.Laplace) = colnames(dataku2)
rownames(Nilai.Laplace) = 'L'
Nilai.Laplace

```

Lampiran 4 *Syntax* Pengujian Trend untuk Filter 5

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS
AKHIR")
dataku1=read.csv("Lifetime Filter5.csv", sep="," , header=TRUE)
T=38000
K=length(dataku1)
Nilai.Laplace= data.frame()
for (k in 1:K) {
  x = na.omit(dataku1[,k])
  N = length(x)
  Nilai = ((sum(x)/N)-(T/2)) / (T*sqrt(1/(12*N)))
  Nilai.Laplace[1,k] = Nilai
}
colnames(Nilai.Laplace) = colnames(dataku1)
rownames(Nilai.Laplace) = 'L'
Nilai.Laplace
dataku2=read.csv("Perbaikan F2.csv", sep="," , header=TRUE)
T=38000
K=length(dataku2)
Nilai.Laplace= data.frame()
for (k in 1:K) {
  x = na.omit(dataku2[,k])
  N = length(x)
  Nilai = ((sum(x)/N)-(T/2)) / (T*sqrt(1/(12*N)))
  Nilai.Laplace[1,k] = Nilai
}
colnames(Nilai.Laplace) = colnames(dataku2)
rownames(Nilai.Laplace) = 'L'
Nilai.Laplace

```

Lampiran 5 *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS
AKHIR")
Gn=read.csv("Lifetime Filter2 Tahun.csv", sep="," ,
header=TRUE)
L=length(Gn)
sigma1=0
sigma3=0
sigma4=0
sigma5=0
sigma6=0
c=log(Gn)
c1=(log(Gn)*log(Gn))
for (i in 1:L) {
  x = na.omit(Gn[,i])
  N=length(x)
  p=c(1:N)
  n=as.vector(p)
  xx=cbind(c,x)
  sigma1=sigma1+Gn[i]
  sigma3=sigma3+((n-1)*c)
  sigma4=sigma4+c1
  sigma5=sigma5+c
}
sigmaGn=sum(sigma1)
sigmaLnGn=sum(sigma3)
sigmaLn2Gn=sum(sigma4)
sigmaLnGn1=sum(sigma5)
sigma2LnGn=sigmaLnGn1*sigmaLnGn1

```

Lampiran 6 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2

```

lnrtopi=(6/((N-1)*N*(N+1)))*(((N-1)*sigmaGn)-
(2*sigmaLnGn))
rtopi=exp(lnrtopi)
sigmatopi=(1/(N-2))*(sigmaLn2Gn-(sigma2lnGn/N)-
lnrtopi*(((N-1)/2)*sigmaLnGn1)-sigmaLnGn)
alphanopi=(sigmaLnGn1/N)+(((N-1)/2)*lnrtopi)
thit=(-lnrtopi*sqrt((N-1)*N*(N+1)))/(sqrt(sigmatopi*12))
ttab=qt(1-0.025,(N-2))
ifelse((abs(thit)>ttab),"Kesimpulan          =Tolak          H0","
Kesimpulan=Gagal Tolak H0")

```

Lampiran 7 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian *Geometric Process* dan Estimasi Mean untuk Lifetime Filter 2

```

#====Estimasi Mean dan Varians=====#
sigma6=0
sigma7=0
sigma8=0
mug1=sigmaGn/N
for (i in L){
  sigma6=sigma6+((xx[,2]-mug1)**2)
}
for (i in L){
  sigma7=sigma7+((xx[,2]*rtopi**(i-1))**2)
  sigma8=sigma8+xx[,2]*rtopi**(i-1)
}
sum1=sum(sigma7)
sum2=sum(sigma8)
sum=sum(sigma6)
varX1=sum/(N-1)
mu1=((1-rtopi**(-1))*sigmaGn)/(1-(rtopi**(-N)))
var1=(sum1-(sum2/N))/N-1
if (rtopi==1) {
  mu=mug1
  var=varX1
} else {
  mu=mu1
  var=var1
}
mu
var

```

Lampiran 8 *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS
AKHIR")
Gn=read.csv("Perbaikan      F2      Tahun.csv",      sep=";",
header=TRUE)
L=length(Gn)
sigma1=0
sigma3=0
sigma4=0
sigma5=0
sigma6=0
c=log(Gn)
c1=(log(Gn)*log(Gn))
for (i in 1:L) {
  x = na.omit(Gn[,i])
  N=length(x)
  p=c(1:N)
  n=as.vector(p)
  xx=cbind(c,x)
  sigma1=sigma1+Gn[i]
  sigma3=sigma3+((n-1)*c)
  sigma4=sigma4+c1
  sigma5=sigma5+c
}
sigmaGn=sum(sigma1)
sigmaLnGn=sum(sigma3)
sigmaLn2Gn=sum(sigma4)
sigmaLnGn1=sum(sigma5)
sigma2LnGn=sigmaLnGn1*sigmaLnGn1

```

Lampiran 9 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2

```

lnrtopi=(6/(((N-1)*N*(N+1)))*(((N-1)*sigmaGn)-
(2*sigmaLnGn))
rtopi=exp(lnrtopi)
sigmatopi=(1/(N-2))*(sigmaLn2Gn-(sigma2lnGn/N)-
lnrtopi*(((N-1)/2)*sigmaLnGn1-sigmaLnGn))
alphatopi=(sigmaLnGn1/N)+(((N-1)/2)*lnrtopi)
thit=(-lnrtopi*sqrt((N- 1)*N*(N+1)))/(sqrt(sigmatopi*12))
ttab=qt(1-0.025,(N-2))
ifelse((abs(thit)>ttab),"Kesimpulan          =Tolak          H0",
Kesimpulan=Gagal Tolak H0")

```

Lampiran 10 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian *Geometric Process* dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 2

```

#====Estimasi Mean dan Varians=====#
sigma6=0
sigma7=0
sigma8=0
mug1=sigmaGn/N
for (i in L){
  sigma6=sigma6+((xx[,2]-mug1)**2)
}
for (i in L){
  sigma7=sigma7+((xx[,2]*rtopi**(i-1))**2)
  sigma8=sigma8+xx[,2]*rtopi**(i-1)
}
sum1=sum(sigma7)
sum2=sum(sigma8)
sum=sum(sigma6)
varX1=sum/(N-1)
mu1=((1-rtopi**(-1))*sigmaGn)/(1-(rtopi**(-N)))
var1=(sum1-(sum2/N))/N-1
if (rtopi==1) {
  mu=mug1
  var=varX1
} else {
  mu=mu1
  var=var1
}
mu
var

```

Lampiran 11 *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS
AKHIR")
Gn=read.csv("Perbaikan    F5    Tahun.csv",    sep=";",
header=TRUE)
L=length(Gn)
sigma1=0
sigma3=0
sigma4=0
sigma5=0
sigma6=0
c=log(Gn)
c1=(log(Gn)*log(Gn))
for (i in 1:L) {
  x = na.omit(Gn[,i])
  N=length(x)
  p=c(1:N)
  n=as.vector(p)
  xx=cbind(c,x)
  sigma1=sigma1+Gn[i]
  sigma3=sigma3+((n-1)*c)
  sigma4=sigma4+c 1
  sigma5=sigma5+c
}
sigmaGn=sum(sigma1)
sigma1nGn=sum(sigma3)
sigma1n2Gn=sum(sigma4)
sigma1nGn1=sum(sigma5)
sigma2lnGn=sigma1nGn1*sigma1nGn1

```

Lampiran 12 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5

```

lnrtopi=(6/((N-1)*N*(N+1)))*(((N-1)*sigmaGn)-
(2*sigmaInGn))
rtopi=exp(lnrtopi)
sigmatopi=(1/(N-2))*(sigmaIn2Gn-(sigma2lnGn/N)-
lnrtopi*(((N-1)/2)*sigmaInGn1-sigmaInGn))
alphanopi=(sigmaInGn1/N)+(((N-1)/2)*lnrtopi)
thit=(-lnrtopi*sqrt((N-1)*N*(N+1)))/(sqrt(sigmatopi*12))
ttab=qt(1-0.025,(N-2))
ifelse((abs(thit)>ttab),"Kesimpulan          =Tolak          H0",
Kesimpulan=Gagal Tolak H0")

```

Lampiran 13 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian *Geometric Process* dan Estimasi Mean untuk Waktu Perbaikan Filter 5

```

#====Estimasi Mean dan Varians=====#
sigma6=0
sigma7=0
sigma8=0
mug1=sigmaGn/N
for (i in L){
  sigma6=sigma6+((xx[,2]-mug1)**2)
}
for (i in L){
  sigma7=sigma7+((xx[,2]*rtopi**(i-1))**2)
  sigma8=sigma8+xx[,2]*rtopi**(i-1)
}
sum1=sum(sigma7)
sum2=sum(sigma8)
sum=sum(sigma6)
varX1=sum/(N-1)
mu1=((1-rtopi**(-1))*sigmaGn)/(1-(rtopi**(-N)))
var1=(sum1-(sum2/N))/N-1
if (rtopi==1) {
  mu=mug1
  var=varX1
} else {
  mu=mu1
  var=var1
}
mu
var

```

Lampiran 14 *Syntax* perhitungan parameter dan pengujian *Geometric Process* dan Estimasi Mean untuk Filter 5

```

setwd("C:/Users/FRAME-PC/Documents/sem8stat/TUGAS
AKHIR")
Gn=read.csv("Lifetime    Filter5    Tahun.csv",    sep="," ,
header=TRUE)
L=length(Gn)
sigma1=0
sigma3=0
sigma4=0
sigma5=0
sigma6=0
c=log(Gn)
c1=(log(Gn)*log(Gn))
for (i in 1:L) {
  x = na.omit(Gn[,i])
  N=length(x)
  p=c(1:N)
  n=as.vector(p)
  xx=cbind(c,x)
  sigma1=sigma1+Gn[i]
  sigma3=sigma3+((n-1)*c)
  sigma4=sigma4+c1
  sigma5=sigma5+c
}
sigmaGn=sum(sigma1)
sigmaLnGn=sum(sigma3)
sigmaLn2Gn=sum(sigma4)
sigmaLnGn1=sum(sigma5)
sigma2LnGn=sigmaLnGn1*sigmaLnGn1

```

Lampiran 15 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian Geometric Process dan Estimasi Mean untuk Filter 5

```

lnrtopi=(6/((N-1)*N*(N+1)))*(((N-1)*sigmaGn)-
(2*sigmaLnGn))
rtopi=exp(lnrtopi)
sigmatopi=(1/(N-2))*(sigmaLn2Gn-(sigma2lnGn/N)-
lnrtopi*(((N-1)/2)*sigmaLnGn1)-sigmaLnGn))
alphanopi=(sigmaLnGn1/N)+(((N-1)/2)*lnrtopi)
thit=(-lnrtopi*sqrt((N- 1)*N*(N+1)))/(sqrt(sigmatopi*12))
ttab=qt(1-0.025,(N-2))
ifelse((abs(thit)>ttab),"Kesimpulan      =Tolak      H0","
Kesimpulan=Gagal Tolak H0")

```

Lampiran 16 Lanjutan *Syntax* perhitungan parameter, pengujian *Geometric Process* dan Estimasi Mean untuk Filter 5

```

#====Estimasi Mean dan Varians=====#
sigma6=0
sigma7=0
sigma8=0
mug1=sigmaGn/N
for (i in L){
  sigma6=sigma6+((xx[,2]-mug1)**2)
}
for (i in L){
  sigma7=sigma7+((xx[,2]*rtopi**(i-1))**2)
  sigma8=sigma8+xx[,2]*rtopi**(i-1)
}
sum1=sum(sigma7)
sum2=sum(sigma8)
sum=sum(sigma6)
varX1=sum/(N-1)
mu1=((1-rtopi**(-1))*sigmaGn)/(1-(rtopi**(-N)))
var1=(sum1-(sum2/N))/N-1
if (rtopi==1) {
  mu=mug1
  var=varX1
} else {
  mu=mu1
  var=var1
}
mu
var

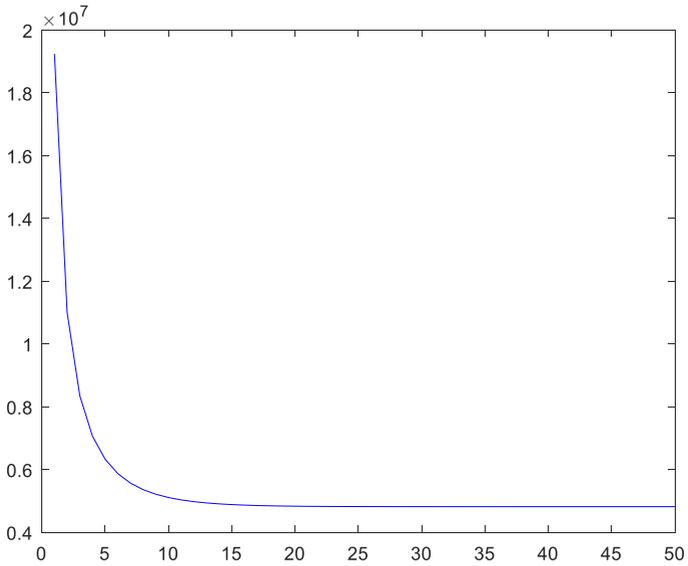
```

Lampiran 17 Syntax Optimasi Biaya Pada Filter Air

```

%-----%
%Menentukan Optimasi Biaya Perawatan Filter Air
%-----%
fprintf('-----\n')
fprintf('Optimasi Biaya\n')
fprintf('-----\n')
a=1.33097;
b=8.148007;
cR=92450000;
cf=147020500;
muX1=4.9156;muY1=0.01678482;
N=50;
for j=1:N
    sigmalperb=0;sigmalpera=0;
    if j==1
        sigmalperb=1;
        sigmalpera=1;
    else
        for i=1:(j-1)
            sigmalperb=sigmalperb+1./(b.^(i-1));
        end;
        for i=1:j
            sigmalpera=sigmalpera+1./(a.^(i-1));
        end;
    end;
    I1(j)=(cf*muY1*sigmalperb-
muX1*sigmalpera+cR)./(muX1*sigmalpera+muY1*sigmalper
b);
end
fprintf('Titik stasioner = %g\n',stasioner)
fprintf('Biaya optimum = %g\n',I1(stasioner))
X=(1:N);
plot(X,I1,'Color','blue')
I1

```

Lampiran 18 *Output* Grafik Optimasi Biaya Perawatan dengan jumlah kerusakan

Lampiran 19 Surat Penerimaan untuk Pengambilan data dari PDAM

Form No. _____

**SURAT PERNYATAAN
MAHASISWA PENELITIAN
DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Karissa Dwi Ayu Rameadroni
 Alamat : Arsana Mahasiswa ITS
 No. HP : 085 2060 5000
 Universitas / Jurusan : ITS / Statistika
 Judul Penelitian : Membutuhkan waktu optimum perawatan pada filter air
 Lokasi Penelitian : PDAM Karang Pilang
 Waktu Penelitian : Jamian 2019 hingga Juni 2019
 Pembimbing : Suwarno
 No.HP.Pembimbing : 08125410452

Dengan ini menyatakan bahwa saya :

- Bersedia ditempatkan di bagian / unit kerja yang sudah ditentukan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan bersedia menyelesaikan tugas yang diberikan
- Mematuhi persyaratan administrasi dan ketentuan yang berlaku di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama melakukan Penelitian
- Tidak membuat dokumentasi data-data perusahaan dalam bentuk apapun (ch : foto, men-copy, men-scan) kecuali yang sudah diijinkan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya
- Tidak mempublikasikan dalam bentuk apapun & dalam media apapun semua hasil peneltiantanpa seijin / sepengetahuan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya
- Laporan Hasil Penelitian diserahkan ke PDAM Surya Sembada Kota Surabaya (Sekretariat & Humas) paling lambat ...Agustus 2019

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 01-09-2019
 Mahasiswa Penelitian

Ditandatangani

Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mubtali, M.T
 (.....)

Permintaan Data	Persetujuan Akses Data	
	Diijinkan	Tidak
- <u>kenataan dan waktu perawatan</u>	✓	
.....		
.....		
.....		
.....		

Catatan : Beri tanda (X) data yang disetujui untuk diakses. Data diberikan kepada mahasiswa setelah Surat Diruksi PDAM telah disetujui & mahasiswa telah menyelesaikan tugas dari Pembimbing Penelitian dari PDAM)

* Persetujuan dari Pembimbing Penelitian / Bagian : Suwarno / Mekanika Elektro

Tanda Tangan : [Signature]

M.H. Satrio Kusumadewi

Lampiran 20 Surat Pernyataan Data Sekunder**SURAT PERNYATAAN**

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

Nama : Kartika Dwi Ayu Ramadhani

NRP : 0621154000038

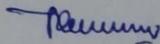
menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Divisi Pengendalian dan Operasi

Keterangan : Data Kerusakan Mesin Produksi Air periode Januari 2015 hingga 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, 9 Juli 2019



Kartika Dwi Ayu R
NRP 0621154000038

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama Kartika Dwi Ayu Ramadhani biasa dipanggil Kartika dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 10 Januari 1997 sebagai anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Fadli dan Alfiyah. Penulis bertempat tinggal di Dsn. Blimbing Ds. Parerejo Rt 04 Rw 03 Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari SD Negeri Parerejo III (2003-2009), SMP Negeri 1 Purwosari (2009-2012), SMA Negeri 1 Lawang (2012-2015), dan pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi di Departemen Statistika ITS melalui jalur SNMPTN. Selama perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan di KM ITS. Penulis pernah bergabung dalam organisasi kemahasiswaan yaitu sebagai Staff *Public Relation* Divisi Pst (*Professional Statistics*) HIMASTA-ITS periode 2016/2017, Staff Jaringan dan dan Usaha Forsis (*Forum Studi Islam*) periode 2016/2017 dan *Assisten Manager HRD* Divisi Pst (*Professional Statistics*) HIMASTA-ITS periode 2017/2018. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan yaitu diantaranya sebagai Sie Acara LKMM Pra TD Fakultas tahun 2016, Pengajar SISI HIMASTA-ITS tahun 2017, Mentor GERIGI ITS tahun 2017 serta Koord Sie Perlengkapan acara Talkshow GEMPA Fakultas tahun 2017. Penulis mendapatkan kesempatan Kerja Praktik di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tahun 2018. Penulis menerima segala saran dan kritik dari segala pihak yang bersifat membangun dan dapat meningkatkan manfaat Tugas Akhir ini melalui email penulis ayudwi433@gmail.com.