

**PENJADWALAN PERAWATAN PREVENTIVE KOMPONEN KRITIS
PADA MESIN EXCAVATOR**

**Studi kasus pada PT. Putra Batu Mulia Kalimantan
Banjarmasin, Kalimantan Selatan**

**Skripsi
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**

Program Studi Teknik Industri



Disusun Oleh:

David Sefurrokhim

06660049

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2013



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3029/2013

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Penjadwalan Perawatan *Preventive* Komponen Kritis pada Mesin Excavator

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : David Sefurrohkim
NIM : 06660049
Telah dimunaqasyahkan pada : 30 Agustus 2013
Nilai Munaqasyah : C +

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Taufiq Aji, M.T

NIP.19800715 200604 1 002

Penguji I

Arya Wirabhuana, M.Sc
NIP.19770127 200501 1 002

Penguji II

Ira Setyaningsih, M.Sc
NIP.19790326 200604 2 002

Yogyakarta, 1 Oktober 2013

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19800919 198603 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal :

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : David Sefurrokhim

NIM : 06660049

Judul Skripsi : Penjadwalan Perawatan Preventive Komponen Kritis Pada Mesin Excavator

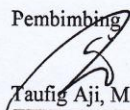
Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. Wb.

Yogyakarta, 26 Agustus 2013

Pembimbing


Taufiq Aji, M.T.

NIP. 19800715 200604 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : David Sefurrokhim
NIM : 06660049
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Alamat : Dusun Simbar Rt 01 Rw 01, Desa Tampo, Kecamatan
Cluring, Kabupaten Banyuwangi, Propinsi Jawa Timur
Telp/HP : 081336024123

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penjadwalan Perawatan Preventive Komponen Kritis Pada Mesin Excavator (Studi Kasus Mesin Excavator Perusahaan PT. Putra Batu Mulia Kalimantan, Banjarmasin Kalimantan Selatan” merupakan asli hasil dari penelitian yang saya lakukan dan bukan hasil dari kegiatan menjiplak atau meniru penelitian dari orang lain atau penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun. Terima kasih.

Yogyakarta, 26 Agustus 2013



akan

David Sefurrokhim

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang ini.

Dalam menyelesaikan laporan ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, baik berupa materiil, spiritual, informasi maupun administrasi. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Azza Wa Jalla, Robb pemilik semesta alam atas hidayah, inayah, nikmat iman, ikhsan dan Islam dalam hidup ini.
2. Rasulullah *Shalallahu a'laihi wa salam*, yang telah menuntun saya dengan beritikad dan berperilaku baik secara syar'i dalam kegiatan penelitian ini.
3. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan baik secara moril maupun materiil dari penulis dilahirkan sampai dengan saat ini dan insyaAllah selamanya.
4. Saudara kandung saya Ella Rosita Dewi yang sama-sama menempuh pendidikan di Yogyakarta yang memberikan warna ceria dalam bentuk dukungan moril selama saya melakukan kegiatan penelitian ini.

5. Bapak Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M. A, Ph. D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Bapak Arya Wirabhuana, M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Industri.
7. Bapak Taufiq Aji, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan yang bermanfaat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Bapak Sucipto selaku kepala mekanik beserta seluruh mekanik yang ada di PT. PBMK atas kerjasama dan bimbingannya selama penelitian berlangsung.
9. Pakde Udin dan Om Sulaiman Sidiq yang telah memberikan panduan dan arahan selama penelitian berlangsung
10. Udin, Ryko, Prasetyo “Tuclow”, Fahmi, Aditya, Hasan, Heri “Klemir”, Adhi, Reza “saytu”, koko, dan teman-teman seperjuangan lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah memberi warna dalam hidup penulis selama menuntut ilmu di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan yang terdapat dalam laporan skripsi ini. Untuk itu, Penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif untuk perbaikan dalam penyusunan laporan di masa yang akan datang.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Yogyakarta, 26 Agustus 2013

David Sefurrokhim

06660049

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi Ini Saya Persembahkan Untuk:

Kedua Orang Tua :

Bapak Tukimin dan Ibu Istianah

Saudara Saya :

Ella Rosita Dewi

dan

Seluruh Cívitas Akademika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



MOTTO

HIDUP AKAN MEMBERIKAN KEMBALI SEGALA
SESUATU YANG TELAH KITA BERIKAN KEPADANYA.

INGAT,

HIDUP BUKAN SEBUAH KEBETULAN,
TAPI SEBUAH BAYANGAN DARI DIRI KITA.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAKSI	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang lingkup Penelitian	3
1.6 Sistematika penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	6
2.1. Studi Pustaka	6
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. Definisi Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	10

2.2.2. Tujuan Pemeliharaan	12
2.2.3. Jenis-Jenis Perawatan	13
2.2.4. Komponen Kritis	19
2.2.5. Keandalan (<i>Reliability</i>)	19
2.2.6. Distribusi Kerusakan	20
2.2.7. <i>Mean Time to Failure</i>	23
2.2.8. <i>Mean Time to Repair</i>	24
2.2.9. Model Penentuan Penggantian Pencegahan Dengan Kriteria <i>breakdown time</i>	24
2.2.10. <i>Frekuensi</i> Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Optimal	29
2.2.11. <i>Availability</i>	31
2.2.12. Perhitungan Biaya Kerusakan (<i>Failure Cost</i>), Biaya Pemeliharaan (<i>Preventive Cost</i>), dan Biaya Total (<i>Total Cost</i>)	32
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Obyek Penelitian	35
3.2. Metode Pengumpulan Data	35
3.3. Data yang Dibutuhkan	36
3.4. Pengambilan Data	36
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	37
BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	39
4.1. Pengumpulan Data.....	39
4.1.1. Profil Perusahaan	39
4.1.2. Data Komponen Excavator	39

4.2. Pengolahan Data	41
4.2.1. Penentuan Komponen Kritis	41
4.2.2. Perhitungan Selang Waktu Antar Kerusakan (TTF) dan Waktu Perbaikan (TTR) Komponen-Komponen Mesin Kritis	41
4.2.3. Penentuan Distribusi	43
4.2.4. Pengujian Kesesuaian Distribusi	51
4.2.5. Perhitungan Parameter dan MTTF Pada Distribusi Terpilih	54
4.2.6. Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan	55
4.2.7. Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan	56
4.2.8. Perhitungan Tingkat Availability Total	60
4.2.9. Perhitungan Reliability Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan	61
4.2.10. Perhitungan Total Biaya Sebelum dan Sesudah Tindakan <i>Preventive Maintenance</i>	63
4.3. Analisa	66
4.3.1. Analisa Komponen Kritis	66
4.3.2. Analisa Perhitungan Selang Waktu Antar Kerusakan (TTF) dan Waktu Perbaikan (TTR)	66
4.3.3. Analisa Penentuan Distribusi	67
4.3.4. Analisa Pengujian Kesesuaian Distribusi	69
4.3.5. Analisa Perhitungan Parameter dan MTTF Pada Distribusi Terpilih	70
4.3.6. Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan ...	71
4.3.7. Analisa Penentuan Waktu Pemeriksaan Optimal.....	72

4.3.8. Analisa Perhitungan Tingkat <i>Availability</i> Total	73
4.3.9. Analisa Perhitungan Reliability Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan	74
4.3.10. Analisa Perhitungan Total Biaya Sebelum dan Sesudah Tindakan <i>Preventive Maintenance</i>	76
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian-Penelitian Terdahulu	8
Tabel 4.1	Data <i>Breakdown</i> Dan <i>Downtime</i> Komponen Excavator	39
Tabel 4.2	Data Kerusakan Atau <i>Breakdown</i> Komponen.....	39
Tabel 4.3	Data Biaya	40
Tabel 4.4	Data Lama Waktu Perbaikan TTR (<i>Time to Repair</i>).....	40
Tabel 4.5	Perhitungan <i>Time To Failure</i> (TTF) Dan <i>Time To Repair</i> (TTR) Komponen <i>Final Drive Gear</i>	42
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan <i>Time To Failure</i> (TTF).....	43
Tabel 4.7	<i>Index Of Fit</i> final drive gear Distribusi Weibull	44
Tabel 4.8	<i>Index Of Fit</i> final drive gear Distribusi Lognormal	45
Tabel 4.9	<i>Index Of Fit</i> final drive gear Distribusi Eksponensial	47
Tabel 4.10	<i>Index Of Fit</i> final drive gear Distribusi Normal	48
Tabel 4.11	<i>Index of Fit</i> Komponen Kritis	51
Tabel 4.12	<i>Goodness of Fit</i> Komponen Kritis	53
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan MTTF dan Nilai Parameter Komponen Kritis	55
Tabel 4.14	Interval Waktu Penggantian Pencegahan <i>Final Drive Gear</i>	56
Tabel 4.15	Interval Waktu Penggantian Pencegahan <i>Age Replacement</i> Komponen Kritis	57
Tabel 4.16	Frekuensi Pemeriksaan Dan Interval Waktu Pemeriksaan	59
Tabel 4.17	<i>Availability Total</i> Komponen Kritis	60
Tabel 4.18	Reliability Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan <i>Final Drive Gear</i>	61

Tabel 4.19	Keandalan (<i>Reliability</i>) Komponen Kritis	63
Tabel 4.20	Total Biaya Sebelum dan Sesudah Tindakan <i>Preventive Maintenance</i> ..	65
Tabel 4.21	<i>Index of Fit</i> Komponen Kritis	68
Tabel 4.22	<i>Goodness of Fit</i> Komponen Kritis	69
Tabel 4.23	Perbandingan MTTF dan Nilai Parameter Komponen Kritis	70
Tabel 4.24	Interval Waktu Penggantian Pencegahan <i>Age Replacement</i>	71
Tabel 4.25	Frekuensi Pemeriksaan Dan Interval Waktu Pemeriksaan	73
Tabel 4.26	<i>Availability</i> Komponen Kritis	74
Tabel 4.27	Keandalan (<i>Reliability</i>) Komponen Kritis	75
Tabel 4.28	Total Biaya Sebelum dan Sesudah Tindakan <i>Preventive Maintenance</i>	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Kurva Total Biaya	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 4.1	<i>Index of Fit</i> Data TTF <i>final drive gear</i>	50
Gambar 4.2	<i>Goodness Of Fit</i> Final Drive Gear	53



DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Profil Perusahaan
L.2	Rich Picture Diagram Maintenance
L.3	Data Hasil Penelitian
L.4	Perhitungan TTF
L.5	Perhitungan <i>Index Of Fit</i>
L.6	Pengolahan Uji kesesuaian Distribusi (<i>Goodness Of Fit test</i>)
L.7	Perhitungan Parameter dan MTTF
L.8	Perhitungan Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan
L.9	Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan
L.10	Perhitungan Tingkat <i>Availability</i> Total
L.11	Perhitungan <i>Reliability</i> Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan
L.12	Perhitungan Total Biaya Sebelum dan Sesudah <i>Preventive Maintenance</i>

ABSTRAKSI

Setiap perusahaan berusaha meningkatkan daya saing dengan meningkatkan produktivitas perusahaan yang didukung oleh kelancaran proses produksi dalam perusahaan itu sendiri. Dalam menjamin kelancaran proses produksi, masalah perbaikan dan penggantian mesin serta komponen-komponennya maupun peralatan produksi adalah satu masalah yang sangat penting karena permasalahan ini berhubungan dengan biaya perawatan (maintenance cost) yang harus dikeluarkan. PT. Putra Batu Mulia Kalimantan (PBMK) adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang Coal Mining, Trading, Contractor. Dalam operasionalnya perusahaan ini sering mendapat kendala, terutama pada mesin Excavator karena sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan terganggunya proses produksi, untuk waktu perbaikan maupun penggantian komponen mesin selama periode 1 April 2012 sampai 15 Januari 2013 terjadi 6 kali kerusakan untuk komponen mesin Final Drive Gear, 5 kali kerusakan untuk komponen mesin Ring Hidrolik, 7 kali kerusakan untuk komponen mesin Pompa Injeksi, dan 7 kali kerusakan untuk komponen mesin Bucket Pin. Sistem penggantian komponen mesin yang diterapkan pada perusahaan ini masih bersifat corrective (komponen diganti bila terjadi kerusakan) yang mengakibatkan adanya penghentian proses produksi secara tiba-tiba sehingga akan menambah biaya (cost) yang harus dikeluarkan perusahaan yaitu kerugian dari kesempatan produksi yang hilang (opportunity cost). Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan kebijakan penggantian komponen mesin Excavator dengan penentuan interval waktu penggantian (replacement) optimum komponen mesin dengan model Age Replacement. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu rancangan interval waktu penggantian (replacement) optimum komponen mesin Excavator sehingga diharapkan biaya penggantian komponen menjadi minimum. Dari pengolahan data dan pembahasan yang dilakukan diperoleh interval waktu penggantian optimum untuk komponen Final Drive Gear 760 jam, Ring Hidrolik 960 jam, Pompa Injeksi 630 jam, dan Bucket Pin 750 jam. Penghematan ongkos penggantian yang diperoleh jika perusahaan menerapkan kebijakan penggantian komponen kritis secara terencana untuk komponen Final Drive Gear sebesar Rp. 303.309,- per bulan, Ring Hidrolik sebesar Rp 690.865,- per bulan, Pompa Injeksi sebesar Rp 379.396,- per bulan, dan Bucket Pin sebesar Rp 166.562,- per bulan.

Kata Kunci: Perawatan Preventive, Age Replacement, komponen kritis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam perkembangan industri sekarang ini, alternatif terbaik selalu penting demi memenuhi kebutuhan konsumen yang beraneka ragam, dalam hal ini diperlukan proses produksi yang stabil demi pencapaian kebutuhan tersebut. Dalam hal ini produktifitas mesin dituntut untuk baik dan lancar dari segi operasionalnya. Dengan dukungan kinerja mesin yang optimal, maka permintaan produksi akan dapat terpenuhi dan berjalan secara lancar.

Suatu mesin dengan produktivitas baik, mampu beroperasi secara normal dalam suatu proses produksi. Untuk pencapaian hal tersebut diperlukan pertimbangan mengenai sistem pemeliharaan yang akan diterapkan pada mesin. Pada pemilihan sistem pemeliharaan, harus secara tepat berdasarkan jenis mesin dan komponen yang ada pada mesin tersebut. Karena jenis dan komponen mesin mempunyai masa *life cycle* yang beragam, seluruh hal tersebut diharapkan dapat diperhatikan secara serius, karena akan sangat berpengaruh dalam kinerja mesin secara berkelanjutan.

P.T. Putra Batu Mulia Kalimantan (PBMK) adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara, dengan permintaan produksi yang banyak dari segi jumlahnya. Maka dari itu sangatlah banyak melibatkan mesin dalam proses produksinya. Dengan kondisi seperti yang telah dijelaskan diatas, perlu diberlakukan proses pemeliharaan yang tepat pada tiap mesin. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan produksi yang optimal agar bisa memenuhi permintaan konsumen/pelanggan.

Sistem pemeliharaan yang optimal, terdiri dari biaya pemeliharaan dan jaminan berhasilnya proses produksi. Optimisasi dipilih sebagai pendekatan dalam penyelesaian masalah untuk pemilihan jenis sistem pemeliharaan mesin. Adapun mesin yang akan diteliti pada proses penggalian batubara, yaitu mesin *excavator*. Karena mesin tersebut adalah mesin yang cukup vital yang ada pada perusahaan, karena keseluruhan produksi harus ditunjang dengan *excavator*.

Berdasarkan uraian diatas, perawatan komponen kritis pada mesin excavator bertujuan menekan terjadinya kerusakan pada excavator dengan merencanakan jadwal perawatan komponen kritis yang optimal sehingga total biaya produksi atau operasi dapat diminimalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian, yaitu “Bagaimana jadwal perawatan preventive komponen kritis yang optimum guna meminimasi biaya perawatan?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penulisan laporan ini adalah :

1. Untuk menentukan jadwal perawatan preventive komponen kritis pada mesin excavator.
2. Menghitung biaya perawatan komponen kritis yang dikeluarkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dengan mengetahui jadwal perawatan preventive komponen kritis yang optimal dapat dijadikan sebagai usulan pada bagian maintenance pada PT. PBMK untuk melakukan perawatan pada komponen kritis.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Agar pembahasan masalah dalam penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang, maka permasalahan dibatasi oleh hal-hal berikut :

1. Penelitian dilakukan di bagian *workshop* P.T PBMK, Departemen maintenance khususnya pada mesin excavator.
2. Mesin excavator ini adalah salah satu mesin vital perusahaan yang mendukung secara keseluruhan proses produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini adalah seperti berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan memaparkan secara garis besar mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah yang dihadapi, batasan masalah yang ditemui, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis jika ada, objek penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar–dasar teori untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian

yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai tempat penelitian yang dilakukan, memaparkan tentang metode pengumpulan data dan bagaimana analisis data yang dilakukan. Memuat pula diagram alir penelitian yang menjadi patokan langkah-langkah dalam penelitian ini. Disamping itu berisikan tentang sistematika penulisan penelitian yang dilakukan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana pengolahan datanya, analisis dan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada BAB V yaitu tentang pembahasan.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini melakukan pembahasan hasil yang diperoleh selama penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan serta saran atas hasil yang telah dicapai yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk kepada para peneliti selanjutnya, yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah mengkaji, membahas dan menganalisa, maka dapat diambil kesimpulan pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Interval penggantian komponen Final Drive Gear sebesar 760 jam. Hal tersebut dapat diartikan bahwa penggantian komponen Final Drive Gear yaitu setelah komponen tersebut beroperasi selama 760 jam, komponen Ring Hidrolik 960 jam, komponen Pompa Injeksi 630 jam, begitu juga dengan komponen Bucket Pin 750 jam. Penggantian pada komponen-komponen tersebut dilakukan sesuai dengan umur pakai dari masing-masing komponen, walaupun tidak terjadi kerusakan pada waktu tersebut.

Terjadi peningkatan keandalan dengan adanya tindakan perawatan pencegahan dibandingkan dengan tidak dilakukannya tindakan perawatan pencegahan. Peningkatan keandalan yang terjadi pada komponen Final Drive Gear sebelum tindakan perawatan pencegahan adalah 0,492697 sedangkan sesudah tindakan perawatan pencegahan adalah 0,956132, keandalan komponen ring hidrolik dari 0,84883 menjadi 0,856529, keandalan komponen Pompa Injeksi 0,759353 menjadi 0,759361, sedangkan keandalan komponen Bucket Pin 0,742235 menjadi 0,741554.

2. Untuk total biaya sebelum dan sesudah tindakan *preventive maintenance*, di dapatkan hasil bahwa perusahaan dapat menekan rata-rata biaya yang dikeluarkan (*cost saving*) untuk komponen Final Drive Gear sebesar Rp.

303.309,- per bulan, komponen Ring Hidrolik sebesar Rp 690.865,- per bulan, komponen Pompa Injeksi sebesar Rp 379.396,- per bulan, sedangkan komponen Bucket Pin sebesar Rp 166.562,- per bulan.

5.2 Saran

1. Untuk penggantian komponen kritis dari excavator, hendaknya perusahaan melakukannya dengan interval penggantian komponen Final Drive Gear yaitu setelah komponen tersebut beroperasi selama 760 jam, komponen Ring Hidrolik 960 jam, komponen Pompa Injeksi 630 jam, begitu juga dengan komponen Bucket Pin 750 jam.
2. Hendaknya perusahaan melakukan perawatan *preventive* agar operasional perusahaan tidak terganggu dan meminimalisir terjadinya kecelakaan di karenakan rusaknya salah satu komponen kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthara, I Made Aryantha. *Analisa Usulan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) (Studi Kasus di Divisi Mekanik PERUM DAMRI Bandung)*. Majalah Ilmiah UNIKOM. Vol.7 No.2.
- Assauri, Sofjan. 1993. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Djunaidi Much dan Mila Faila Sufa. 2007. *Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime*. Jurnal Teknik Gelagar. Vol.18 No. 1.
- Indrajit, Richardus Eko dan Richardus Djokopranoto. 2003. *Manajemen Persediaan*. PT Grasindo. Jakarta.
- Iriawan, Nur dan Septin puji Astuti. 2006. *Mengolah Data statistic dengan mudah menggunakan minitab 14*. C.V Andi Offset. Yogyakarta.
- Jardine, A.K.S. *Maintenance, Replacement and Reliability*. (Boca Raton: Taylor & Francis group, 2006)
- Nasution, Arman Hakim Ir. 2006. *Manajemen Industri*. C.V Andi Offset. Yogyakarta.
- Nurtrianto, Ranggadika. 2012. *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Preventive Maintenance pada PT. Starmas Inti Aluminium Industry (SIAI)*. Skripsi Teknik Industri. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.
- Prawirosentono, Suyadi. 2007. *Manajemen Operasi (Analisis dan Studi Kasus) Edisi Empat*. PT Bumi Aksara. Jakarta

- Putra, Boy Isman. 2010. *Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II Pada Mesin Danner 1.3 di PT. X.* Jurnal Teknologi. Volume 5
- Sodikin, I. 2008. *Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik dan Komponen Mekanik yang Optimal pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 dengan Pendekatan Model Jardine.* Jurnal Teknologi. Vol.1 No. 2.
- Sodikin, Imam. 2010. *Analisis Penentuan waktu Perawatan dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal.* Jurnal Teknologi. Volume 3 Nomer 1.
- Supandi. 1995. *Manajemen Perawatan Industri.* Ganeca Exact Bandung. Bandung.
- Suswanto, Wahyudi. 2008. *Implementasi Metode Preventive Maintenance Untuk Mesin Milling Pada PT. Tirta Intimizu Nusantara.* Skripsi Teknik Industri. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.
- Walpole Ronald E. and Raymond H. Meyers, 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan.* ITB. Bandung.
- Yamit, Zulian. 2008. *Manajemen Persediaan.* Ekonisia. Yogyakarta.



LAMPIRAN

L1

Profil Perusahaan

Sejarah pertambangan batubara di Kalimantan Selatan dimulai sejak zaman kolonial Belanda tahun 1923 dengan menggunakan metode penambangan terbuka (open pit mining) di wilayah operasi pertama, yaitu di daerah Tanah Laut.

Selanjutnya mulai 1933 beroperasi dengan metode penambangan bawah tanah (underground mining) hingga 1940, sedangkan produksi untuk kepentingan komersial dimulai pada 1938. Seiring dengan berakhirnya kekuasaan kolonial Belanda di tanah air, para karyawan Indonesia kemudian berjuang menuntut perubahan status tambang menjadi pertambangan nasional. Pada 1990, Putra Batu Mulia Kalimantan Dibentuk oleh Andi Syamsudin Arsyad.

Pada 2001, Putra Batu Mulia Kalimantan kemudian berubah status menjadi Perseroan Terbatas dengan nama PT Putra Batu Mulia Kalimantan (Persero), yang selanjutnya disebut Perseroan.

VISI

PERUSAHAAN ENERGI KELAS DUNIA YANG PEDULI LINGKUNGAN.

MISI

Mengelola sumber energi dengan mengembangkan kompetensi korporasi dan keunggulan insani untuk memberikan nilai tambah maksimal bagi stakeholder dan lingkungan.

NILAI

- **Visioner**

Mampu melihat jauh kedepan dan membuat proyeksi jangka panjang dalam pengembangan bisnis.

- **Integritas**

Mengedepankan perilaku percaya, terbuka, positif, jujur, berkomitmen dan bertanggung jawab.

- **Inovatif**

Selalu bekerja dengan kesungguhan untuk memperoleh terobosan baru untuk menghasilkan produk dan layanan terbaik dari sebelumnya.

- **Professional**

Melaksanakan semua tugas sesuai dengan kompetensi, dengan kreativitas, penuh keberanian, komitmen penuh, dalam kerjasama untuk keahlian yang terus menerus meningkat.

- **Sadar Biaya dan Lingkungan**

Memiliki kesadaran tinggi dalam setiap pengelolaan aktivitas dengan menjalankan usaha atau asas manfaat yang maksimal dan kepedulian lingkungan.

MAKNA

Mempersembahkan Sumber Energi untuk Kehidupan Dunia dan Bumi yang lebih baik.

KOMITMEN

Kami berkomitmen mewujudkan visi, misi dan nilai-nilai PT. PBMK dan terbentuknya budaya sebagai pondasi kesuksesan jangka panjang.

Adapun untuk spare part yang disimpan digudang untuk kebutuhan unit excavator dapat dilihat dari gambar L1 dibawah ini:



Gambar L1a Filter oli



Gambar L1b Filter udara



Gambar L1c Kuku



Gambar L1d Hidrolik oil filter



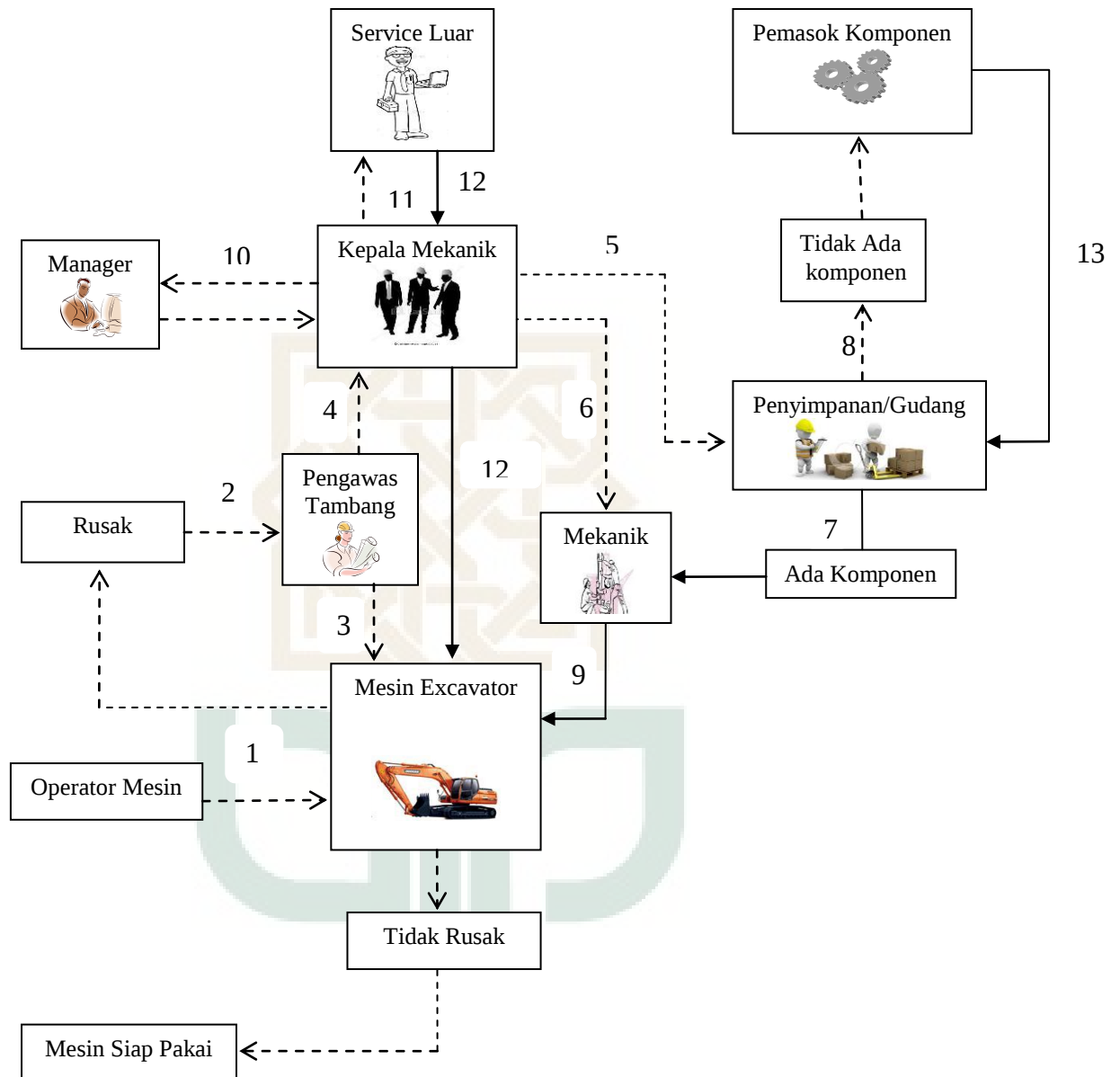
Gambar L1e Ring hidrolik



Gambar L1f Final drive gear

L2

Rich Picture Diagram Maintenance



Gambar L.2 Rich Picture diagram maintenance

Kegiatan pemeliharaan pada gambar yang dilakukan oleh bagian pemeliharaan (*maintenance*) akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

1. Setiap hari operator mesin melakukan pengecekan sebelum mesin excavator akan digunakan, agar diketahui apakah mesin yang akan digunakan ada masalah apa tidak.
2. Apabila mesin yang akan digunakan ada masalah/kerusakan operator excavator akan melaporkan kepada pengawas tambang / penanggung jawab alat.
3. Pengawas tambang / penanggung jawab alat akan melakukan pengecekan terhadap mesin excavator.
4. Pengawas tambang / penanggung jawab alat akan melaporkan kepada kepala mekanik jenis kerusakan yang di alami oleh mesin excavator.
5. Kepala mekanik melakukan pengecekan ke bagian gudang apakah part / komponen yang dibutuhkan ada.
6. Kepala mekanik menginformasikan kepala para mekenik bahwa telah terjadi kerusakan pada mesin excavator.
7. Jika part / komponen telah tersedia maka orang gudang akan memberikan komponen kepada orang mekanik.
8. Jika part / komponen yang dibutuhkan terjadi kekosongan stok maka orang gudang akan melakukan pemesanan / pembelian kepada suplyer komponen alat berat.

9. Jika para mekanik telah mendapatkan komponen yang telah dibutuhkan maka mekanik akan segera melakukan perbaikan.
10. Jika mesin excavator mengalami kerusakan berat / parah maka kepala mekanik akan melaporkan kerusakan yang terjadi kepada manajer perusahaan untuk mengkoordinasikan langkah apa yang akan di ambil selanjutnya.
11. Jika kepala mekanik menganggap mesin excavator tidak bisa diservis oleh pihak mekanik intern maka kepala mekanik akan memanggil servis luar dari pihak distributor alat berat.
12. Servis luar akan merespon laporan dari kepala mekanik dengan melihat dan membawa part / komponen yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan.
13. Pihak distributor spare part merespon permintaan dari pihak gudang yang sudah melakukan pemesanan spare part.

L.3

Data Hasil Penelitian

Tabel L.3.1 Data *Breakdown* Dan *Downtime* Komponen Excavator

Periode 1 April 2012 – 15 Januari 2013

Komponen	Frekuensi <i>Breakdown</i>
Final Drive Gear	6
Ring Hidrolik	5
Pompa Injeksi	7
Bucket Pin	7

Tabel L.3.2 Data Kerusakan Atau *Breakdown* Komponen

Bulan	Komponen			
	Pompa Injeksi	Bucket Pin	Final Drive Gear	Ring Hidrolik
April	12 April	23 April		
Mei		28 Mei	3 Mei	15 Mei
Juni	2 Juni			
Juli		20 Juli	5 Juli	5 Juli
Agustus	5 Agustus	25 Agustus	2 Agustus	
September	20 september	16 September		14 September
Oktober			10 Oktober	
November	7 November	10 November	15 November	20 November
Desember	23 Desember		30 Desember	
Januari	14 Januari	4 Januari		10 Januari
Jumlah Kerusakan	7	7	6	5

Tabel L.3.3 Data Biaya

Bahan Wawancara	Hasil
Hari Kerja Mekanik Per Bulan	26 Hari
Jam Kerja Mekanik Per Hari	10 Jam
Biaya Tenaga Kerja (Mekanik)	Rp 20.000,- / jam
Biaya Lembur (Mekanik)	Rp 20.000,- / jam
Harga Komponen	
Pompa Injeksi	Rp 9.000.000,-
Bucket Pin	Rp 90.000,-
Final Drive Gear	Rp 1.164.000,-
Ring Hidrolik	Rp 450.000,-

Tabel L.3.4 Data Lama Waktu Perbaikan

TTR (Time to Repair)

Komponen	TTR (Menit)
Pompa Injeksi	60
Bucket Pin	30
Final Drive Gear	90
Ring Hidrolik	180

L.4

Perhitungan TTF

L.4.1 Komponen Ring Hidrolik

Data yang digunakan dalam perhitungan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) untuk komponen Ring Hidrolik diambil selama periode 1 April 2012 s/d 15 Januari 2013. Waktu kerja excavator adalah 22 jam/ hari, dan 30 hari dalam sebulan/satu bulan penuh.

Tabel L.4.1 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) Dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Ring Hidrolik

No	Tanggal	Waktu mulai kerusakan	Waktu selesai kerusakan	TTR (jam)	Waktu selesai rusak- jam kerja selesai	Jam kerja mulai – waktu mulai rusak	Jam kerja (jam)	TTF (jam)
1	15 Mei	09.15	12.15	3				
2	5 Juli	08.30	11.30	3	5,25	1,5	1122	1128,75
3	14 Sept	11.20	15.20	3	5,5	4,33	1562	1571,83
4	20 Nov	10.15	14.15	3	1,66	3,25	1474	1478,91
5	10 Januari	13.30	16.30	3	2,75	6,5	924	933,25

Contoh perhitungan selang waktu antar kerusakan atatu TTF Ring Hidrolik pada tanggal 15 Mei sampai 5 Juli 2012, sebagai berikut:

- Waktu selesai rusak – jam kerja selesai:

$$15 \text{ Mei Pkl. } 12.15 \text{ s/d } 17.00 = 5,25 \text{ jam}$$

- Jam kerja:

$$15 \text{ Mei s/d } 5 \text{ juli} = (51 \text{ hari} \times 22 \text{ jam}) = 1122 \text{ jam}$$

- Jam kerja mulai – waktu mulai rusak:

5 Juli Pkl 07.00 s/d 08.30

= 1,5 jam +

Time To Failure (TTF)

= 1128,75 jam

L.4.2 Komponen Pompa Injeksi

Data yang digunakan dalam perhitungan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) untuk komponen Pompa Injeksi diambil selama periode 12 April 2012 s/d 14 Januari 2013. Waktu kerja excavator adalah 22 jam/ hari, dan 30 hari dalam sebulan/satu bulan penuh.

Tabel L.4.2 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) Dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Pompa Injeksi

No	Tanggal	Waktu mulai kerusakan	Waktu selesai kerusakan	TTR (jam)	Waktu selesai rusak-jam kerja selesai (jam)	Jam kerja mulai-waktu mulai rusak (jam)	Jam kerja (jam)	TTF (jam)
1	12 April	10.00	11.00	1				
2	2 Juni	14.15	15.15	1	6	7,25	1122	1135,25
3	5 Agustus	08.45	09.45	1	1,75	1,75	1408	1411,5
4	20 September	13.20	14.20	1	7,25	6,33	1012	1025,58
5	7 November	15.05	16.05	1	2,66	8,08	1056	1066,74
6	23 Desember	09.50	10.50	1	0,91	2,83	1012	1015,74
7	14 Januari	11.05	12.05	1	4,91	4,08	484	492,99

Contoh perhitungan selang waktu antar kerusakan atau TTF komponen Pompa Injeksi pada tanggal 12 April 2012 sampai dengan 14 Januari 2013, sebagai berikut:

- Waktu selesai rusak – jam kerja selesai:

12 April 2012 Pkl. 11.00 s/d Pkl. 17.00

= 6 jam

- Jam kerja:

$$12 \text{ April } 2012 \text{ s/d } 2 \text{ Juni } 2012 = (51 \times 22) = 1122 \text{ jam}$$

- Jam kerja mulai – waktu mulai rusak:

$$2 \text{ Juni } 2012 \text{ Pkl. } 07.00 \text{ s/d Pkl. } 14.15 = 6 \text{ jam} +$$

$$\text{Time To Failure (TTF)} = 1135,25 \text{ jam}$$

L.4.3 Komponen Bucket Pin

Data yang digunakan dalam perhitungan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) untuk komponen Bucket Pin diambil selama periode 23 April 2012 s/d 4 Januari 2013. Waktu kerja excavator adalah 22 jam/hari, dan 30 hari dalam sebulan/satu bulan penuh.

Tabel L.4.3 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) Dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Bucket Pin

No	Tanggal	Waktu mulai kerusakan	Waktu selesai kerusakan	TTR (jam)	Waktu selesai rusak-jam kerja selesai (jam)	Jam kerja mulai-waktu mulai rusak (jam)	Jam kerja (jam)	TTF (jam)
1	23 April	13.15	13.45	0.5				
2	28 Mei	10.20	10.50	0.5	3,25	3,33	770	776,58
3	20 Juli	14.05	14.35	0.5	6,16	7,08	1166	1179,24
4	25 Agustus	09.40	10.10	0.5	2,41	2,66	792	797,07
5	16 September	08.10	08.40	0.5	6,83	1,16	484	491,99
6	10 November	15.10	15.40	0.5	8,33	8,16	1210	1226,49
7	4 Januari	11.05	11.35	0.5	1,33	4,08	1210	1215,41

Contoh perhitungan selang waktu antar kerusakan atatu TTF Bucket

Pin pada tanggal 23 April sampai 28 Mei 2012, sebagai berikut:

- Waktu selesai rusak – jam kerja selesai:

$$23 \text{ April Pkl. } 13.45 \text{ s/d } 17.00 = 3,25 \text{ jam}$$

- Jam kerja:

$$23 \text{ April s/d } 28 \text{ Mei} = (35 \text{ hari} \times 22 \text{ jam}) = 770 \text{ jam}$$

- Jam kerja mulai – waktu mulai rusak:

$$28 \text{ Mei Pkl } 07.00 \text{ s/d } 10.20 = 3,33 \text{ jam} +$$

$$\text{Time To Failure (TTF)} = 776,58 \text{ jam}$$



L.5

Perhitungan Index Of Fit

L.5.1 Pengolahan dengan Minitab *index of fit* pada TTF Komponen Ring

Hidrolik

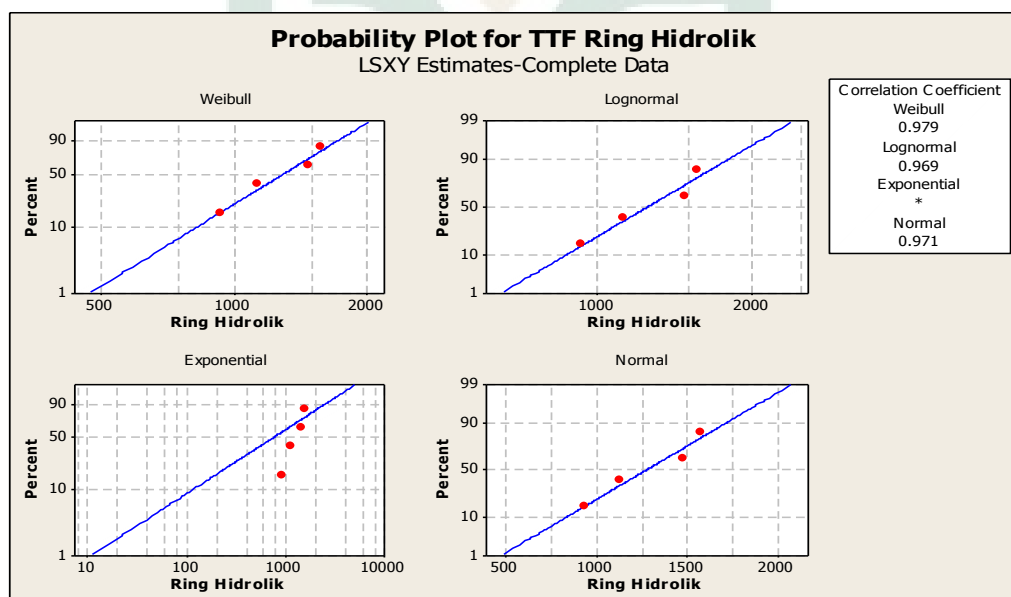
Distribution ID Plot: TTF Ring Hidrolik

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2.817	0.979
Lognormal	2.830	0.969
Exponential	3.991	*
Normal	2.820	0.971

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal CI	
			Lower	Upper
Weibull	1273.27	167.315	984.164	1647.30
Lognormal	1299.90	189.396	976.984	1729.53
Exponential	1100.32	510.448	443.240	2731.48
Normal	1278.18	170.992	943.046	1613.32



Gambar L.5.1 *Index of Fit* Data TTF Ring Hidrolik

Dari hasil pengolahan Index *Of Fit* dengan Minitab 15, didapatkan nilai r yang terbesar untuk data TTF komponen Ring Hidrolik adalah dengan menggunakan distribusi *Weibull* dengan $r = 0,979$.

L.5.2 Pengolahan dengan Minitab *index of fit* pada TTF Komponen Pompa

Injeksi

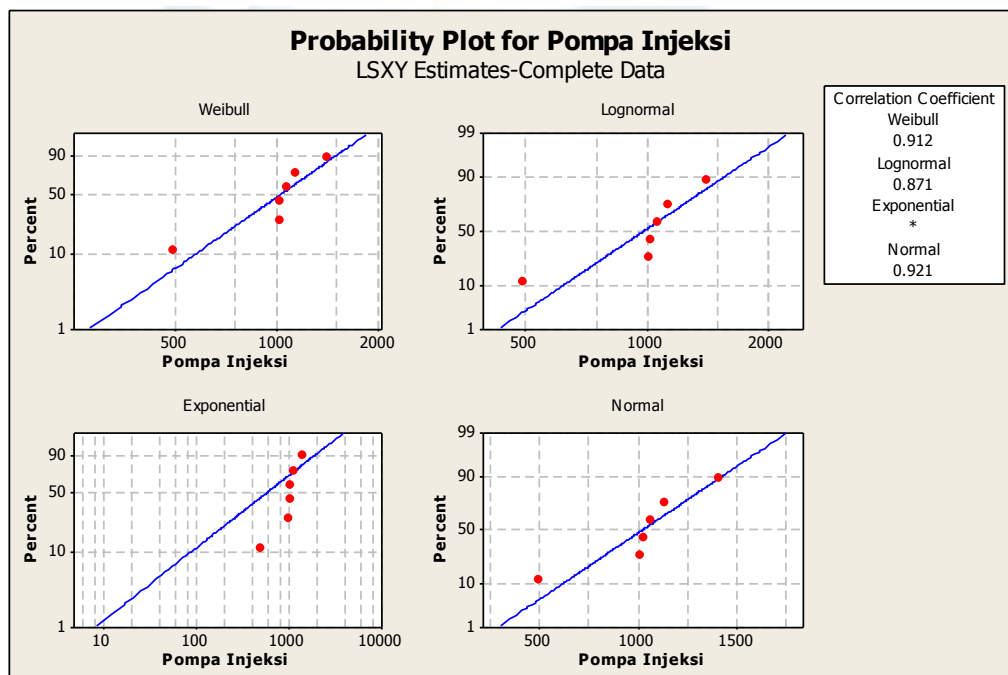
Distribution ID Plot: TTF Pompa Injeksi

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2.304	0.912
Lognormal	2.513	0.871
Exponential	4.163	*
Normal	2.314	0.921

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal CI	
			Lower	Upper
Weibull	1022.95	138.971	783.821	1335.04
Lognormal	1041.34	155.831	776.630	1396.27
Exponential	830.11	305.030	403.975	1705.75
Normal	1024.63	127.362	775.008	1274.26



Gambar L.5.2 *Index of Fit* Data TTF Pompa Injeksi

Dari hasil pengolahan *Index Of Fit* dengan Minitab 15, didapatkan nilai r yang terbesar untuk data TTF komponen Pompa Injeksi adalah dengan menggunakan distribusi *Normal* dengan $r = 0,921$.

L.5.3 Pengolahan dengan Minitab *index of fit* pada TTF Komponen Pompa

Injeksi

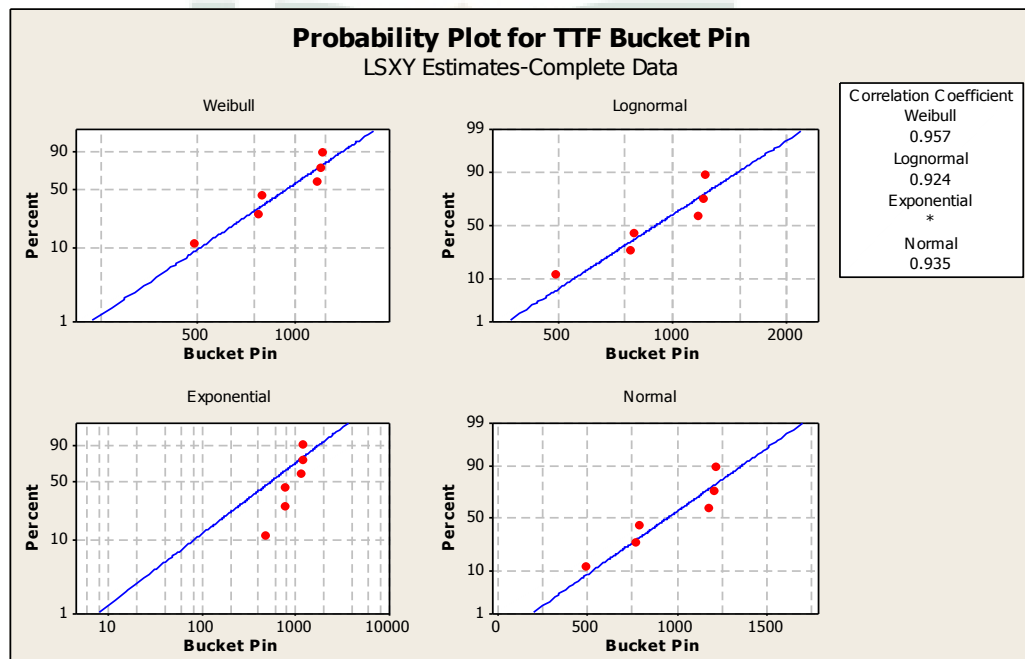
Distribution ID Plot: TTF Bucket Pin

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2.220	0.957
Lognormal	2.284	0.924
Exponential	3.908	*
Normal	2.257	0.935

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal CI	
			Lower	Upper
Weibull	948.914	137.382	714.483	1260.26
Lognormal	968.950	159.092	702.331	1336.78
Exponential	778.213	287.882	376.891	1606.87
Normal	947.797	131.651	689.765	1205.83



Gambar L.5.3 *Index of Fit* Data TTF Bucket Pin

Dari hasil pengolahan *Index Of Fit* dengan Minitab 15, didapatkan nilai r yang terbesar untuk data TTF komponen Bucket Pin adalah dengan menggunakan distribusi *weibull* dengan $r = 0,957$.



L.6

Perhitungan Goodness Of Fit

L.6.1 Pengujian Kesesuaian Distribusi komponen Ring Hidrolik

Distribution ID Plot for TTF Ring Hidrolik

Descriptive Statistics

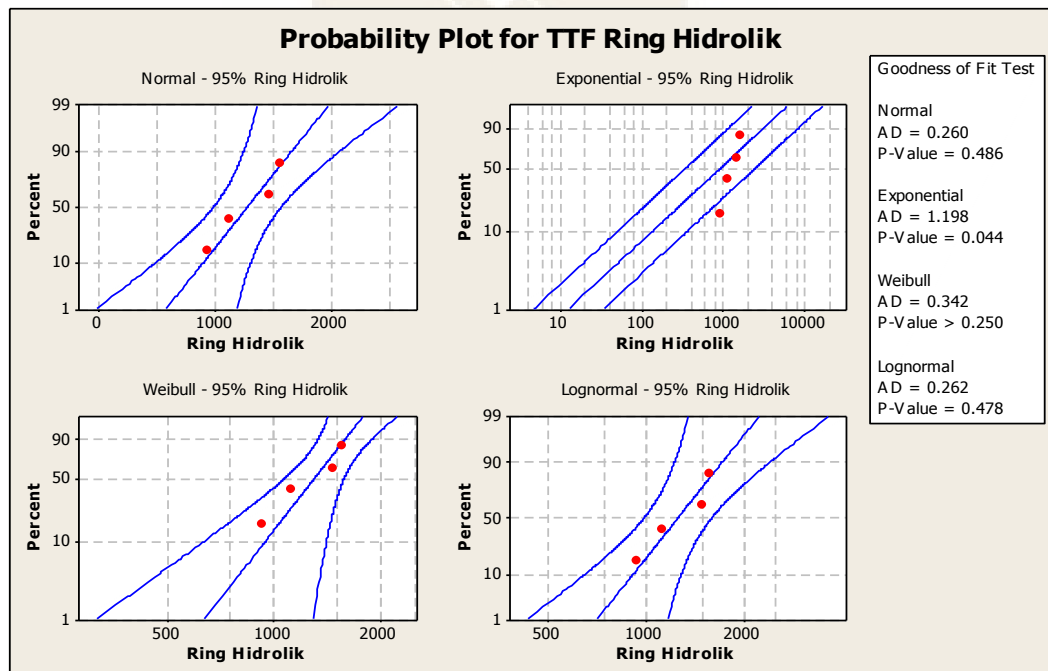
N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
4	0	1278.18	298.791	1303.83	933.25	1571.83	-0.274161	-3.58253

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P
Normal	0.260	0.486
Exponential	1.198	0.044
Weibull	0.342	>0.250
Lognormal	0.262	0.478

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	1278.18500		298.79139	
Exponential			1278.18500	
Weibull		5.93268	1384.27275	
Lognormal*	7.13165		0.24260	



Gambar L.6.1 Goodness Of Fit Ring Hidrolik

Dari hasil perhitungan *Goodness Of Fit* dengan menggunakan *software* Minitab 15, didapatkan *P-value* terbesar adalah menggunakan distribusi *normal* (*P-value* = 0,486 ; *AD* = 0,260). Serta menghasilkan nilai *P-value* yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Selanjutnya untuk perhitungan parameter dan MTTF komponen Ring Hidrolik menggunakan distribusi *Normal*.

L.6.2 Pengujian Kesesuaian Distribusi komponen Pompa Injeksi

Distribution ID Plot for TTF Pompa Injeksi

Descriptive Statistics

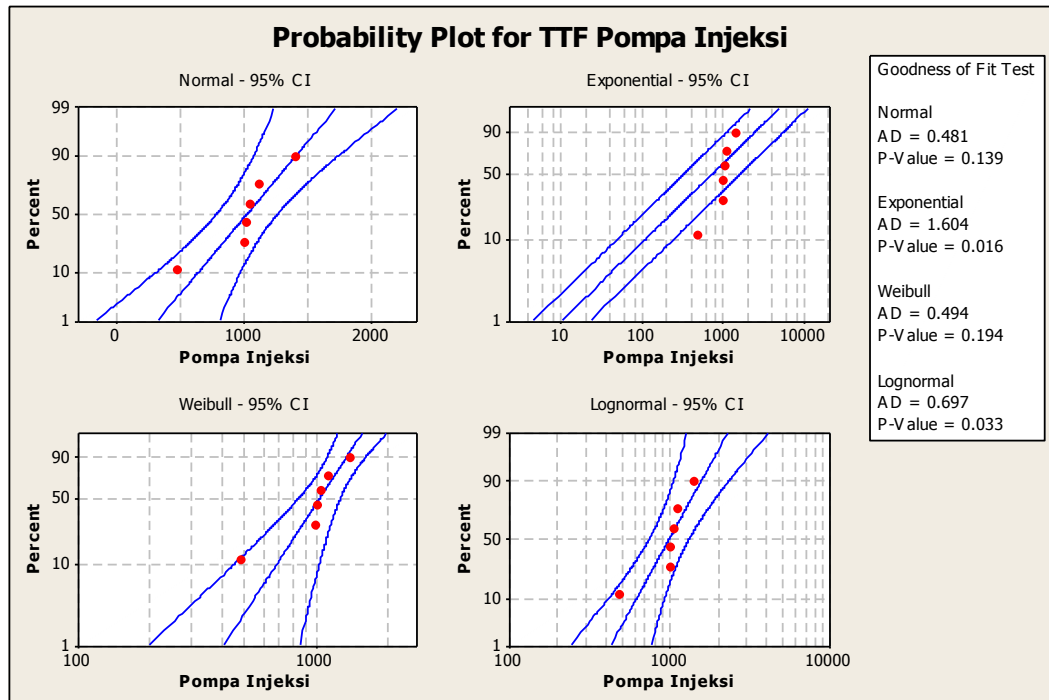
N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
6	0	1024.63	298.797	1046.16	492.99	1411.5	-1.02267	2.74629

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P
Normal	0.481	0.139
Exponential	1.604	0.016
Weibull	0.494	0.194
Lognormal	0.697	0.033

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	1024.63333		298.79741	
Exponential			1024.63331	
Weibull		4.58950	1123.40243	
Lognormal*	6.88604		0.35702	



Gambar L.6.2 *Goodness Of Fit* Pompa Injeksi

Dari hasil perhitungan *Goodness Of Fit* dengan menggunakan *software* Minitab 15, didapatkan *P-value* terbesar adalah menggunakan distribusi *Weibull* (*P-value* = 0,194 ; *AD* = 0,494). Serta menghasilkan nilai *P-value* yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Selanjutnya untuk perhitungan parameter dan MTTF komponen Pompa Injeksi menggunakan distribusi *Weibull*.

L.6.3 Pengujian Kesesuaian Distribusi komponen Bucket Pin

Distribution ID Plot for TTF Bucket Pin

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
6	0	947.797	304.186	988.155	491.99	1226.49	-0.532214	-1.46128

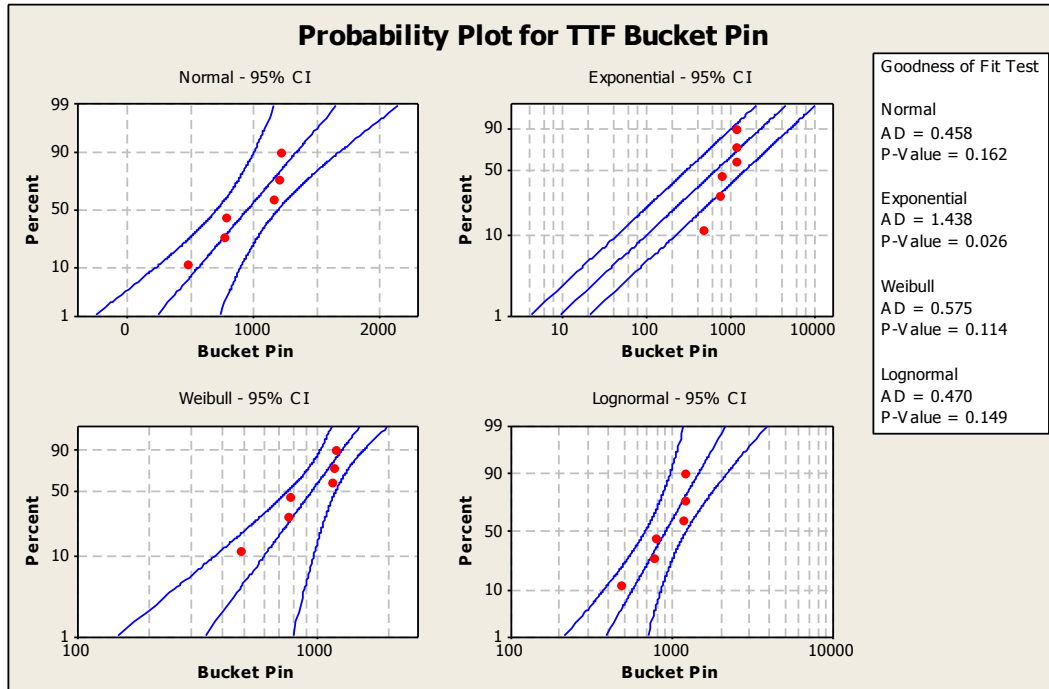
Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P
Normal	0.458	0.162
Exponential	1.438	0.026

Weibull	0.575	0.114
Lognormal	0.470	0.149

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	947.79667		304.18622	
Exponential			947.79665	
Weibull		4.11511	1049.49927	
Lognormal*	6.80361		0.36341	



Gambar L.6.3 *Goodness Of Fit* Bucket Pin

Dari hasil perhitungan *Goodness Of Fit* dengan menggunakan *software* Minitab 15, didapatkan *P-value* terbesar adalah menggunakan distribusi *Normal* (*P-value* = 0,162 ; *AD* = 0,458). Serta menghasilkan nilai *P-value* yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Selanjutnya untuk perhitungan parameter dan MTTF komponen Bucket Pin menggunakan distribusi *Normal*.

L.7

Perhitungan Parameter dan MTTF

L.7.1 Perhitungan Parameter dan MTTF Komponen Ring Hidrolik

Perhitungan parameter untuk data TTF komponen Ring Hidrolik mengikuti distribusi *normal*, yang selanjutnya nilai parameter tersebut akan digunakan untuk mencari nilai MTTF. Perhitungan parameternya sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2]}}$$

$$b = \frac{4 * (-231,779) - (5112,74) * (-0,01)}{\sqrt{[4 * 6802856,462 - (5112,74)^2]}}$$

$$b = \frac{-927,117 - (-51,1274)}{\sqrt{[27211425,85 - 26140110]}}$$

$$b = \frac{-875,99}{\sqrt{[1071315,54]}} = \frac{-875,99}{1035,043} = -0,8463311$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$a = \frac{-0,01}{4} - (-0,8463311 * \frac{5112,74}{4})$$

$$a = -0,0025 - (-1081,767834) = 1081,765334$$

$$\mu = -\frac{a}{b}$$

$$\mu = -\frac{1081,765334}{(-0,8463311)} = 1278,182$$

$$\text{MTTF} = 1278,182 \text{ jam}$$

L.7.2 Perhitungan Parameter dan MTTF Komponen Pompa Injeksi

Perhitungan parameter untuk data TTF komponen Pompa Injeksi mengikuti distribusi *weibull*, yang selanjutnya nilai parameter tersebut akan digunakan untuk mencari nilai MTTF. Perhitungan parameternya sebagai berikut:

$$\beta = b \quad \text{dan} \quad \theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2\right]}}$$

$$b = \frac{6 \cdot (-22,033) - (41,3162) \cdot (-3,007)}{\sqrt{[6 \cdot 285,1428 - (41,3162)^2]}}$$

$$b = \frac{-132,198 - (-124,2378)}{\sqrt{[1710,8568 - 1707,0283]}}$$

$$b = \frac{-7,9602}{\sqrt{[3,8285]}} = \frac{-7,9602}{1,9566} = -4,0683$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$a = \frac{-3,007}{6} - (-4,0683) \cdot \frac{41,3162}{6}$$

$$a = -0,5011 - (-28,0144) = 27,5133$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)}$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{27,5133}{-4,0683}\right)}$$

$$\theta = e^{6,7628} = 865,060$$

$$\text{MTTF} = \theta \cdot \Gamma \left[1 + \frac{1}{\beta} \right]$$

$$\text{MTTF} = 865,060 \cdot \Gamma \left[1 + \frac{1}{-4,0683} \right]$$

$$MTTF = 865,060. \Gamma [0,7541]$$

$$MTTF = 652,341 \text{ Jam}$$

L.7.3 Perhitungan Parameter dan MTTF Komponen Bucket Pin

Perhitungan parameter untuk data TTF komponen Bucket Pin mengikuti distribusi *normal*, yang selanjutnya nilai parameter tersebut akan digunakan untuk mencari nilai MTTF. Perhitungan parameternya sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2]}}$$

$$b = \frac{6 * (503,59251) - (5686,78)(-0.01)}{\sqrt{[6 * 5852557 - (5686,78)^2]}}$$

$$b = \frac{3021,555 - (-56,8678)}{\sqrt{[35115344 - 32339467]}}$$

$$b = \frac{3078,423}{\sqrt{[2775878]}} = \frac{3078,423}{1666,097} = 1,847686$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$a = \frac{-0,01}{6} - (1,847686 * \frac{5852557}{6})$$

$$a = -0,0067 - (1751,230377) = -1751,232043$$

$$\mu = -\frac{a}{b}$$

$$\mu = -\frac{(-1751,232043)}{1,847686} = 947,7975$$

$$MTTF = 947,7975 \text{ jam}$$

L.8

Perhitungan Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

L.8.1 Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Ring Hidrolik

Tabel L.8.1. Interval Waktu Penggantian Pencegahan Ring Hidrolik

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
900	0,1028092	0,89719078	12432,56	0,00143
930	0,1219485	0,87805147	10481,32	0,001426
960	0,1434613	0,85653868	8909,593	0,001425
990	0,1673996	0,83260041	7635,515	0,001426
1020	0,1937698	0,80623017	6596,393	0,00143
1050	0,222528	0,777472	5743,915	0,001437
1080	0,253576	0,74642399	5040,627	0,001447
1110	0,2867602	0,71323976	4457,319	0,00146
1140	0,3218722	0,67812777	3971,085	0,001477
1170	0,3586516	0,64134839	3563,854	0,001496
1200	0,3967915	0,60320852	3221,294	0,001511
1220	0,4228043	0,57719568	3023,105	0,001536
1250	0,4624275	0,53757251	2764,07	0,001564
1280	0,5024274	0,49757265	2544,014	0,001595
1310	0,5424028	0,45759719	2356,518	0,001629
1340	0,5819535	0,41804651	2196,365	0,001666
1370	0,6206917	0,37930828	2059,286	0,001705
1400	0,6582539	0,34174605	1941,776	0,001891
1530	0,8003267	0,19967333	1597,075	0,001935
1560	0,8272089	0,17279106	1545,174	0,001978

Contoh perhitungan tp = 900

$$\mu = 1278,182 \quad \text{MTTF} = 1278,182 \text{ jam} \quad \sigma = 298,7914$$

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{tp - \mu}{\sigma}\right)$$

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{900 - 1278,182}{298,7914}\right) = 0,1028092$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{900 - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(tp) = 1 - 0,1028092 = 0,89719078$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(900) = \frac{1278,182}{0,1028092} = 12432,56$$

$$D(tp) = \frac{Tf.R(tp) + Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(tp) + (M(tp) + Tf).(1-R(tp))}$$

$$D(900) = \frac{3 \cdot 0,89719078 + 3(1 - 0,89719078)}{(900+3) \cdot 0,89719078 + (12432,56 + 3) \cdot (1 - 0,89719078)}$$

$$= 0,00143$$

$$D(tp)_{\min} = 0,001425$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)_{\min}$$

$$= 1 - D(960)_{\min} = 1 - 0,001425 = 0,998575$$

$$T = \text{Age Replacement} = 960 \text{ jam}$$

L.8.2 Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Pompa Injeksi

Tabel L.8.2. Interval Waktu Penggantian Pencegahan Pompa Injeksi

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
480	0,260480671	0,739519329	2504,37392	0,000496
510	0,289196275	0,710803725	2255,70333	0,000492
540	0,318492303	0,681507697	2048,2159	0,00049
570	0,348205594	0,651794406	1873,4363	0,000488
600	0,378176275	0,621823725	1724,96543	0,000488
630	0,408249215	0,591750785	1597,89897	0,000487
660	0,43827535	0,56172465	1488,42731	0,000488

690	0,468112875	0,531887125	1393,55492	0,00049
720	0,497628288	0,502371712	1310,90015	0,000493
750	0,526697291	0,473302709	1238,55013	0,000496
780	0,555205512	0,444794488	1174,95411	0,0005
810	0,583049087	0,416950913	1118,84405	0,000505
840	0,610135065	0,389864935	1069,17474	0,00051
870	0,636381665	0,363618335	1025,07824	0,000516
900	0,661718376	0,338281624	985,82875	0,000522
930	0,686085916	0,313914084	950,81532	0,000529

Contoh perhitungan $t_p = 630$

$$b = \beta = -4,0683 \quad \theta = 865,060$$

$$t = t_p = 480$$

$$MTTF = 652,341 \text{ Jam}$$

$$T_f = MTTR = 1 \text{ Jam}$$

$$F(t_p) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$\begin{aligned} F(480) &= 1 - e^{-\left(\frac{480}{865,060}\right)^{-4,0683}} \\ &= 0,260480671 \end{aligned}$$

$$R(t_p) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$\begin{aligned} R(480) &= e^{-\left(\frac{480}{865,060}\right)^{-4,0683}} \\ &= 0,739519329 \end{aligned}$$

$$M(t_p) = \frac{MTTF}{F(t_p)}$$

$$M(480) = \frac{652,341}{0,260480671} = 2504,37392$$

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp) + Tf(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(tp) + (M(tp)) + Tf.(1-R(tp))}$$

$$D(480) = \frac{1 \cdot 0,739519329 + 1(1 - 0,739519329)}{(480+1) \cdot 0,739519329 + (2504,37392) + 1 \cdot (1 - 0,739519329)}$$

$$= 0,000496$$

$$D(tp)_{\min} = 0,000487$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)_{\min}$$

$$= 1 - D(630)_{\min} = 1 - 0,000487 = 0,999513$$

$$T = \text{Age Replacement} = 630 \text{ Jam}$$

L.8.3 Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Bucket pin

Tabel L.8.3. Interval Waktu Penggantian Pencegahan Bucket Pin

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
710	0,217180749	0,782819251	4364,096	0,000332362
730	0,236995421	0,763004579	3999,223	0,000332282
750	0,257764852	0,742235148	3676,985	0,00033264
770	0,279441117	0,72055883	3391,761	0,000333339
790	0,301966424	0,698033576	3138,752	0,000334487
810	0,325272927	0,674727073	2913,853	0,000335933
830	0,349283789	0,650716211	2713,546	0,00033773
850	0,373913632	0,626086368	2534,803	0,00033988
870	0,399069469	0,600930531	2375,019	0,000342382
890	0,424651744	0,575348256	2231,941	0,000345234
910	0,450555501	0,549444499	2103,62	0,000348434
930	0,476671678	0,523328322	1988,366	0,000351975
950	0,502888478	0,497111522	1884,707	0,000355852
970	0,529092806	0,470907194	1791,364	0,000360055

990	0,555171726	0,444828274	1707,215	0,000364571
1010	0,58101392	0,41898608	1631,282	0,000369388

Contoh perhitungan $tp = 710$

$$\mu = 947,79756 \quad MTTF = 947,79756 \text{ jam} \quad \sigma = 304,1862$$

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{tp - \mu}{\sigma}\right)$$

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{710 - 947,79756}{304,1862}\right) = 0,217180749$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{710 - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(tp) = 1 - 0,21718 = 0,782819251$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(710) = \frac{947,79756}{0,217180749} = 4364,096$$

$$D(tp) = \frac{Tf.R(tp) + Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(tp) + (M(tp)) + Tf.(1-R(tp))}$$

$$D(710) = \frac{0,5 \cdot 0,782819251 + 0,5 \cdot (1 - 0,782819251)}{(710 + 0,5) \cdot 0,782819251 + (4364,096) + 0,5 \cdot (1 - 0,782819251)}$$

$$= 0,000332362$$

$$D(tp)_{\min} = 0,00033264$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)_{\min}$$

$$= 1 - D(750)_{\min} = 1 - 0,001425 = 0,998575$$

$$T = \text{Age Replacement} = 750 \text{ jam}$$

L.9

Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

L.9.1 Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan Ring Hidrolik

- Rata-Rata Jam Kerja

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 22 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = $30 \times 22 = 660$ jam

- Jumlah Kerusakan

Jumlah Kerusakan selama 9 bulan = 5 kerusakan

- Waktu Rata-Rata Perbaikan

$$\begin{aligned} 1/\mu &= \frac{MTTR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}} \\ &= \frac{3}{660} = 0,0045455 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,0045455} = 219,9978$$

- Waktu Rata-Rata Pemeriksaan

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = 45 menit = 0,75 jam

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

$$1/i = \frac{0,75}{660} = 0,0011364$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0011364} = 879,97184$$

- Rata-Rata Kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 9 bulan}}{9}$$

$$k = \frac{5}{9} = 0,5555556$$

- Frekuensi Pemeriksaan Optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,5555556 \times 879,97184}{219,9978}}$$

$$n = 2,22151$$

- Interval Waktu Pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{660}{2,22151} = 297 \text{ jam}$$

- Nilai *Availability*

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,5555556}{2,22151 \times 219,9978} + \frac{2,22151}{879,97184}$$

$$= 0,003662$$

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$= 1 - 0,003662 = 0,996338$$

L.9.2 Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan Pompa Injeksi

- Rata-Rata Jam Kerja

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 22 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 30 x 22 = 660 jam

- Jumlah Kerusakan

Jumlah Kerusakan selama 9 bulan = 7 kerusakan

- Waktu Rata-Rata Perbaikan

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

$$= \frac{1}{660} = 0,001515$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,001515} = 660,066$$

- Waktu Rata-Rata Pemeriksaan

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = 45 menit = 0,75 jam

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

$$1/i = \frac{0,75}{660} = 0,001136$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,001136} = 880,2816$$

➤ Rata-Rata Kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 9 bulan}}{9}$$

$$k = \frac{7}{9} = 0,777$$

➤ Frekuensi Pemeriksaan Optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,777 \times 880,2816}{660,066}}$$

$$n = 1,0133$$

➤ Interval Waktu Pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{660}{1,0133} = 651,337 \text{ jam}$$

➤ Nilai Availability

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,777}{1,0133 \times 660,066} + \frac{1,0133}{880,2816}$$
$$= 0,0023$$

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$= 1 - 0,0023 = 0,9977$$

L.9.3 Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan Bucket pin

➤ Rata-Rata Jam Kerja

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 22 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = $30 \times 22 = 660$ jam

➤ Jumlah Kerusakan

Jumlah Kerusakan selama 9 bulan = 7 kerusakan

➤ Waktu Rata-Rata Perbaikan

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

$$= \frac{0,5}{660} = 0,0007575$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,0007575} = 1320,132$$

➤ Waktu Rata-Rata Pemeriksaan

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = 10 menit = 0,166 jam

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

$$1/i = \frac{0,166}{660} = 0,0002515$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0002515} = 3976,143$$

➤ Rata-Rata Kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 9 bulan}}{9}$$

$$k = \frac{7}{9} = 0,777$$

➤ Frekuensi Pemeriksaan Optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,777 \times 3976,143}{1320,132}}$$

$$n = 1,529$$

➤ Interval Waktu Pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{660}{1,529} = 431,654 \text{ jam}$$

➤ Nilai Availability

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,777}{1,529 \times 1320,132} + \frac{0,777}{3976,143}$$

$$= 0,0005803$$

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$= 1 - 0,0005803 = 0,9994197$$



L.10

Perhitungan Tingkat *Availability* Total

L.10.1 Komponen Ring Hidrolik

Perhitungan tingkat *availability* total dilakukan dengan mengalikan nilai *availability* pada saat dilakukan penggantian pencegahan dengan nilai *availability* pada saat dilakukan pemeriksaan.

$$\begin{aligned}\text{Availability Total} &= \text{Availability penggantian pencegahan} \times \text{Availability pemeriksaan} \\ &= 0,998575 \times 0,996338 \\ &= 0,9949182\end{aligned}$$

L.10.2 Komponen Pompa Injeksi

Perhitungan tingkat *availability* total dilakukan dengan mengalikan nilai *availability* pada saat dilakukan penggantian pencegahan dengan nilai *availability* pada saat dilakukan pemeriksaan.

$$\begin{aligned}\text{Availability Total} &= \text{Availability penggantian pencegahan} \times \text{Availability pemeriksaan} \\ &= 0,999513 \times 0,9977 \\ &= 0,99721\end{aligned}$$

L.10.3 Komponen Bucket Ring

Perhitungan tingkat *availability* total dilakukan dengan mengalikan nilai *availability* pada saat dilakukan penggantian pencegahan dengan nilai *availability* pada saat dilakukan pemeriksaan.

$$\begin{aligned}\text{Availability Total} &= \text{Availability penggantian pencegahan} \times \text{Availability pemeriksaan} \\ &= 0,998575 \times 0,9994197 \\ &= 0,994340\end{aligned}$$



L.11

Perhitungan *Reliability* Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan

L.11.1 Komponen Ring Hidrolik

Tabel L.11.1 *Reliability* Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan Ring Hidrolik

t	R (t)	n	$R(T)^n$	R (t-nT)	Rm (t)
900	0,897191	0	1	0,897191	0,897191
930	0,878051	0	1	0,878051	0,878051
970	0,84883	1	0,856539	0,999989	0,856529
990	0,8326	1	0,856539	0,999985	0,856526
1020	0,80623	1	0,856539	0,999977	0,856519
1050	0,777472	1	0,856539	0,999965	0,856509
1080	0,746424	1	0,856539	0,999947	0,856493
1110	0,71324	1	0,856539	0,99992	0,85647
1140	0,678128	1	0,856539	0,999881	0,856437
1170	0,641348	1	0,856539	0,999825	0,856389
1200	0,603209	1	0,856539	0,999744	0,85632
1220	0,577196	1	0,856539	0,999672	0,856258
1250	0,537573	1	0,856539	0,999529	0,856135
1280	0,497573	1	0,856539	0,999329	0,855964
1310	0,457597	1	0,856539	0,999053	0,855728
1340	0,418047	1	0,856539	0,998677	0,855405
1370	0,379308	1	0,856539	0,998168	0,854969
1400	0,341746	1	0,856539	0,997486	0,854385
1530	0,199673	1	0,856539	0,99111	0,848924

$$T = 960$$

$$\mu = 1278,182$$

$$MTTF = 1278,182 \text{ jam}$$

$$\sigma = 298,7914$$

$$R(t_p) = 1 - \Phi\left(\frac{tp - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t_p) = 1 - \Phi\left(\frac{900 - 1278,182}{298,7914}\right)$$

$$= 1 - 0,102809$$

$$= 0,897191$$

$$R(T)^n = \left[1 - \Phi\left(\frac{T - \mu}{\sigma}\right)\right]^n$$

$$R(T)^n = \left[1 - \Phi\left(\frac{960 - 1278,182}{298,7914}\right)\right]^0$$

$$= 1$$

$$R(t-nT) = \left[1 - \Phi\left(\frac{t-nT - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$R(t-nT) = \left[1 - \Phi\left(\frac{900 - 0 \cdot 960 - 1278,182}{298,7914}\right)\right]$$

$$= 0,897191$$

$$R_m(t) = R(T)^n \times R(t-nT)$$

$$= 1 \cdot 0,897191 = 0,897191$$

L.11.2 Komponen Pompa Injeksi

Tabel L.11.2 *Reliability* Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan Pompa Injeksi

t	R (t)	n	$R(T)^n$	R (t-nT)	Rm (t)
480	0,912967	0	1	0,912967	0,912967
510	0,890007	0	1	0,890007	0,890007
540	0,863266	0	1	0,863266	0,863266

570	0,832596	0	1	0,832596	0,832596
600	0,797943	0	1	0,797943	0,797943
630	0,759353	1	0,759361	1	0,759361
660	0,717033	1	0,759361	0,999999	0,75936
690	0,671279	1	0,759361	0,999981	0,759346
720	0,62256	1	0,759361	0,9999	0,759285
750	0,571475	1	0,759361	0,999676	0,759115
780	0,518751	1	0,759361	0,999198	0,758752
810	0,465217	1	0,759361	0,998317	0,758083
840	0,411775	1	0,759361	0,996852	0,75697
870	0,359358	1	0,759361	0,994587	0,75525
900	0,308884	1	0,759361	0,991274	0,752734
930	0,261208	1	0,759361	0,986635	0,749212
960	0,217072	1	0,759361	0,980367	0,744452
990	0,177065	1	0,759361	0,972145	0,738209

$$\beta = -4,0683 \quad \theta = 865,060 \quad T = 630$$

$$t = 480 \quad \text{MTTF} = 652,341 \text{ Jam}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$R(480) = e^{-\left(\frac{480}{865,060}\right)^{-4,0683}}$$

$$= 0,912967$$

$$R(T)^n = \exp \left[-n \left(\frac{T}{\theta} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(T)^0 = \exp \left[-0 \left(\frac{630}{554,601} \right)^{\beta} 865,060 \right]$$

$$= 1$$

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{t - nT}{\hat{\epsilon}} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{480 - 0 * 630}{865,060} \right)^{\beta} \right]$$

$$= 0,912967$$

$$R_m(t) = R(T)^n * R(t - nT)$$

$$= 1 * 0,912967 = 0,912967$$

L.11.3 Komponen Bucket Ring

Tabel L.11.3 Reliability Komponen Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan Bucket Ring

t	R (t)	n	$R(T)^n$	R (t-nT)	Rm (t)
710	0,782819	0	1	0,782819	0,782819
730	0,763005	0	1	0,763005	0,763005
750	0,742235	1	0,742235	0,999083	0,741554
770	0,720559	1	0,742235	0,998856	0,741386
790	0,698034	1	0,742235	0,998579	0,74118
810	0,674727	1	0,742235	0,998242	0,74093
830	0,650716	1	0,742235	0,997834	0,740627
850	0,626086	1	0,742235	0,997341	0,740261
870	0,600931	1	0,742235	0,996749	0,739822
890	0,575348	1	0,742235	0,996042	0,739297
910	0,549444	1	0,742235	0,995199	0,738672
930	0,523328	1	0,742235	0,9942	0,73793
950	0,497112	1	0,742235	0,993021	0,737055
970	0,470907	1	0,742235	0,991635	0,736027
990	0,444828	1	0,742235	0,990014	0,734823
1010	0,418986	1	0,742235	0,988124	0,73342
1030	0,393489	1	0,742235	0,985931	0,731793

1050	0,368441	1	0,742235	0,983398	0,729913
------	----------	---	----------	----------	----------

$$T = 750$$

$$\mu = 947,79756$$

$$MTTF = 947,79756 \text{ jam}$$

$$\sigma = 304,1862$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{tp - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{750 - 947,79756}{304,1862}\right)$$

$$= 1 - 0,217181$$

$$= 0,782819$$

$$R(T)^n = \left[1 - \Phi\left(\frac{T - \mu}{\sigma}\right)\right]^n$$

$$R(T)^n = \left[1 - \Phi\left(\frac{750 - 947,79756}{304,1862}\right)\right]^0$$

$$= 1$$

$$R(t-nT) = \left[1 - \Phi\left(\frac{t-nT - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$R(t-nT) = \left[1 - \Phi\left(\frac{710 - 0 \cdot 750 - 947,79756}{304,1862}\right)\right]$$

$$= 0,782819$$

$$R_m(t) = R(T)^n \times R(t-nT)$$

$$= 1 * 0,782819 = 0,782819$$

L.12

Perhitungan Total Biaya Sebelum dan Sesudah Tindakan *Preventive Maintenance*

L.12.1 Komponen Ring Hidrolik

➤ Biaya Tetap

Pajak Excavator = Rp. 2.000.000,-/ th

Biaya tetap/bulan = Rp. 2.000.000,-/12 = Rp. 166.666/bulan

Biaya tetap perjam = Rp. 231,-/jam

➤ Biaya Variabel

- Biaya BBM

Kebutuhan BBM dalam 1 hari = 300 liter

Kebutuhan BBM dalam 1 jam = $300/22 = 13,6$ liter

Biaya BBM dalam 1 jam = $13,6 \times 10.000,- = \text{Rp.}136.000,-$

Biaya kerugian perjam jika excavator tidak beroperasi adalah =
Rp. 400.000,-

➤ Biaya kehilangan produksi

Biaya Kehilangan Operasi = Biaya Tetap + Biaya Variabel

= Rp. 231,- + Rp. 536.000,-

= Rp. 536.231,- per jam

➤ Biaya tenaga kerja per jam = Rp. 20.000,- per jam

➤ Biaya pembelian komponen Ring Hidrolik = Rp. 450.000,-

➤ Biaya siklus failure dan siklus preventive

Berikut ini adalah perhitungan biaya siklus *failure* (cf) dan biaya siklus *preventive* (cp) Ring Hidrolik.

$$wsf = T_f = MTTR = 3 \text{ jam}$$

$$wsp = T_p = 3 \text{ jam}$$

$$cf = ((\text{biaya teknisi per jam} + \text{biaya kehilangan produksi per jam}) \times wsf) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$cf = ((Rp 20.000,- + Rp 536.231,-) \times 3) + Rp 450.000,-$$

$$cf = (Rp. 556.231,- \times 3) + Rp 450.000,-$$

$$cf = Rp. 1.668.693,- + Rp 450.000,-$$

$$cf = Rp 2.118.693,-$$

$$cp = (\text{biaya teknisi per jam} \times wsp) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$cp = (Rp 20.000,- \times 3) + Rp 450.000,-$$

$$cp = Rp. 60.000,- + Rp 450.000,-$$

$$cp = Rp 510.000,-$$

➤ Biaya sebelum dan sesudah preventive maintenance

Berikut ini adalah perhitungan total biaya sebelum dan sesudah *preventive maintenance* komponen Ring Hidrolik.

- Total Biaya Sebelum *Preventive Maintenance*

$$t_f = MTTF = 1278,182 \text{ Jam} \quad K_f = 0,55555$$

$$T_c (tp) = \frac{C_f}{t_f}$$

$$T_c (tp) = \frac{2.118.693}{1278,182 \text{ Jam}} = Rp 1.657,- / \text{jam}$$

$$T_c (tp) = Rp 1.657,- \times 1278,182 \times 0,55555$$

$$T_c (tp) = Rp 1.176.625,- / \text{bulan}$$

- Total Biaya Sesudah *Preventive Maintenance*

$$tp = T = \text{Age Replacement} = 960$$

$$cp = \text{Rp } 510.000,-$$

$$R(tp) = 0,856529$$

$$Tc(tp) = \frac{(Cp \cdot R(tp)) + (Cf(1 - R(tp)))}{(tp \cdot R(tp)) + (tf(1 - R(tp)))}$$

$$Tc(tp) = \frac{(510.000 \cdot 0,856529) + (2.118.693(1 - 0,856529))}{(960 \cdot 0,856529) + (1278,182(1 - 0,856529))}$$

$$Tc(tp) = \frac{436829,79 + 303971}{822,26784 + 183,382}$$

$$Tc(tp) = \frac{740800,79}{1005,6499}$$

$$= \text{Rp } 736,- / \text{ jam}$$

$$Tc(tp) = 736 \times 960 \times 0,55555$$

$$= \text{Rp } 485.760,- / \text{ bulan}$$

L.12.2 Komponen Pompa Injeksi

➤ Biaya Tetap

$$\text{Pajak Excavator} = \text{Rp. } 2.000.000,- / \text{ th}$$

$$\text{Biaya tetap/bulan} = \text{Rp. } 2.000.000,- / 12 = \text{Rp. } 166.666 / \text{ bulan}$$

$$\text{Biaya tetap perjam} = \text{Rp. } 231,- / \text{ jam}$$

➤ Biaya Variabel

- Biaya BBM

$$\text{Kebutuhan BBM dalam 1 hari} = 300 \text{ liter}$$

$$\text{Kebutuhan BBM dalam 1 jam} = 300 / 22 = 13,6 \text{ liter}$$

$$\text{Biaya BBM dalam 1 jam} = 13,6 \times 10.000,- = \text{Rp. } 136.000,-$$

$$\text{Biaya kerugian perjam jika excavator tidak beroperasi adalah} =$$

$$\text{Rp. } 400.000,-$$

➤ Biaya kehilangan produksi

Biaya Kehilangan Operasi = Biaya Tetap + Biaya Variabel

$$= \text{Rp. 231,-} + \text{Rp. 536.000,-}$$

$$= \text{Rp. 536.231,- per jam}$$

➤ Biaya tenaga kerja per jam = Rp. 20.000,- per jam

➤ Biaya pembelian komponen Pompa Injeksi = Rp. 9.000.000,-

➤ Biaya siklus failure dan siklus preventive

Berikut ini adalah perhitungan biaya siklus *failure* (cf) dan biaya siklus *preventive* (cp) Pompa Injeksi.

$$\text{wsf} = \text{Tf} = \text{MTTR} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{wsp} = \text{Tp} = 0,75 \text{ jam}$$

$$\text{cf} = ((\text{biaya teknisi per jam} + \text{biaya kehilangan produksi per jam}) \times \text{wsf}) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$\text{cf} = ((\text{Rp 20.000,-} + \text{Rp 536.231,-}) \times 1) + \text{Rp 9.000.000,-}$$

$$\text{cf} = (\text{Rp. 556.231,-} \times 1) + \text{Rp 9.000.000,-}$$

$$\text{cf} = \text{Rp. 556.231,-} + \text{Rp 9.000.000,-}$$

$$\text{cf} = \text{Rp 9.556.231,-}$$

$$\text{cp} = (\text{biaya teknisi per jam} \times \text{wsp}) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$\text{cp} = (\text{Rp 20.000,-} \times 0,75) + \text{Rp 9.000.000,-}$$

$$\text{cp} = \text{Rp. 15.000,-} + \text{Rp 9.000.000,-}$$

$$\text{cp} = \text{Rp 9.015.000,-}$$

➤ Biaya sebelum dan sesudah preventive maintenance

Berikut ini adalah perhitungan total biaya sebelum dan sesudah *preventive maintenance* komponen Pompa Injeksi.

- Total Biaya Sebelum *Preventive Maintenance*

$$tf = \text{MTTF} = 652,341 \text{ Jam} \quad Kf = 0,777$$

$$Tc(tp) = \frac{Cf}{tf}$$

$$Tc(tp) = \frac{9.556.231}{652,341 \text{ Jam}} = \text{Rp } 14.649,- / \text{jam}$$

$$Tc(tp) = \text{Rp } 14.649,- \times 652,341 \times 0,777$$

$$Tc(tp) = \text{Rp } 7.425.123,- / \text{bulan}$$

- Total Biaya Sesudah *Preventive Maintenance*

$$tp = T = \text{Age Replacement} = 630$$

$$cp = \text{Rp } 9.015.000,- \quad R(tp) = 0,759361$$

$$Tc(tp) = \frac{(Cp \cdot R(tp)) + (Cf (1 - R(tp)))}{(tp \cdot R(tp)) + (tf (1 - R(tp)))}$$

$$Tc(tp) = \frac{(9.015.000 \cdot 0,759361) + (9.556.231(1 - 0,759361))}{(630 \cdot 0,759361) + (652,341(1 - 0,759361))}$$

$$Tc(tp) = \frac{6845639,415 + 2299601,872}{478,39743 + 156,9786}$$

$$Tc(tp) = \frac{9145241,287}{635,3761}$$

$$= \text{Rp } 14.393,- / \text{jam}$$

$$Tc(tp) = 14.393 \times 630 \times 0,777$$

$$= \text{Rp } 7.045.727,- / \text{bulan}$$

L.12.3 Komponen Bucket Ring

➤ Biaya Tetap

Pajak Excavator = Rp. 2.000.000,-/ th

Biaya tetap/bulan= Rp. 2.000.000,-/12 = Rp. 166.666/bulan

Biaya tetap perjam = Rp. 231,-/jam

➤ Biaya Variabel

- Biaya BBM

Kebutuhan BBM dalam 1 hari = 300 liter

Kebutuhan BBM dalam 1 jam = $300/22 = 13,6$ liter

Biaya BBM dalam 1 jam = $13,6 \times 10.000,- = \text{Rp.}136.000,-$

Biaya kerugian perjam jika excavator tidak beroperasi adalah =

Rp. 400.000,-

➤ Biaya kehilangan produksi

Biaya Kehilangan Operasi = Biaya Tetap + Biaya Variabel

= Rp. 231,- + Rp. 536.000,-

= Rp. 536.231,- per jam

➤ Biaya tenaga kerja per jam = Rp. 20.000,- per jam

➤ Biaya pembelian komponen Bucket Pin = Rp. 90.000,-

➤ Biaya siklus failure dan siklus preventive

Berikut ini adalah perhitungan biaya siklus *failure* (cf) dan biaya siklus *preventive* (cp) Bucket Pin.

$w_{sf} = T_f = \text{MTTR} = 0,5 \text{ jam}$

$w_{sp} = T_p = 0,1666 \text{ jam}$

$$cf = ((\text{biaya teknisi per jam} + \text{biaya kehilangan produksi per jam}) \times \text{wsf}) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$cf = ((\text{Rp } 20.000,- + \text{Rp } 536.231,-) \times 0,5) + \text{Rp } 90.000,-$$

$$cf = (\text{Rp. } 556.231,- \times 0,5) + \text{Rp } 90.000,-$$

$$cf = \text{Rp. } 278.115,- + \text{Rp } 90.000,-$$

$$cf = \text{Rp } 368.115,-$$

$$cp = (\text{biaya teknisi per jam} \times \text{wsp}) + \text{biaya pembelian komponen}$$

$$cp = (\text{Rp } 20.000,- \times 0,1666) + \text{Rp } 90.000,-$$

$$cp = \text{Rp. } 3.332,- + \text{Rp } 90.000,-$$

$$cp = \text{Rp } 93.332,-$$

➤ Biaya sebelum dan sesudah preventive maintenance

Berikut ini adalah perhitungan total biaya sebelum dan sesudah *preventive maintenance* komponen Bucket Pin.

- Total Biaya Sebelum *Preventive Maintenance*

$$tf = \text{MTTF} = 947,79746 \text{ Jam} \quad Kf = 0,777$$

$$Tc (tp) = \frac{Cf}{tf}$$

$$Tc (tp) = \frac{368115}{947,79746 \text{ Jam}} = \text{Rp } 388,- / \text{jam}$$

$$Tc (tp) = \text{Rp } 388,- \times 947,79746 \times 0,777$$

$$Tc (tp) = \text{Rp } 286.025,- / \text{bulan}$$

- Total Biaya Sesudah *Preventive Maintenance*

$$tp = T = \text{Age Replacement} = 750$$

$$cp = \text{Rp } 93.332,-$$

$$R(tp) = 0,741386$$

$$T_c(tp) = \frac{(C_p * R(tp)) + (C_f (1 - R(tp)))}{(tp * R(tp)) + (tf (1 - R(tp)))}$$

$$T_c(tp) = \frac{(93.332 * 0,741386) + (368115(1 - 0,741386))}{(750 * 0,741386) + (947,79746(1 - 0,741386))}$$

$$T_c(tp) = \frac{69195,038 + 95199,692}{556,039 + 245,11369}$$

$$T_c(tp) = \frac{164394,73}{801,1526}$$

$$= \text{Rp } 205,- / \text{ jam}$$

$$T_c(tp) = 205 \times 750 \times 0,777$$

$$= \text{Rp } 119.463,- / \text{ bulan}$$



GLOSSARY

tp	Interval waktu penggantian pencegahan
Tp	<i>Breakdown time</i> yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan
ti	Interval waktu pemeriksaan
D(tp)	<i>Breakdown time</i> persatuan waktu
D(tp) min	<i>Breakdown time</i> terkecil persatuan waktu
cf	Biaya siklus kerusakan (<i>Failure cost</i>)
cp	Biaya siklus pemeliharaan (<i>Preventive cost</i>)
TTF	Selang waktu kerusakan
TTR	Selang waktu perbaikan
MTTF	Rata – rata selang waktu kerusakan
MTTR	Rata – rata selang waktu perbaikan
F(t)	Fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi
f(t)	Fungsi kepadatan probabilitas waktu kerusakan
n	Jumlah pemeriksaan persatuan waktu
R(tp)	Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan saat tp
r	<i>Index of fit</i>
T	<i>Age replacement</i>
Tc(tp)	Total biaya kerusakan (<i>total failure cost</i>)/jam
Tf	<i>Breakdown time</i> yang diperlukan untuk melakukan penggantian kerusakan
H(t)	Fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

$h(t)$	Fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)
$H(tp)$	Ekspektasi jumlah kerusakan pada interval $(0,t)$
$M(tp)$	Waktu rata – rata terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan pada tp
μ	Nilai tengah, merupakan parameter distribusi normal
θ	Parameter skala distribusi weibull
t_{med}	Parameter skala distribusi lognormal
Wsf	Waktu standart perbaikan kerusakan
Wsp	Waktu standart pemeliharaan
s	Parameter bentuk distribusi lognormal

